MEDIU-BIOTEHNOLOGIE-DEZVOLTARE DURABILĂ

Biotehnologii si depoluarea sistemelor ecologice

Manual online

Dana Malschi

Bioflux Publishing House
Cluj-Napoca

2014

Mediu–Biotehnologie-Dezvoltare Durabilă

Biotehnologii şi depoluarea sistemelor ecologice

(Tehnologii de depoluare biologică. Tehnologii de bioremediere. Reconstrucţie ecologică)

Dana Malschi

Note de curs şi aplicaţii practice
Manual în format electronic

Universitatea Babeş-Bolyai Cluj-Napoca
Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Mediului
Specializarea: Ingineria Mediului,
Ingineria Sistemelor Biotehnice şi Ecologice

Editura Bioflux, Cluj-Napoca
http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2014/

Ediţia a II-a, revizuită şi îmbunătăţită / 2014

ISBN 978-606-8191-71-3

Lector universitar, dr. biolog, Dana Malschi,
CS I, Membru asociat al Academiei de Ştiinţe Agricole şi Silvice

Adresa autorului:
Universitatea Babeş-Bolyai – Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Mediului,
Departamentul: Analiza şi Ingineria Mediului, Str. Fântânele, nr.30, 400294, Cluj-Napoca.
Domiciliul: Str. Dragalina 12 ap.25, 401086,Turda, jud. Cluj. Tel.: 0745 367373, e-mail:danamalschi@yahoo.com

Director editură: CS I, dr. Ioan Valentin Petrescu-Mag
Consilier editorial: CS I, dr. Ruxandra Mălina Petrescu-Mag
Referenţi ştiinţifici: Prof. univ. dr. ing. Ioan Oroian
Cercetător ştiinţific ing. Cristian Coroian

Adresa editurii:
SC Bioflux SRL
Str. Ceahlău, nr. 54, Cluj-Napoca 400488, jud. Cluj, România.

Dana Malschi, 2014

Editura Bioflux, Cluj-Napoca

http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2014/

Cuvântul autorului

Dana Malschi

Manualul **„Biotehnologii şi depoluarea sistemelor ecologice”** (Tehnologii de depoluare biologică. Tehnologii de bioremediere. Reconstrucţie ecologică)**.** Note de curs şi aplicaţii practice**,** Ediţia a doua, oferă o bază de cunoştinţe tehnologice de ecologie aplicată, utilă studenţilor în domeniul Ştiinţei şi Ingineriei Mediului pentru a înţelege şi elabora sisteme de management ecologic, tehnologii de depoluare biologică, bioremediere, reabilitare sau reconstrucţie ecologică, în scopul conservării şi dezvoltării durabile a mediului.

În **Capitolul 1** sunt abordate: **Noţiuni de bază privind biotehnologiile aplicate la mediu**, depoluarea biologică şi bioremedierea ecosistemelor naturale şi antropizate.

Capitolul 2 – Bioremedierea, prezintă: Principiile bioremedierii; Tehnologii de bioremediere a solurilor şi apelor poluate.

Capitolul 3 - Depoluarea biologică, prezintă cunoştinţe despre: Biodegradarea substanţelor organice din sol; Depoluarea deşeurilor şi reziduurilor, Epurarea biologică a apelor poluate, uzate industrial etc.

Capitolul 4 - Reconstrucţia ecosistemelor degradate, cuprinde teme importante de biologie aplicată la mediu, prezintă modele bio şi eco-tehnologice şi exemple privind: Reconstrucţia ecologică şi recultivarea haldelor de steril; Tehnologii de bioremediere a solurilor tehnogene pe halde de steril minier; Plante utilizate în recultivarea terenurilor degradate; **Reconstrucţia ecologică în agricultură**. Bio si eco-tehnologii aplicate in managementul integrat de combatere a dăunătorilor. Sistemul ecotehnologic de agricultură cu perdele forestiere de protecţie antierozională şi environmentală în condiţiile încălzirii şi aridizarii climatice în Transilvania

„Pasărea măiastră”
I.Viehmann & colab.1963
”Gheţarul de la Scărişoara”,
Ed. Meridiane, Bucureşti.

Manualul este o sinteză tematică de bio- şi ecotehnologii ambientale, preluată în scop didactic din literatura de specialitate dar şi din contribuţia proprie de cercetare ştiinţifică în agricultură, necesară studenţilor în desfăşurarea studiilor interdisciplinare de mediu, în cadrul Cercului Ştiinţific Studenţesc **„Ecouniversitaria”** al Facultăţii de Ştiinţa şi Ingineria Mediului.

Secţia acestui cerc ştiinţific studenţesc denumită **„Biotehnologii de conservare şi utilizare a bioresurselor (reconstrucţie ecologică, bioremediere, depoluare biologică)”** îşi propune ca obiective **învăţarea, evaluarea şi utilizarea resurselor de biodiversitate pentru protecţia, remedierea şi durabilitatea calităţii mediului,** având ca emblemă şi simbol al preocupărilor, o delicată stalagmită de gheaţă a Gheţarului din peştera Scărişoara, mulţumită acordului autorului fotografiei, Prof. Univ. dr. I. Viehmann.

Lucrarea apare în memoria primului Decan al Facultăţii de Ştiinţa Mediului a Universităţii „Babeş-Bolyai”, regretatul Profesor Univ. Dr. Iustinian Petrescu, înscriindu-se dezideratului pentru interrelaţia **Mediu–Biotehnologie-Dezvoltare Durabilă.** Manualul este dedicat studenţilor şi colegilor de la Facultatea de Ştiinţa şi Ingineria Mediului Cluj, precum şi fiicei mele Alexandra, şi fiului meu Alexandru, cu multumiri pentru sprijinul acordat.

Lector dr.biolog Dana Malschi

BIOTEHNOLOGII ŞI DEPOLUAREA SISTEMELOR ECOLOGICE

Cuprins:

PARTEA I-a. NOTE DE CURS
Introducere. Prezentarea şi planificarea cursului şi lucrărilor practice. Bibliografie.....4
Cap. 1. Noţiuni de bază privind biotehnologiile aplicate la mediu, depoluarea biologică şi bioremedierea ecosistemelor naturale şi antropizate.
Sisteme de management integrat de mediu şi reabilitarea ecosistemelor.....8
Cap. 2. Bioremedierea. Tehnologii de bioremediere a solurilor şi apelor poluate. 11
Cap. 3. Depoluarea biologică.....40
Depoluarea prin biodegradarea substanţelor organice din sol.....41
Depoluarea deşeurilor şi reziduurilor.....59
Epurarea biologică a apelor poluate. Epurarea apelor uzate industrial.....69
Cap. 4. Reconstrucţia biotopurilor şi ecosistemelor degradate…….....…...76
Reconstrucţia ecologică a haldelor de steril, a zonelor poluate şi degradate.....78
Tehnologii de bioremediere a solurilor tehnogene pe halde de steril de la minele de cărbune, fier, plumb, zinc, sulf, etc. 79
Recultivarea biologică a terenurilor degradate. Plante utilizate în recultivarea terenurilor degradate. Plante ierboase. Arbori şi arbuşti. 90
Recultivarea depozitelor de deşeuri urbane industriale.....108
Reconstrucţia ecologică în agricultură. Bio si eco-tehnologii agricole aplicate in managementul integrat al dăunătorilor.....123
Sistemul ecotehnologic de agricultură cu perdele forestiere de protecţie antierozională şi environmentală în condiţiile încălzirii şi aridizarii climatice în Transilvania.....139
PARTEA a II-a. ÎNDRUMAR DE LUCRĂRI PRACTICE 143
Tematica pentru examen 190

Introducere. Prezentarea şi planificarea cursului şi lucrărilor practice

Cursul **"BIOTEHNOLOGII ŞI DEPOLUAREA SISTEMELOR ECOLOGICE"** are ca **obiectiv general** acumularea unor cunoştinţe de bază asupra **metodelor de depoluare biologică, de bioremediere a calităţii mediului şi de reconstrucţie ecologică utilizând factori biotici şi resurse de biodiversitate integraţi în biotehnologii de depoluare.** Aceste cunoştinţe sunt utile specialiştilor pentru înţelegerea importanţei elaborării strategiilor managementului integrat de mediu, incluzând şi metodele biotehnologice, în contextul asigurării dezvoltării durabile a vieţii.

Obiectivele specifice cursului se referă la: însuşirea cunoştinţelor teoretice şi practice de bază privind **depoluarea biologică, bioremedierea mediului, reconstrucţia biodiversităţii sau refacerea echilibrului biocenotic** afectate de factori distructivi, în ecosistemele naturale şi antropizate; dobândirea competenţelor necesare pentru analiza şi evaluarea principalelor cazuri de dezechilibru şi disfuncţionalităţi naturale şi antropice, analiza noilor relaţii apărute între componentele mediului şi stabilirea biotehnologiilor de restaurare, depoluare şi bioremediere.

Din cuprinsul cursului mentionam:

Depoluarea biologică şi bioremedierea ecosistemelor naturale şi antropizate. Depoluarea biologica prin degradări biotice: **biotransformare, biodegradare, biosorpţie, bioacumulare.**

Biodegradarea substanţelor organice din sol în ciclul carbonului: Biodegradarea glucidelor (descompunerea celulolozei, glucozei, amidonului, chitinei, ligninei). Biodegradarea lipidelor. Biodegradarea hidrocarburilor alifatice (metan, etan, propan etc.) şi aromatice (benzen, toluen etc). Biodegradarea pesticidelor, bioconcentrarea, bioacumularea DDT-ului în lanţul trofic. Biodegradarea substanţelor în ciclul azotului: degradarea proteinelor, aminoacizilor, acizilor nucleici, a creatininei, ureei, alcaloizilor, amoniacului) şi a altor substanţe din sol.

Depoluarea deşeurilor şi reziduurilor. Epurarea biologică a apelor poluate. Epurarea apelor uzate industrial. Bioremedierea biotopurilor şi ecosistemelor degradate. Bioremedierea şi recultivarea haldelor de steril. Tehnologii de bioremediere a siturilor industriale şi urbane degradate.

Conţinutul cursului : 14 săptămâni, 2 ore/săptămână;

CAP. I. Noţiuni de bază privind biotehnologiile aplicate la mediu, depoluarea biologică şi bioremedierea ecosistemelor naturale şi antropizate. Principiile depoluării biologice, bioremedierii şi restaurării ecologice. Analiza ecosistemelor, funcţionarea, exploatarea şi reabilitarea lor.

CAP. II. Bioremedierea. Tehnologii de bioremediere a solurilor şi apelor poluate.

CAP: III. Depoluare biologică prin **degradări biotice:** biotransformări, biodegradări.

Biodegradarea substanţelor organice în ciclul carbonului. Biodegradarea glucidelor (descompunerea celulolozei, glucozei, substanţelor pectice, amidonului, chitinei, ligninei etc.), proteinelor, lipidelor. Biodegradarea hidrocarburilor alifatice (metan, etan, propan) şi aromatice (benzen, toluen etc) . Biodegradarea pesticidelor. Bioconcentrarea, bioacumularea DDT-ului.

Biodegradarea substanţelor organice în ciclul azotului: biodegradarea aminoacizilor, acizilor nucleici, a creatininei, ureei, alcaloizilor, din sol şi a altor substanţe cu azot.

CAP IV. Reconstrucţia biotopurilor şi ecosistemelor degradate. Reconstrucţia ecologică.

Bioremedierea ecosistemelor acvatice (zone umede, râuri, lacuri). Epurarea biologică a apelor.

Bioremedierea ecosistemelor terestre (pajişti, fănaţe, culturi agricole, plantaţii, păduri). Metode de depoluare biologică a solurilor.

Bioremedierea şi recultivarea haldelor de steril, a zonelor degradate.

Tehnologii de bioremediere a solurilor tehnogene pe halde de steril de la minele de: cărbune, fier, plumb, zinc, sulf, mangan, calcar, argile refractare şi bentonitice. Tehnologii de bioremediere a şisturilor petroliere şi a reziduurilor de la termocentrale. Tehnologii de bioremediere a siturilor industriale şi urbane degradate. Bio şi ecotehnologii aplicate în agricultură.

Conţinutul lucrărilor practice: 14 săptămâni a 2 ore/săptămână

Analiza ecosistemelor. Tehnologii de bioremediere in situ şi ex situ pentru soluri şi ape poluate. Impactul pesticidelor în agroecosisteme şi tehnologia integrată de reducere a poluării şi de redresare a echilibrului, biodiversităţii.

Depoluare biologica. Biodegradarea glucidelor (descompunerea celulolozei, substanţelor pectice, amidonului, chitinei, ligninei), lipidelor, proteinelor, aminoacizilor etc.). Analize microbiologice ale solului: grupe ecofiziologice de bacterii.

Bioremedierea solurilor. Procese enzimatice în biodegradare. Indicatori bacteriologici şi enzimologici de calitate a solului expus tehnologiilor de bioremediere. **Rolul microflorei în detoxificarea solului.** Biodegradarea compusilor organici sintetici si a pesticidelor. Bioconcentrarea, bioacumularea DDT-ului în lanţul trofic. Rolul **perdelelor agroforestiere** de protecţie antierozională în bioremedierea terenurilor agricole deteriorate, în exploataţiile agricole zonale şi în condiţiile încălzirii şi aridizării climatice. Impactul introducerii Organismelor Modificate Genetic (OMG) în agroecosisteme.

Metode de realizare a solurilor tehnogene prin depoluare biologică, bioremediere şi recultivare. Metode de bioremediere a solurilor tehnogene cu conţinut ridicat de metale grele.

Competenţe dobândite prin absolvirea disciplinei:

- **Cunoaşterea şi utilizarea adecvata a noţiunilor** specifice disciplinei, înţelegerea importanţei, valoarea practică, interdisciplinaritatea domeniului.
- **Atitudini** pozitive, responsabile în protecţia şi dezvoltărea durabilă a mediului.
- Formarea unor **capacităţi de management** în activitatea practică, de a iniţia şi conduce un proiect, de a utiliza metode şi tehnici moderne de bioremediere şi pentru activităţi specifice managementului integrat de mediu cum sunt: - **Elaborarea declaraţiei pentru autorizarea activitatilor cu impact semnificativ asupra mediului, - Elaborarea de planuri de evaluare preliminară a managementului integrat de mediu, a costurilor de mediu şi a necesităţilor financiare pentru bioremediere.**

BIBLIOGRAFIA OBLIGATORIE

1. Berca M., 2006. Planificarea de mediu si gestiunea resurselor naturale. Ed. Ceres, Bucuresti
2. Cristea, V., Simone Denaeyer, 2004. De la biodiversitate la OGM-uri? Colectia universitas seria biologie, ed. Eikon, Cluj-Napoca.
3. Drăgan-Bularda,M., Kiss S., 1986. Microbiologia solului. Univ. Babeş-Bolyai, Cluj-Napoca. P.101-161.
4. Ghidra V. 2004. Ecotoxicologia si monitorizarea principalilor poluanti. Ed. Studia. Cluj-Napoca
5. Iovanca Haiduc, 2006. Chimia verde si poluantii chimici. Ed. Fundatiei pentru studii europene, Cluj-Napoca
6. Kiss St. Ştefanic Gh., Daniela Paşca, Dragan-Bularda M., Eva Zborovschi, Crişan R., 1991. Enzimologia mediului înconjurător. Enzimele şi fertilitatea solului. Vol. I. Ed. Ceres, Bucureşti
7. Kiss Stefan, Daniela Paşca, Dragan-Bularda M., 1993. Enzimologia mediului înconjurător. Enzimologia solurilor tehnogene. Vol. Ii. Ed. Ceres, Bucureşti
8. Man C., Maria Ivan, 1999. Strategii în managementul deşeurilor şi reziduurilor. Ed. Mesagerul, Cluj
9. Oros V. 2002. Reabilitare ecologica a siturilor degradate industrial. Ed.univ.Transilvania, Brasov
10. 1. Malschi Dana, 2009. Integrated pest management in relation to environmental sustainability. Part I. Ecological management of wheat pests.course notes and practical applications. Manual online. Faculty of environmental sciences, Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca. Bioflux publishing house, Cluj-Napoca, p. 200. Isbn 978-606-92028-3-8. Http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2009/
10. 2. Malschi Dana, 2009. *Biotehnologii si depoluarea sistemelor ecologice. (tehnologii de depoluare biologica, tehnologii de bioremediere. Reconstructia ecologica).* Note de curs si aplicatii practice. Manual in format electronic facultatea de stiinta mediului, universitatea babes-bolyai cluj-napoca. Editura bioflux, cluj-napoca. P. 200. 978-606-92028-5-2. Http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2009/
10. 3. Malschi Dana, 2011, *Caiet de practică pentru laboratorul didactic de biotehnologii***,** format electronic, http://enviro.ubbcluj.ro/cercetare/laboratoare/laborator de biotehnologii.php/.

Din bibliografia titularului:

• Malschi Dana, 2007. *Mediu-agricultură-dezvoltare durabilă şi managementul integrat al dăunătorilor agroecosistemelor cerealiere*. Ed. ARGONAUT, 2007. Cluj-Napoca: 186 pg. ISBN 978-973-109-086-3.
• Malschi Dana, 2008. *Mediu-agricultură-dezvoltare durabilă. Optimizarea tehnologiilor de management integrat al dăunătorilor grâului în dinamica modificărilor agroecologice din Transilvania. (Environment-agriculture-sustainable development. Optimization of integrated wheat pest management technologies under the dynamics of agroecological changes in Transylvania). Ro/en.* Ed. ARGONAUT, Cluj-Napoca, 315 pg. 40 planşe color, 14 figuri, 75 tabele. ISBN 978-973-109-115-0.
• Malschi Dana, 2009. *Elemente de biologie, ecofiziologie si microbiologie.(Biocenologie terestra. Biologia solului. Hidrobiologie. Ecosisteme antropizate*.) Note de curs si aplicatii practice, Manual in format electronic. Facultatea de Stiinta Mediului, Universitatea Babes-Bolyai Cluj-Napoca. EDITURA BIOFLUX, 634 pg. ISBN 978-606-92028-4-5. http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2009/
• Malschi Dana, 2011, Caiet de practică pentru laboratorul didactic de biotehnologii**,** format electronic, http://enviro.ubbcluj.ro/cercetare/laboratoare/Laborator de biotehnologii.php/

BIBLIOGRAFIE OPŢIONALĂ

• ALVAREZ J.J.Pedro, IELMAN A.Walter, 2007. *Bioremediation and natural attennuation. Process fundamentals and mathematical models*. Ed. Wiley-interscience.
• APOSTU S.2006. *Organisme modificate genetic (OGM) Folosite în alimentaţia şi sănătatea omului şi animalelor.* Ed.RISOPRINT, Cluj-Napoca
• BARBU CONSTANTIN-HORIA, CAMELIA SAND, 2004, *Teoria şi practica modernă a remedierii solurilor poluate cu metale grele,* Ed. „ALMA MATER", Sibiu.
• BADEA Elena Marcela, SANDULESCU Daniela, 2001 *Biotehnologii vegetale*. Ed. Fundatia BIOTECH, Bucureşti
• BADEA Elena Marcela, PĂUN ION OTIMAN, 2006. Plante modificate genetic în cultură. Impactul agronomic, ecologic şi economic. Ed. MIRTON, Timişoara,

• BERCA, M., 2005. Teorie şi practică în biotehnologii genetice. Ed. Ceres, Bucureşti.
• BOTNARIUC N., VĂDINEANU A., 1982, Ecologie, Ed. Did. Si Ped., Bucuresti;
• BURTICĂ Georgeta, MICU Daniela, NEGREA Corina, ORHA Adina, 2005. *Poluanţii şi mediul înconjurător*. Ed. Politehnică, Timişoara.
CACHIŢA-COSMA DORINA, DELIU C., LENUŢA RAKOSY-TICAN, ARDELEAN A., 2004. *Tratat de biotehnologie vegetală*. Vol. I. Ed. Dacia, Cluj-Napoca.
• CRISTEA V., HODISAN I., POP I., EMILIA BECHIS, GROZA G., GALAN P., 1990. *Reconstrucţia ecologică a haldelor de steril minier. I. Dezvoltarea vegetaţiei spontane*.În Contribuţii botanice, Univ. din Cluj-Napoca, Grădina botanică: 33-38.
• CRISTEA V., GAFTA D., PEDROTTI F., 2004. *Fitosociologie.* Ed. Presa Universitară Clujană
• DENUŢ I., 2000. *Reabilitarea ecologică şi managementul siturilor degradate de industria minieră*. Univ.de Nord, Baia-Mare
• DRĂGAN-BULARDA, M., 2000. *Lucrări practice de Microbiologie generală,* Univ.Babeş-Bolyai.
• DRĂGAN-BULARDA MIHAIL, SAMUEL ALINA DORA, 2008, *Biotehnologii microbiene*, Ed. Universităţii din Oradea
• FODOR DUMITRU, BAICAN GAVRIL, 2001, *Impactul industriei miniere asupra mediului*, Ed. Infomin, Deva.
• FABIAN Ana, ONACA Rodica, 1999. Ecologie aplicată. Casa de Ed. SARMIS, Cluj-Napoca. p. 24-69
• GAFTA D., AKEROY J. 2006. Nature conservation. Concept and Protection. Ed. Springer.
• GAVRILESCU MARIA, 2010. *Environmental Biotechnology: Achievements, Opportunities and Challenges*, Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology, 4(1)1. In Global Science Books, 2010. On line at: http://www.globalsciencebooks. info/JournalsSup/images/Sample/DBPBMB_4(1)1-36o.pdf
• GAVRILESCU ELENA, 2006. *Evaluarea ecosistemelor acvatice*. Ed. SITECH, Craiova.
• GHIDRA V., SESTRAŞ R., BOTU M., BOTU I., 2004. Biodiversitate şi bioconservare. Ed. Academic Pres, Cluj-Napoca. Cap.III: Elementele structurale şi factorii de influenţă ai biodiversităţii. p.56-100.
• VALÉRIE GUÉRIN, PIERRE MENGER*, 2010. Depoluarea solului şi a apelor subterane poluate cu compuşi organici.* BRGM, Franţa; IHOBE, Ţara Bascilor. http://www.timisoara-twinning-environment.net/media/dms/File/depollutionROweb.pdf.
• MORAR R., CUGLEŞAN I., MUNTEAN I.O., ALMĂŞAN I., 2004. *Tehnologii de depoluare a mediului. Ed.* Dacia
• MUNTEANU S.L., ŞTIRBAN S. MIRCEA, LUCA E., FIŢIU A., MUNTEAN L., MUNTEAN S., ALBERT IMRE, 2005. *Bazele agriculturii ecologice*. Ed. Risoprint, Cluj
• CARMEN NICOLESCU, 2002. Microbiologia apei şi a produselor acvatice. Ed. Cetatea de Scaun, Târgovişte.
• NEAG Gh., 1997. Depoluarea solurilor şi apelor subterane. Ed. Cărţii de ştiinţă, Cluj
• OROS V., CAMELIA DRĂGHICI, 2002. Managementul deşeurilor. Ed. Univ. Transilvania. Braşov. Seria EnvEdu. Cap. Bioremedierea solurilor şi apelor, autor ANDREW BALL. p. 129-137.
• VASILE OROS, 2011, *Elemente de ecotoxicologie şi teste ecotoxicologice*, Editura RIOSOPRINT, Cluj Napoca.
• OZUNU AL., CARMEN TEODOSIU, 2002. *Prevenirea poluării mediului* .Ed . Univ. Transilvania Brasov
• PAMFIL DORU, 1999. Microbiologie. Ed. Genesis, Cluj-Napoca.
• PAMFIL DORU, 2011. Bioremedierea acviferelor. USAMV.Cluj-Napoca.
• RÂŞNOVEANU P., 2003. Soluţii privind refacerea ecologică a terenurilor afectate de exploatări miniere. Lucrările celei de a XVII-a Conf. Naţionale pentru Ştiinţa Solului, 25-30 aug.2003, Timişoara, Lucrări şt. USAMV a Banatului, Timişoara.
• ROŞ V. (eds), 2000. Ghid pentru diseminarea tehnologiilor de mediu, în domeniile ingineriei agricole, transporturilor şi energiei. Ed. Roprint. Cluj
• STOICULESCU C et al., Conservarea şi reconstrucţia ecologică a ecosistemelor forestiere de luncă sub impactul antropic. Rev. Păd. Bucureşti, 102, 2:61-66.
• STUGREN B., 1994. Ecologie teoretică. Ed. Sarmis, Cluj – Napoca.
• ANCA VOICULESCU, 2003, Efectul diferitelor măsuri de bioremediere asupra structurii şi dimensiunii comunităţilor de bacterii şi ciuperci din sol. a XVII-a Conf. Naţ. Ştiinţa Solului, 2003, Lucrări ştiinţifice USAMV a Banatului, Timişoara.

PARTEA I-a. NOTE DE CURS

CAPITOLUL 1.

NOŢIUNI DE BAZĂ PRIVIND BIOTEHNOLOGIILE APLICATE LA MEDIU, DEPOLUAREA BIOLOGICĂ ŞI BIOREMEDIEREA ECOSISTEMELOR

Cuprins:
Introducere. Biotehnologii aplicate la mediu. Sisteme de management integrat de mediu şi reabilitarea ecosistemelor naturale şi antropizate. Analiza sistemică în ecologie. Teoria generală a sistemelor ca mijloc eficient în cercetarea sistemelor biologice.

Introducere

In cadrul ştiinţelor interdisciplinare, disciplina ***"Biotehnologii si depoluarea sistemelor ecologice"*** are ca obiectiv general acumularea unor cunoştinţe de bază asupra **metodelor de remediere a calităţii mediului** în urma impactului factorilor poluanţi sau distructivi, utile specialiştilor în domeniul ingineriei mediului pentru inţelegerea importanţei elaborarii strategiilor managementului integrat de mediu, în contextul asigurării dezvoltării durabile a vieţii pe Pământ. Prin însuşirea conceptelor, metodelor şi **tehnologiilor de bioremediere** a ecosistemelor naturale sau antropizate, se realizează suportul cognitiv pentru proiectarea managementului integrat de mediu, incluzând **evaluarea costurilor de mediu, a investiţiilor pentru depoluare sau reconstrucţie ecologică a sistemelor biotehnice şi ecologice.**

Obiectivele cursului se referă la însuşirea cunoştinţelor teoretice şi practice de bază privind **bioremedierea mediului (depoluarea biologică, reconstrucţia biodiversităţii sau refacerea echilibrului biocenotic** afectate de factori distructivi, în ecosistemele naturale şi antropizate); însuşirea metodelor şi tehnicilor de **refacere şi reconstrucţie prin bioremediere environmentală**; dobândirea competenţelor necesare pentru analiza şi evaluarea **principalelor cazuri de dezechilibru şi disfuncţionalităţi naturale şi antropice, analiza noilor relaţii apărute între componentele mediului şi stabilirea tehnologiilor specifice de depoluare şi bioremediere.**

Biotehnologii aplicate la mediu. Sisteme de management integrat de mediu şi reabilitarea ecosistemelor naturale şi antropizate

Cursul ***"Biotehnologii si depoluarea sistemelor ecologice"*** este elaborat in domeniul ştiinţelor biologice interdisciplinare de „Ecologia aplicată" având ca bază cunoaşterea elementelor şi funcţiilor sistemelor biologice şi ecologice, **în scopul evaluării, conservării şi utilizării capitalului natural.** Acesta este constituit din diversitatea sistemelor biologice şi ecologice, funcţionând în regim natural, seminatural sau antropizat, şi cuprinzând: diversitatea speciilor existente într-un habitat (diversitatea taxonomică); diversitatea biocenozelor şi a ecosistemelor dintr-o anumită regiune, precum şi diversitatea genetică (varietatea genetică a speciilor şi populaţiilor).

Protejarea şi conservarea calităţii şi biodiversităţii sistemelor ecologice este garanţia păstrării stabilităţii ecosistemelor, tot mai mult ameninţate prin distrugerea habitatelor şi a speciilor. Activităţile privind protejarea şi conservarea mediului, a stabilităţii sistemelor ecologice, sunt absolut necesare pentru susţinerea procesului de dezvoltare durabilă, cu care se confruntă societatea contemporană, presupunând insusirea de cunoştinţe complexe de ecologie şi management ecologic. Pentru formarea competenţelor în activităţile de protecţia mediului, se impune parcurgerea unor etape de instruire: însuşirea informaţiilor despre lumea vie; investigarea sistemelor biologice; demonstrarea, modelarea principiilor şi conceptelor biologice; transferarea, integrarea metodelor de management ecologic.

Termenul "management" defineşte exercitarea funcţiei de planificare, organizare, conducere directa, control, supervizare a oricărui proiect sau activităţi industriale sau de afaceri cu asumarea

responsabilităţii pentru rezultate. Managementul de mediu este un termen generic care descrie procesul complex de abordare a problemelor de mediu (de la identificarea acestora, evaluarea impactului/riscului, formularea programelor care să susţină dezvoltarea durabilă, implementarea, evaluarea şi corectarea lor), necesitând colaborarea interdisciplinară (ştiinţe naturale, inginereşti, sociale, economice, legislaţie, planificare) şi de cele mai multe ori coordonarea, din punct de vedere al strategiilor, la nivel regional, naţional sau internaţional (Ozunu, Teodosiu, 2002). Mai ales în ultimele doua decenii, o importanţă deosebită au căpătat stabilirea limitelor ecologice între care se poate desfăşura activitatea economică precum şi elaborarea de reglementări naţionale şi internaţionale în acest sens. Problemele globale ale omenirii sunt in strânsă legatură cu problemele mediului înconjurător. În dezvoltarea societăţii apar dezechilibre care duc la poluarea semnificativă a mediului.

Ecologia şi dezechilibrele ecologice. Relaţiile organismelor vii cu mediul lor de viaţă sunt studiate de **ecologie**. Mediul în care trăieşte fiecare organism are o componentă lipsită de viaţă – **biotopul -** care cuprinde substratul şi factorii abiotici, şi una cu viaţă - **biocenoza** -, alcătuită din totalitatea vieţuitoarelor care trăiesc în acelaşi biotop. Biotopul şi biocenoza formează o unitate structurală şi funcţională numită **ecosistem**. Ecosistemele formează complexe de ecosisteme care, în totalitatea lor de pe Terra, alcătuiesc **ecosfera**. Între cele două componente ale ecosistemului există un schimb permanent de materie, energie şi informaţie.

Echilibrul ecosistemului este asigurat prin funcţia de autoreglare, care se realizează în interiorul bioceozei, în interiorul biotopului şi între biocenoză şi biotop. Pe baza acestor interrelaţii se realizează un echilibru relativ stabil al ecosistmului. Interrelaţiile dintre componentele ecosistemului determina ca o modificare a unui element să influenţeze mediul în ansamblul său, putând avea drept consecinţă apariţia unor dezechilibre ecologice.

Având în vedere efectele catastrofale ale deteriorării mediului asupra vieţii pe Terra, protecţia mediului stă la baza supravieţuirii şi dezvoltării societăţii umane, prin măsurile care se întreprind deja, privind: **Conservarea** - resurselor naturale, - a speciilor pe cale de dispariţie, a solului, a pădurilor, - utilizarea combaterii biologice a dăunătorilor, precum şi **Controlul poluării** aerului, apei, solului (Ariniş, Cristescu, 2006).

"Durabilitatea" va tinde să devină, în noul mileniu, caracteristica cea mai importantă a dezvoltării economice şi sociale. Posibilitatea de a asigura dezvoltarea economică, utilizarea raţională a materiilor prime, energiei şi resurselor naturale şi diminuarea impactului activităţilor umane asupra mediului, reprezintă esenţa "durabilităţii" acestor activităţi.

Problemele de mediu datorate impactului deosebit al activităţilor umane au tendinţa de a se globaliza, efectul cumulativ al unor manifestări locale de poluare conducând la generalizarea acestora (Ozunu, Teodosiu, 2002).

Definirea conceptului de biodiversitate. Diversitatea biologică: taxonomică, genetică, diversitatea biocenozelor şi ecosistemelor.

Cu ocazia Conferinţei Naţiunilor Unite pentru Mediu şi Dezvoltare (UNCED) desfăşurată la Rio de Janeiro, în 1992, s-a semnat **Convenţia asupra Diversităţii Biologice** (CBD), care defineşte biodiversitatea ca fiind „variabilitatea organismelor vii, de orice origine, inclusiv, între altele, ecosistemele terestre, marine şi alte ecosisteme acvatice şi complexe ecologice din care fac parte, diversitatea în sânul speciilor şi între specii, la fel ca şi cea a ecosistemelor" (**art.2.al CBD** citat de Cristea, 2002). „Conceptul de biodiversitate este extrem de complex, incluzând în totalitate variabilitatea speciilor şi variabilitatea dintre specii, la toate organismele vii plante şi animale, în habitatele lor, precum şi diversitatea ecosistemelor şi a complexelor ecologice de pe Terra. Biodiversitatea este considerată o problemă globală, fiind integrată în problematica protecţiei mediului, abordată ca o componentă de bază în evoluţia şi dezvoltarea viitoare a societăţii umane. Biodiversitatea constituie o bogăţie a patrimoniului naţional şi internaţional, care are rol fundamental în asigurarea stabilităţii şi evoluţiei ecosistemelor şi, evident, a umanităţii." (După Ghidra V., Sestraş R., Botu M., Botu I., 2004).

Analiza sistemică în ecologie. Bazele teoretice ale cercetării ecosistemelor

Van Bertalanffy, 1960, a formulat **teoria generală a sistemelor**, după care sistemul este un ansamblu de elemente şi fenomene aflate în interacţiune. Toate sistemele biologice sunt sisteme integrate, organizate în sistem deschis specific prin unele însuşiri caracteristice, prin care pot transforma factorii de mediu în factori proprii, specifici: 1.Caracterul informaţional- sistemele recepţionează, acumulează, prelucrează şi transmit reciproc informaţiile. 2.Integralitatea- însuţirile sistemului nu se reduc la suma caracteristicilor părţilor componente, ci determină calităţi noi pe baza interacţiunilor, funcţionând ca un tot unitar. 3.Echilibrul dinamic-sau starea staţionară se realizează prin schimbul permanent de materie, energie şi informaţie dintre sistem şi mediu. 4.Autoreglarea-însuşirea sistemelor de a contracara tendinţele interne şi externe (de mediu) de dezechilibru şi dezorganizare. 5.Programul-sistemele posedă program coordonator propriu pentru autoconservare, unul inferior pentru subsisteme, unul superior pentru reproducere şi supravieţuire.

Metodologia de cercetare ecologică. În efectuarea unei cercetări ecologice se pot aplica metode de investigaţie respectând a serie de criterii **(**Botnariuc, Vădineanu, 1982), care vor permite şi realizarea modelului ecologic al studiului:

A. Respectarea unui program de cercetare intensivă pe o durată de minimum 2 ani, care să includă: 1. prelevarea **unui număr de probe** ce ar putea să asigure **estimarea mărimii populaţiilor** componente cu o eroare de maxim 20%;

2. o **frecvenţă de prelevare** a probelor în succesiunea graficului de timp, care să reflecte particularităţile ciclurilor de dezvoltare ale speciilor din **componenţa biocenozei;**

3. anumite **modalităţi de prelevare** a probelor (randomizat, stratificat randomizat, sistematic etc.) care să reflecte **heterogenitatea biotopului**.

B. Înregistrarea în timp şi spaţiu a principalilor factori abiotici (temperatură umiditate, pH, concentraţia metalelor grele, a pesticidelor etc.).

C. Determinarea **spectrului trofic** al fiecărei populaţii selectate din componenţa biocenozei şi stabiirea grupelor funcţionale şi a relaţiilor dintre ele.

D. Calcularea pe baza datelor empirice rezultate din analiza probelor, a densităţii şi a abundenţei numerice şi în biomasă.

Luând în considerare abundenţele numerice > 10% şi abundenţele în biomasă >5%, se stabileşte pentru fiecare categorie funcţională sau nivel trofic, care sunt populaţiile componente dominante. Neglijând populaţiile a căror abundenţă numerică < 10% şi abundenţă în biomasă <5% şi limitând, astfel, interacţiunile dintre populaţiile componente numai la relaţiile trofice, se poate asigura caracterizarea funcţiilor principale ale ecosistemului cu o eroare rezonabilă.

După identificarea componentelor modelului şi după stabilirea interacţiunişor dintre componente precum şi ale intrărilor în ecosistem care condiţionează funcţionarea sa, se poate întocmi diagrama modelului (Botnariuc, Vădineanu,1982).

CAPITOLUL 2. BIOREMEDIEREA

TEHNOLOGII DE BIOREMEDIERE A SOLURILOR SI APELOR

Cuprins:

1. **Bioremedierea – definiţie**
2. **Avantajele bioremedierii**
3. **Tehnologii implicate in bioremediere.**
   Termeni specifici: Biodegradarea. Biostimularea. Bioamplificare. Biorestaurare.
   Bioremedierea in situ (ISB)
   Bioremedierea in situ accelerată
   Atenuarea naturală monitorizată
   Bioremedierea ex situ
4. **Aplicarea bioremedierii**
5. **Bioremedierea hidrocarburilor clorurate**
   - utilizarea compusului clorurat in calitate de acceptor de electron,
   - utilizarea compusului clorurat in calitate de donor de electron,
   - prin cometabolism
6. **Bioremedierea ca afacere**
7. **Exemple de aplicare reuşita a bioremedierii.**
   - Scurgerea de ţitei de la Bemidji, Minnesota
   - Efluentul de canalizare de la Cape Cod, Massachusetts
   - Solventi clorurati, New Jersey
   - Pesticide, Estuarul Golfului San Francisco
   - Chimicale agricole în zona centrală
   - Contaminare cu gazolină, Galloway New Jersey
   - Contaminare cu creosot, Pensacola, Florida
8. **Tehnologii de tratare a solului prin bioremediere:**
   -Tratamente biologice in situ: bioventilarea, bioaugmentarea, fitoremedierea în sol,
   -Tratamente biologice ex situ: biopile, composting, cultivarea pământului
9. **Biotehnologii de tratare a apelor subterane:**
   -Tratamente biologice in situ: bioaugmentare, atenuarea naturală controlată, fitoremedierea.
   -Tratamente biologice a apelor ex situ: bioreactori, mlaştini amenajate

Bibliografie:

ANDREW BALL, 2002. Bioremedierea solurilor si apelor. In. Managementul deşeurilor. Cap 5. Rds. V. Oros, Camelia Draghici, Ed. Univ, Transilvania Braşov, 2002, p.129-133
CRISTINA ROŞU, 2006. Bazele chimei mediului: elemente teoretice si aplicatii practice.Ed. Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca
IOVANCA HAIDUC, 2006. Chimia verde şi poluanţii chimici.Ed.Fundatiei pentru Studii Europene, ClujNapoca
KISS ŞTEFAN, DRAGAN-BULARDA MIHAIL, DANIELA PAŞCA, 1993. Enzimologia mediului înconjurător. Enzimologia solurilor tehnogene.Vol. II. Ed. CERES, Bucureşti.

1. BIOREMEDIEREA – DEFINIŢIE

Bioremedierea este înţeleasă, după definiţia generală, ca fiind **utilizarea organismelor vii** (microorganisme, plante etc.) ***pentru a ameliora*** şi ***restaura*** starea ecologică a unui substrat poluat sau degradat (zonă, teren, acvifer etc.) la parametrii de calitate mai buni, favorabili vieţii, nedăunători, nepoluanţi sau ***pentru a-l readuce*** la starea de mai înainte (Ball, 2002).

Bioremedierea este o **tehnologie modernă de tratare a poluanţilor** care utilizează factori biologici (microorganisme) pentru transformarea anumitor substanţe chimice în forme finale mai puţin nocive/periculoase, în mod ideal, la **CO_2 şi H_2O,** care sunt netoxice şi sunt eliberate în mediu fără a modifica substanţial echilibrul ecosistemelor. Bioremedierea se bazează pe capacitatea unor compuşi chimici de a fi biodegradaţi.

Conceptul de biodegradare este acceptat ca o însumare a proceselor de descompunere a unor constituenţi naturali sau sintetici, prin activarea unor tulpini de microorganisme specializate având drept rezultat produşi finali utili sau acceptabili din punct de vedere al impactului asupra mediului (Pamfil, 2011).

Exemplu de bioremediere: tratarea biologică a apelor reziduale, a apelor de canalizare prin utilizarea organismelor vii pentru a le readuce la situaţia originală.

În ultimele decenii, termenul bioremediere este utilizat într-un mod mai specific, ce se reflectă prin cele două definiţii specifice:

- Utilizarea de organisme vii **pentru a degrada poluanţii mediului, pentru a preveni poluarea sau în procesul de tratare a deşeurilor** (Atlas,1995);
- Aplicarea tratamentelor biologice **pentru curăţirea, decontaminarea şi degradarea substanţelor periculoase** (Cookson, 1995, citat de Ball, 2002).

Bioremedierea se poate aplica **"in situ"** (asupra zonei, substratului poluat, pe locul unde a avut loc contaminarea) sau **"ex situ"** (in sisteme/instalatii special amenajate, unde se aduce substratul poluat ce urmeaza sa fie tratat prin metode biologice).

2. AVANTAJELE BIOREMEDIERII

Soluţionarea pe cale biotehnologică a problemelor de poluare, prin metodele de **bioremediere "in situ"** , are avantajul că:

- ***necesită un nivel moderat de capital de investiţie,***
- ***prezintă siguranţă pentru mediu,***
- ***nu genereaza deşeuri şi***
- ***sunt autosustenabile.***

Procedeele biotehnologice de tratare a efluenţilor toxici intră în competiţie cu metodele existente sub aspectul eficacitaţii şi eficienei economice. Metodele biotehnologice de tratare a deşeurilor toxice au rolul de a înlocui metodelor actuale de depozitare şi detoxificare a noilor compuşi xenobiotici (realizaţi de om). Este important însă să se limiteze generarea de deşeuri periculoase şi nepericuloase, precum şi să se utilizeze metodele de reciclare.

Alte avantaje ale bioremedierii faţă de alte tehnologii.. (Cookson 1995)
• ***Poate fi realizată pe sit („on site")***
• ***Eliminare permanentă a deşeurilor (limitarea problemelor de conformare)***
• ***Pozitivă din punct de vedere al acceptării publice***
• ***Perturbare minimă a sitului***
• ***Elimină costurile de transport şi pentru conformare***
• ***Poate fi combinată cu alte tehnologii de tratare***

Bioremedierea oferă, în multe cazuri, o **soluţionare permanentă** a problemei, şi este eficientă din punct de vedere al costurilor.

Comparaţie intre costurile de bioremediere şi costurile metodelor tradiţionale utilizate in mod obişnuit pentru îndepărtarea poluanţilor (costurile sunt in USD/yard cubic) (Cookson, 1995, citat de Ball, 2002)

Metoda	***Anul I***	***Anul II***	***Anul III***
Incinerare	***530***	***Nu***	***Nu***
Solidificare	***115***	***Nu***	***Nu***
Ingropare	***670***	***Nu***	***Nu***
Desorbţie termică	***200***	***Nu***	***Nu***
Bioremediere	***175***	***27***	***20***
			$1yd^3 = 0.76455m^3$

Bioremedierea ajută la reducerea costurilor pentru tratare prin:

1. **Tratarea contaminării pe loc.**
2. **Profitarea de procese naturale.**
3. **Reducerea perturbării mediului.**

1. Tratarea contaminării pe loc. Cea mai mare parte a costului este asociată cu tehnologiile traditionale de curăţire legate de **îndepărtarea fizică şi depozitarea solurilor** contaminate. Întrucât bioremedierea poate fi realizată pe loc („in situ") prin **adăugarea de nutrienţi la solurile contaminate**, aceasta **nu determină costuri de îndepărtare - depozitare.**

2. Profitarea de procese naturale. La unele situri, procesele microbiene naturale pot îndepărta contaminantii prezenţi, chiar fară intervenţia omului. În astfel de cazuri unde bioremedierea (**atenuarea naturală a poluării**) este adecvată, se pot realiza reduceri substantiale ale costurilor.

3.Reducerea perturbării mediului. Bioremedierea reduce la minimum perturbarea sitului comparativ cu tehnologiile conventionale, **costurile pentru post-tratare putând fi substanţial diminuate**.

- **Bioremedierea este in general mai eficientă din punct de vedere al costurilor decât cele două metode care sunt larg utilizate, respectiv îngroparea sau incinerarea (**Ball, 2002).

3. TEHNOLOGII IMPLICATE IN BIOREMEDIERE. BIODEGRADAREA. BIOSTIMULAREA. BIOAMPLIFICARE. BIORESTAURARE

O serie de termeni specifici sunt utilizaţi pentru a descrie activitatea microorganismelor şi căile prin care ele sunt utilizate în bioremediere:

Biodegradarea este ruperea sau ***fragmentarea*** unui compus sau a unei substanţe realizată de către organisme vii, bacterii sau fungi, care pot fi ***indigene*** în zona respectivă sau pot fi ***introduse.***

Biostimularea este metoda prin care populaţiile de microorganisme, naturale sau introduse, sunt îmbunătăţite prin ***adaosuri de nutrienţi, inginerie sau alte lucrări de pregătire a unei zone.*** Aceasta măreşte viteza proceselor naturale de remediere.

Bioamplificare (bioaugmentation) este metoda prin care sunt adăugate organisme vii specifice pe un sit sau pe un material pentru a realiza un anumit efect de bioremediere dorit.

Biorestaurare este restaurarea stării originale sau a unei stări apropiate de cea originală prin utilizarea de microorganisme vii.

Tehnologiile de bioremediere se pot aplica **pe loc („in situ") sau „ex situ„ (prin transportarea substratului poluat la instalaţii speciale de tratare).**

Tehnologia utilizată pentru **tratarea unui sit poluat** este dependentă de sit şi de poluant.

Fiecare tratament de bioremediere este **specific** în functie de sit.

Diferitele tratamente de bioremediere **„in situ"**se leagă de un număr de tehnologii:

Bioremedierea in situ (ISB)
Bioremedierea in situ accelerată
Atenuarea naturală monitorizată

BIOREMEDIEREA IN SITU (ISB) este utilizarea de microorganisme pentru a degrada contaminanţii pe loc („in situ") în scopul producerii unor compuşi finali nepericuloşi.

- Bioremedierea „in situ" este aplicată pentru degradarea contaminanţilor în solurile saturate şi în apele subterane, dar şi în zone nesaturate.
- Tehnologia a fost dezvoltată ca find mai puţin costisitoare, mai eficientă faţă de metodele standard de *pompare şi tratare utilizate pentru depoluarea acviferelor şi a solurilor contaminate cu solvenţi cloruralţi, hidrocarburi petroliere, explozibili, nitraţi şi metale toxice.*
- **Bioremedierea in situ are avantaje cum ar fi :**
  - **distrugerea completă a contaminanţilor,**
  - **riscuri mai mici pentru muncitorii de pe sit**
  - **costuri mai scăzute pentru instalaţii şi operare.**

Bioremedierea in situ poate fi clasificată în functie de metabolism sau în funcţie de gradul de intervenţie umană. Cele două tipuri de metabolism sunt metabolismul aerob şi metabolismul anaerob. Tipul de metabolism pentru un anumit sistem ISB va fi stabilit ca ţintă în funcţie de tipul de contaminanţi care trebuiesc distruşi.

Unii contaminanţi sunt degradaţi pe cale **aerobă** (de exemplu: hidrocarburile petroliere) alţii pe cale **anaerobă** (de exemplu, tetraclorura de carbon), în timp ce alţi contaminanţi pot fi biodegradaţi atât pe cale aerobă, cât şi pe cale anaerobă (de exemplu, tricloretena).

BIOREMEDIEREA IN SITU ACCELERATĂ

- se face prin adăugarea de substrat sau nutrienţi la un acvifer pentru a stimula creşterea unui consorţiu de bacterii. Bacteriile ţintă sunt indigene, însă se pot introduce în acvifer şi culturi îmbogăţite de bacterii (din alte situri) care sunt deosebit de eficiente în degradarea unui anumit contaminant (bioamplificare).
- Bioremedierea „in situ" accelerată este utilizată acolo unde se doreşte o creştere a vitezei de biotransformare a contaminantului, viteza putând fi limitată de lipsa nutrienţilor necesari, de lipsa donorilor sau acceptorilor de electroni.
- Tipul de amendament necesar depinde de metabolismul ţintă şi de contaminantul urmărit. Bioremedierea „in situ" aerobă poate să necesite doar un adaos de oxigen (*acceptor de electroni*), pe când cea anaerobă poate să necesite atât *adaosul de donori de electroni* (ex. lactat, benzoat), cât şi de *acceptori de electroni* (ex. nitrat, sulfat). In special solventii cloruraţi necesită adesea adaos de substrat de carbon pentru a stimula declorurarea reducătoare.
- Scopul urmărit in tehnologia de bioremediere „in situ" accelerată este de a creşte cantitatea de biomasă in interiorul acviferului contaminat şi, prin aceasta, obţinerea unei biodegradări eficiente a contaminantului dizolvat si absorbit.

ATENUAREA NATURALĂ MONITORIZATĂ

- Atenuarea naturală monitorizată (bioremedierea intrinsecă) este o altă metodă de aplicare a bioremedierii “in situ”. O componentă a atenuării naturale este utilizarea microorganismelor indigene pentru a degrada contaminanţii implicaţi, fară intervenţia omului (fară adaosuri de nutrienţi).
- Implementarea atenuării naturale presupune o *bună cunoaştere a sitului si o monitorizare pe termen lung.*
- Cunoaşterea sitului implică o caracterizare privind extinderea poluării şi caracteristicile acviferului. Aceste informaţii pot fi apoi utilizate pentru a elabora un model predictiv de transport pentru prevedea pericolul poluării şi când contaminanţii vor afecta receptorii vizaţi.
- Monitorizarea pe termen lung este utilizată pentru a evalua pericolul şi transportul contaminanţilor in comparatie cu cele previzionate. Modelul de transport poate fi apoi redefinit pentru a obtine predictii mai bune.

Procesele de atenuare naturala a poluarii se desfăşoară în mod normal pe toate siturile însă gradul de eficientă al acestora este diferit si depinde de tipurile şi concentratiile de contaminanţi prezenti şi de caracteristicile fizice, chimice si biologice ale solului şi ale apei subterane.

Procesele de atenuare naturală pot reduce riscul potenţial pe care-l reprezintă contaminanţii sitului, această diminuare a riscului realizându-se prin următoarele trei căi:

1. Contaminantul poate fi convertit intr-o forma lipsită de toxicitate prin procese distructive: biodegradarea sau transformări abiotice.
2. Nivelele de expunere potentială pot fi reduse prin scăderea concentraţiilor (ca urmare a proceselor distructive sau prin diluţie şi dispersie).
3. Mobilitatea şi biodisponibilitatea contaminantului pot fi reduse prin sorbţie pe particulele de sol sau de rocă.

Utilizarea pentru un anumit sit a bioremedierii ”in situ” accelerate sau a atenuării naturale va depinde de însuşirile acviferului, de concentraţiile contaminantilor chimici, de scopul proiectului de remediere şi de aspectele economice ale fiecărei opţiuni.

Viteza de degradare a contaminantului este, mai mică în cazul atenuării naturale decât la bioremedierea activă din cauza concentratiei de bacterii care este mult mai mare în bioremedierea accelerată, iar viteza de biodegradare este proportională cu cantitatea de biomasă. Astfel,

atenuarea naturală necesită, de regulă, o perioadă lungă de timp pentru a deveni completă. **Bioremedierea "in situ" accelerată** este, de regulă, o solutie mai rapidă dar necesită investiţii mai mari in materiale, echipamente şi manoperă **(**Ball, 2002).

Avantajele bioremedierii in situ

- Contaminantii pot fi complet transformati in substante total inofensive (ex. **apă, dioxid de carbon, etan**).
- Bioremedierea „in situ" **accelerată** poate realiza o tratare volumetrică, prin care se tratează atât partea dizolvată cât şi cea sorbită a contaminantului.
- Durata necesară pentru tratarea prin bioremediere „in situ" a poluării **situată sub suprafata solului** poate să fie adesea, **mai rapidă** decât dacă se utilizează tehnologiile de pompare-tratare.
- Bioremedierea „in situ" costă adesea mai puţin decât alte optiuni de remediere.
- Aria zonei de tratare la utilizarea bioremedierii poate fi mai mare decât in cazul utilizării altor tehnologii de remediere, întrucât tratarea urmează mişcarea acviferului şi poate atinge zone care, altfel, ar rămâne inaccesibile.

Limitări ale bioremedierii „in situ"

- In funcţie de particularitatea sitului, unii contaminanti ar putea să nu fie complet transformaţi in compuşi inofensivi.
- Dacă in procesul de biotransformare se formează produşi **intermediari**, aceştia ar putea fi uneori mai toxici sau mai mobili decât compusul parental.
- Unii contaminanti nu pot fi biodegradati (prezintă **recalcitranţă la biodegradare).**
- Dacă este aplicată în mod inadecvat, **sondele de injectie** se pot colmata ca urmare a creşterii microbiene intense datorită adaosurilor de nutrienti, donori sau/şi acceptori de electroni.
- **Bioremedierea „in situ" accelerată** este dificil de aplicat în acviferele cu permeabilitate scăzută întrucât transportul nutrientilor este limitat.
- **Metalele grele şi concentratiile toxice de compuşi organici** pot inhiba activitatea microorganismelor indigene.

> **Bioremedierea „in situ" necesită, in mod normal, o populaţie de microorganisme aclimatizate, care nu pot fi dezvoltate pentru deşeurile recente sau pentru compuşii recalcitranţi.**

Avantaje ale atenuării naturale monitorizate:

- generarea unui volum mai mic de deşeuri, diminuarea potentialului de **transfer prin mediu** a contaminantilor asociati, in mod normal, de tratamentele „ex situ" şi un risc diminuat pentru expunerea fiintelor umane la mediul contaminat.
- Perturbare mai mica întrucât necesită putine instalatii de suprafată.
- Posibilitate de aplicare pe întregul sit sau numai pe o parte a acestuia, in funcţie de condiţiile sitului şi de obiectivele de decontaminare.
- Poate fi utilizată in combinatie cu alte măsuri de remediere (activă), sau în completarea acestora.
- **Costuri de remediere mai scăzute decât cele legate de remedierea activă.**

Dezavantaje ale atenuării naturale monitorizate

- Poate necesita o perioadă mai lungă de timp pentru realizarea obiectivelor de remediere, in comparatie cu remedierea activă.
- Studierea şi caracterizarea sitului poate fi mai complexă şi mai costisitoare.
- Toxicitatea produşilor de transformare poate fi mai mare decât a compusului parental.
- In general, va fi necesară o perioadă lungă de monitorizare.
- Poate fi necesară asigurarea unui control institutionalizat pentru protectia pe termen lung.
- Există posibilitatea unei migrari continue a contaminantului şi a transferului său prin mediu.
- Conditiile hidrologice şi geochimice care fac posibilă atenuarea naturală, se pot modifica in

timp, ceea ce ar putea produce o **remobilizare a contaminantilor** stabilizati anterior, cu impact negativ asupra eficacităţii remedierii.

- Sunt necesare eforturi mai mari in educatia şi pregătirea publicului pentru a câştiga acceptarea acestuia pentru atenuarea naturală monitorizată **(**Ball, 2002).

4. APLICAREA BIOREMEDIERII

Expansiunea rapidă şi complexitatea crescândă a industriei chimice din secolul trecut şi, în special în ultimii treizeci de ani, a avut ca rezultat o cantitate crescândă şi o complexitate tot mai mare a **deşeurilor toxice efluente**. În acelaşi timp, din fericire, autorităţile în reglementare au acordat o atentie mai mare problemelor de poluare a mediului.

Companiile industriale au devenit mai atente la **presiunea reglementărilor politice, sociale şi de mediu** pentru a preveni deversarea efluenţilor în mediul înconjurător. Implicaţiile incidentelor majore de poluare (ca de exemplu pata de petrol Exxon Valdez, dezastrul de la Union-Carbide (Dow) Rhopal, poluarea pe scară largă a fluviului Rin, deteriorarea progresivă a habitatelor acvatice şi a pădurilor de conifere din nord-estul SUA, Canada şi o parte din Europa sau scăpările de materiale radioactive în accidentul de la Cernobîl etc.) şi publicitatea masivă pe tema problemelor de mediu care au urmat acestora au scos puternic în lumină şi au adus în conştiinta publică potentialele rezultate pe termen lung ale dezastrelor.

Chiar admitând că politicile de mediu vor face eforturi continue în directia aplicării presiunilor asupra industriei pentru a reduce producţia de deşeuri toxice, **bioremedierea prezintă oportunităţi pentru detoxificarea unui domeniu întreg de efluenţi industriali**

Bacteriile pot fi adaptate sau modificate pentru a produce anumite enzime care metabolizează componentele deşeurilor industriale care sunt toxice pentru alte vietuitoare şi de asemenea, se pot elabora noi căi de biodegradare a diferitelor deşeuri.

Dacă managementul deşeurilor însuşi este o industrie de sine stătătoare bine definită, **genetica şi enzimologia** pot foarte bine să o desăvârşească prin experienţa de inginerie existentă în aceste domenii **(**Ball, 2002).

- **Astfel se poate concluziona că bioremedierea se poate aplica la un domeniu larg de deşeuri chimice.**

5. BIOREMEDIEREA HIDROCARBURILOR CLORURATE

Hidrocarburile clorurate reprezintă unul din grupele cele mai comune de compuşi care necesită tehnologii de bioremediere. Hidrocarburile clorurate pot fi supuse biotransformării prin **trei mecanisme:**

1.utilizarea compusului clorurat in calitate de acceptor de electron,
2.utilizarea compusului clorurat in calitate de donor de electron, sau
3.prin cometabolism (reacţii care nu produc beneficiu microorganismelor).

Pe un sit dat se pot realiza unul sau mai multe dintre aceste mecanisme.

1. Reacţii ca acceptor de electron

Utilizarea compuşilor clorurati ca acceptori de electroni a fost demonstrată

- în **condiţii nitrat - şi fier- reducătoare** sau
- în **condiţii sulfat - reducătoare şi metanogene** (cu cele mai mari viteze de biodegradare care afectează domeniul **hidrocarburilor alifatice clorurate**. Această modalitate de biotransformare **realizează dehalogenearea reductivă** şi **necesită o sursă adecvată de carbon (donor de electron) pentru creşterea microbiană.** Carbonul donor de electron poate proveni
  - **din materia organică naturală**,
  - din **surse antropogene** (de ex. contaminarea însoţitoare cu hidrocarburi petroliere), sau
  - din **introducerea intenţionată de carbon organic** in interiorul acviferului (de ex. la bioremedierea “in situ" accelerată) **(**Ball, 2002).

2. Reacţii ca donor de electron

În această situaţie sursa, hidrocarbura clorurată este utilizată în calitate de substrat primar (donor de electron) şi **microorganismul obţine energia şi carbonul organic din această hidrocarbură clorurată**.

- Aceasta se poate realiza **in condiţii aerobe şi în anumite condiţii anaerobe.**
- Compuşii cloruraţi mai puţin oxidaţi (ex. **clorura de vinil-PVC**, **DCE**, sau 1,2-**dicloretan**) sunt mai favorabili pentru a se supune acestui mod de biotransformare.
- Este de notat că **hidrocarburile petroliere** sunt biodegradate pe această cale deoarece ele pot fi utilizate in calitate de sursă organică de carbon **(**Ball, 2002).

Notă:

Terminologia donor/acceptor de electron *dă o descriere mai explicită, decăt termenii „dehalogenare reducătoare", „declorurare directă" şi „substrat primar". În general, declorurarea reducătoare este procesul prin care un atom de clor este îndepărtat din compusul clorurat şi este înlocuit cu un atom de hidrogen. Declorurarea directă este de obicei asociată cu hidrocarbura clorurată, care actionează ca donor de electron. Substratul primar, de asemenea, se referă de obicei la donorul de electron.*

3. Cometabolismul

Atunci când o hidrocarbură alifatică hipercclorurată este biodegradată prin cometabolism, degradarea este catalizată de o enzimă sau cofactor, produsă de către organisme pentru alte scopuri.

Prin cometabolism:

- Microorganismele nu obtin nici un beneficiu cunoscut din degradarea compusului clorurat.
- Biotransformarea compusului clorurat poate să fie în acelaşi timp inhibitoare/vătămătoare pentru microorganisme.

Cometabolismul este cel mai bine cunoscut pentru mediile aerobe, însă el se poate realiza şi în condiţii anaerobe **(**Ball, 2002).

6. BIOREMEDIEREA CA AFACERE

În ultimii ani, mai multe companii s-au hotărât să dezvolte şi să comercializeze **tehnologiile de biodegradare**. Existenta unor astfel de companii a devenit acum justificată din punct de vedere economic

- **datorită creşterii explozive a costurilor tehnologiilor traditionale de tratare,**
- **datorită rezistentei crescânde a publicului faţă de unele tehnologii traditionale** (începând de la cea de la Love Canal până la planurile incineratoarelor ENSCO din ultimii ani), şi
- **datorită cerinţelor tot mai exigente ale reglementărilor.**

Interesul mediului de afaceri comerciale în utilizarea microorganismelor pentru detoxificarea efluentilor, solurilor, etc. este reflectat în „bioremediere" care a devenit un **cuvânt comun în managementul deşeurilor.**

Companiile care se specializează în bioremediere (=**tehnologiile de biodegradare**) trebuie să dezvolte o integrare viabilă a microbiologiei cu sistemele de inginerie.

Un exemplu de companie de bioremediere este **Envirogen (NJ**) care a dezvoltat

- microorganisme ce degradează **PCBs (policlorobifenili)**

şi care au o stabilitate şi o supravieţuire bună în populaţiile de organisme din sol;

- a dezvoltat bacterii care există în mod natural şi care

degradează **tricloretilena (TCE)** în prezenţa toluenului, un solvent organic toxic care omoară multe alte microorganisme.

Un mare număr de astfel de companii poate fi găsit utilizând căutare WEB şi un cuvânt cheie (cum ar fi „bioremediation").

Microorganismele au fost aplicate cu succes şi pentru **îndepărtarea scurgerilor de petrol de la Exxon Waldez**. Unele specii de microorganisme pot **utiliza petrolul ca sursă de hrană** şi multe dintre acestea **produc compuşi tensioactivi de suprafată, care pot emulsiona petrolul în apă şi pot facilita astfel îndepărtarea petrolului.** Spre deosebire de surfactantii chimici, **emulsificatorul microbian este netoxic şi biodegradabil.**

S-au utilizat **„fertilizatori"** pentru a mări viteza de creştere a populaţiei de bacterii indigene care pot degrada petrolul.

Utilizarea de microorganisme pentru bioremediere nu este limitată la detoxificarea compuşilor organici.

În multe cazuri pot fi utilizate microorganisme selectate **pentru a diminua toxicitatea cationilor metalelor grele** (cum ar fi seleniul) prin convertirea lor în forme mai puţin toxice si mai putin solubile. Astfel bioremedierea apei de suprafaţă cu o **contaminare semnificativă de metale grele** poate fi realizată **(**Ball, 2002).

7. EXEMPLE DE APLICARE REUŞITA A BIOREMEDIERII

In Hanahan, o suburbie liniştită a oraşului **Charleston din Carolina de Sud**, în 1975 o scurgere masivă dintr-un depozit militar a deversat aproximativ 5920 m^3 de **kerosen.** Masurile imediate de recuperare şi izolare a scurgerii nu au putut să împiedice anumite patrunderi **in solul nisipos** permeabil care a atins **nivelul apei freatice.** Foarte curând apa din sol a leşiat unele substante toxice precum **benzenul din solul saturat cu combustibil** şi le-a transportat inspre zona rezidentiala. Prin 1985 contaminarea atinsese zona rezidentială care a fost pusă in faţa unor probleme serioase de mediu. **Indepărtarea solului contaminat era neaplicabilă** din punct de vedere tehnic, iar **indepartarea apei subterane contaminate** nu rezolva sursa de contaminare.

Cum ar fi putut fi oprită apa subterană contaminată din scurgerea către zona rezidenţială? O solutie posibilă era tehnologia de bioremediere. Studiile efectuate de U.S. Geological Survey (USGS) au arătat că microorganismele care sunt prezente în mod natural în sol au consumat in mod activ compuşii toxici derivati din combustibil transformându-i in dioxid de carbon lipsit de periculozitate. Mai mult, aceste studii au aratat ca viteza biotransformărilor a putut fi mult mărită prin **adaos de nutrienti**. Prin "stimularea" comunitatii microbiene naturale ca urmare a adaosului de nutrienţi, era teoretic posibil sa crească viteza de biodegradare şi prin urmare protejarea zonei rezidenţiale de viitoarea contaminare.

În 1992 această teorie a fost pusă in practică de către oamenii de ştiinţă. **Au fost introduşi nutrienti** in solurile contaminate prin galerii de infiltrare, apa subterană contaminată a fost scoasă printr-o serie de puţuri de extracţie şi a inceput o activitate riguroasă de monitorizare a nivelelor de contaminare.

Pe la sfârşitul anului 1993 **contaminarea in zona rezidenţială a fost redusă cu 75%.** În imediata apropiere a galeriilor de infiltraţie (sursele de nutrienţi), rezultatele au fost chiar mai bune. Apa subterană care înainte continea mai mult de **5000 ppb toluen** acum avea un nivel nedetectabil. Bioremedierea a functionat! Succesul proiectului de bioremediere de la Hanahan a fost rezultatul multor ani de eforturi intense ale unui mare număr de oameni de ştiintă.

La începutul anilor 1980 se cunoşteau puţine despre ***cum interacţionează deşeurile toxice cu hidrosfera.*** Această lipsă de cunoştinţe a presupus eforturi deosebite pentru remedierea mediului contaminat in cadrul noii legislaţii **„Superfund"** (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act). In faţa acestei probleme Congresul a mandatat pe *U.S. Geological Survey (USGS)* să conducă un program pentru a rezolva această lipsă de cunoştinte. Prin acest program, cunoscut sub denumirea „The Toxic Substances Hydrology Program" au fost investigate sistematic cele mai importante Categorii de Deşeuri pe Situri din Statele Unite. ***Una dintre principalele revelaţii ale acestui program a fost aceea că microorganismele din acviferele de mică adâncime diminuează periculozitatea şi transportul pentru aproape toate tipurile de substante toxice.***

Alte exemple de aplicare reuşita a bioremedierii:

- **Scurgerea de ţitei de la Bemidji, Minnesota.** În 1979 o conductă de transport ţiţei s-a spart şi a poluat acviferul de dedesubt. USGS studiind situl au constatat că substanţele toxice leşiate din ţiţeiul crud au fost degradate rapid de către populatiile microbiene naturale. In mod semnificativ s-a arătat că pata de contaminarea apei subterane şi-a oprit extinderea după numai câtiva ani întrucât viteza de degradare microbiană a egalat (a contrabalansat) viteza de leşiere a contaminantului. Aceasta a fost primul şi cel mai bine documentat exemplu de bioremediere intrinsecă în care procesele microbiene care se desfaşoară în mod natural remediază apa subterană contaminată fără interventia omului.

- **Efluentul de canalizare de la Cape Cod, Massachusetts.** Depozitarea reziduurilor de canalizare în **fose septice** este o practică uzuală în Statele Unite. Studiile sistematice pe o **pată de efluent de canalizare** la Rezervatia Militară din Massachusetts (Otis Air Force Base) au condus la obtinerea pentru prima oară a unor date ale măsurătorilor de laborator şi de teren cu privire la **rapiditatea cu care populaţiile microbiene naturale degradează poluarea cu nitrati (denitrificare) într-un acvifer de mică adâncime.**

- **Solventi clorurati, New Jersey.** Solventii clorurati sunt contaminanti foarte comuni în zona de nord-est **puternic industrializată**. Datorită faptului că procesele lor metabolice sunt foarte adaptabile, **microorganismele pot utiliza compuşii clorurati ca oxidanţi atunci când nu au la dispoziţie alti oxidanti.** Astfel de transformări, care pot duce la remedierea naturală a **contaminării cu solventi a apei subterane**, au fost pe larg documentate de către USGS la Pacatinny Arsenal, New Jersey.

- **Pesticide, Estuarul Golfului San Francisco. C**ontaminarea cu pesticide a râurilor şi a fluviilor este un lucru întâlnit peste tot în Statele Unite. Studiile de laborator şi de teren în Sacramento River şi în San Francisco Bay au arătat efectele proceselor biologice şi nebiologice în degradarea pesticidelor utilizate în mod obişnuit cum ar fi **molinat, thiobencarb, carbofuran şi metilparation.**

- **Chimicale agricole în zona centrală.** Chimicalele agricole afectează din punct de vedere chimic **calitatea apei subterane** în multe state din vestul mijlociu. Studiile din această zonă au evidentiat **traseul fertilizatorilor cu azot şi a pesticidelor în apele subterane şi de suprafată.** Aceste studii au arătat că multi contaminanţi obişnuiti cum ar fi **erbicidul atrazina** sunt degradaţi prin procese biologice (degradare microbiană) şi nebiologice (degradare fotolitică).

- **Contaminare cu gazolină, Galloway New Jersey.** Gazolina este probabil poluantul cel mai obişnuit al apei subterane în Statele Unite. Studiile efectuate pe acest sit au demonstrat **degradarea microbiană rapidă a contaminantilor din gazolină** şi au arătat importanta acestor procese în zona nesaturată **(zona de deasupra pânzei de apă**) în degradarea contaminantilor.

- **Contaminare cu creosot, Pensacola, Florida. Creosotul şi fenolii clorurati** au fost larg utilizaţi pentru tratarea lemnului în Statele Unite. Contaminantii spălaţi şi vehiculati în acvifer prin câteva iazuri au fost transportati în directia Golfului Pensacola. Studiile pe acest sit au demonstrat că microorganismele se pot adapta la conditii de substante chimice extrem de nocive şi că **degradarea microbiană a restrâns migraţia petei de contaminare.** Aceste studii au contribuit la fundamentarea tehnică care a facut posibilă aplicarea bioremedierii la Hanahan.

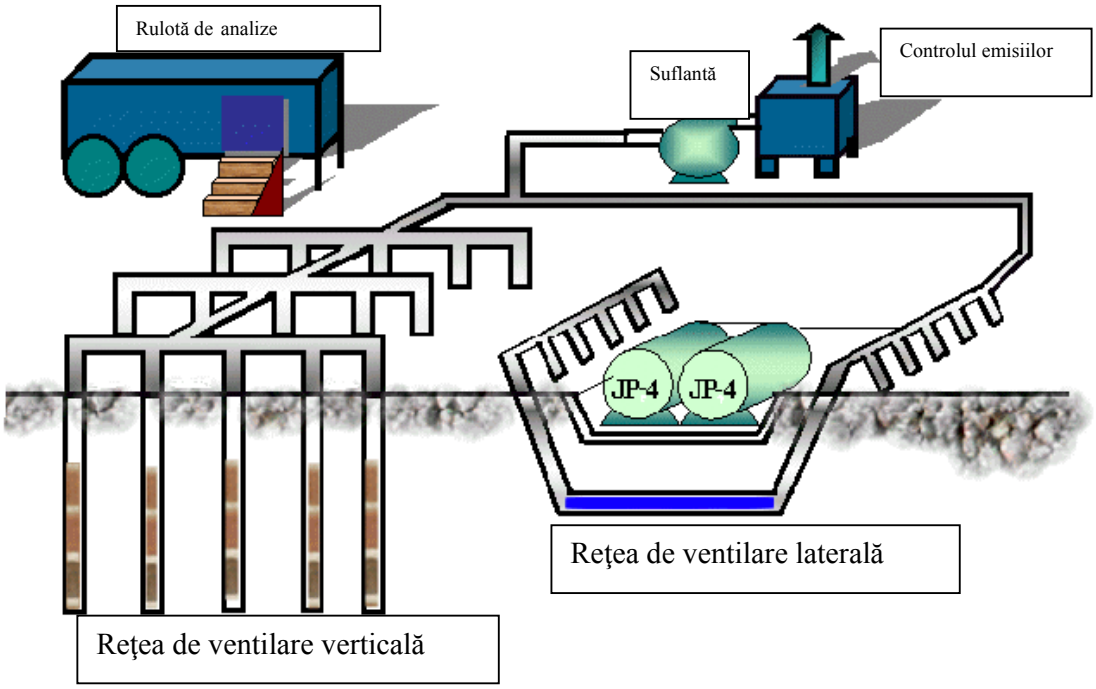
8. TEHNOLOGII DE TRATARE A SOLULUI PRIN BIOREMEDIERE

(După : Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010. Depoluarea solului şi a apelor subterane poluate cu compuşi organici. BRGM, Franţa; IHOBE, Ţara Bascilor. http://www.timisoara-twinning-environment.net/media/dms/File/depollutionROweb.pdf.)

TRATAMENTE BIOLOGICE IN SITU:Bioventilarea, bioaugmentarea, fitoremedierea în sol

BIOVENTILAREA

Se introduce oxigen în solurile contaminate nesaturate printr-o circulaţie forţată a aerului (extracţie sau injecţie cu aer) pentru a spori concentraţia de oxigen şi pentru a stimula biodegradarea.



Bioventilarea (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

- este o tehnologie care **stimulează biodegradarea naturală in situ** a oricărui compus degradabil aerob prin furnizarea de oxigen microorganismelor existente în sol.
- Faţă de **extragerea vaporilor cu aspiraţie**, **bioventilarea foloseşte fluxuri slabe de aer pentru a furniza oxigen suficient doar pentru susţinerea activităţii microbiene. Oxigenul este cel mai adesea aplicat prin injectare directă în poluanţii reziduali din sol.**
  - Pe lângă **degradarea reziduurilor de carburanţi adsorbiţi**,
  - **componenţii volatili sunt biodegradaţi** pe măsură ce vaporii circulă încet prin **solul activ biologic**.

Aplicabilitate. Bioventilarea este o tehnologie pe termen mediu şi lung.

Curăţarea poate dura de la **câteva luni** la **câţiva ani**.

Tehnicile de bioremediere prin bioventilare au fost folosite cu succes pentru remedierea solurilor contaminate cu hidrocarburi petroliere, solvenţi necloruraţi, anumite pesticide, conservanţi ai lemnului şi alţi compuşi chimici organici.

Bioremedierea poate fi folosită pentru a schimba starea de valenţă a substanţelor anorganice şi pentru a cauza

- **adsorbţia, asimilarea, acumularea şi concentrarea substanţelor anorganice în micro sau macro-organisme.**

Aceste **tehnici de bioremediere** sunt promiţătoare din perspectiva

- **stabilizării sau îndepărtării substanţelor anorganice din sol,** pe cand **biodegradarea** nu poate degrada poluanţii anorganici.

Limitări. Printre factorii care pot limita câmpul de aplicare şi eficienţa procedeului de **bioventilare** se numără:

- Masa de apă la câţiva decimetri de suprafaţă, lentilele de sol saturat sau solurile cu permeabilitate scăzută reduc eficienţa bioventilării.
- Vaporii se pot aduna în bazine aflate în raza de influenţă a sondelor de injecţie cu aer. Această problemă poate fi eliminată prin aspirarea aerului de lângă structura.
- Un grad scăzut de umiditate în sol poate limite biodegradarea şi eficienţa bioventilării.
- Este necesară monitorizarea gazelor reziduale la suprafaţa solului.
- **Biodegradarea aerobă** a anumitor **compuşi cloruraţi** nu poate fi eficientă decât **dacă există un co-metabolit sau un ciclu aerob**.
- Temperaturile scăzute pot încetini remedierea, deşi s-au realizat remedieri de succes şi în medii extrem de reci.

Condiţionări. O bioventilare de succes se bazează pe îndeplinirea a **2 criterii de bază**.

- În primul rând, **aerul** trebuie să pătrundă în sol în cantitate suficientă pentru a menţine condiţiile aerobe; iar
- în al doilea rând, **microorganismele** care degradează natural hidrocarburile trebuie să fie prezente în concentraţii suficient de mari pentru a atinge procentele de biodegradare adecvate.
- **Testele iniţiale** au drept scop atât determinarea permeabilităţii solului, cât şi procentele de respiraţie in situ.
- **Granulaţia solului şi umiditatea** acestuia au o influenţă importantă asupra **permeabilităţii gazelor din sol**. Cea mai mare restricţie în ceea ce priveşte permeabilitatea aerului este reprezentată de o **umiditate excesivă a solului**. **Combinaţia de pânze acvatice ridicate, umiditate înaltă şi soluri cu granulaţie mică au împiedicat realizarea cu succes a bioventilării în anumite locaţii.**
- Printre proprietăţile solului care au impact asupra activităţii microbiene sunt **pH-ul, umiditatea şi nutrienţii de bază (azot şi fosfor) şi temperatura**.
- S-a calculat că **pH-ul optim din sol** pentru activitatea microbiană se încadrează între **6 şi 8.**
- Umiditatea optimă se stabileşte pentru fiecare sol în parte.
- Prea multă umiditate poate reduce permeabilitatea aerului şi descreşte capacitatea de transferare a oxigenului.
- O umiditate prea scăzută va împiedica activitatea microbiană.
- Mai multe teste de bioventilare au indicat rate de biodegradare cu niveluri ale umidităţii între 2% şi 5% în funcţie de greutate. Şi totuşi, în climate extrem de aride, este posibilă **creşterea ratei de biodegradare prin irigaţii sau umezirea prin aer injectat.**
- Poluanţii se degradează **mai repede prin bioventilare în timpul verii,** dar remedierea se poate produce şi la temperaturi de 0° C.
- **Ratele de biodegradare ale hidrocarburilor** se estimează întotdeauna pe baza **procentelor de utilizare a oxigenului**, presupunând că **pierderea de oxigen se datorează mineralizării hidrocarburilor cu ajutorul microbilor.**
- **Oxigenul, ca acceptor final de electroni,** foloseşte nu numai
  - **la degradarea materiilor organice**, dar şi **la oxidarea compuşilor anorganici reduşi** de microorganisme care produc energie prin oxidarea chimică.
- Se pot face şi **teste de respiraţie in situ.**
- **Măsurarea utilizării oxigenului** într-o zonă martor învecinată necontaminată foloseşte la stabilirea reacţiilor anorganice de oxidare. Atunci când se foloseşte împreună cu alţi indicatori de creştere a activităţii microbiene sau biodegradare, testele de respiraţie pot furniza cel puţin una din direcţiile convergente în dovezile separate legate de biodegradarea documentată calitativ.

Date de performanţă. Bioventilarea a devenit o tehnologie comună, majoritatea componentelor tehnice fiind deja disponibile. Bioventilarea primeşte multă atenţie legată de remediere din partea comunităţii de consultanţi, mai ales în ceea ce priveşte folosirea acestei tehnologii **împreună cu aspiraţia vaporilor din sol (SVE).** Ca şi în cazul tuturor tehnologiilor biologice, timpul necesar remedierii unui sit prin bioventilare depinde în mare măsură de caracteristicile solului şi proprietăţile chimice ale mediului contaminat.

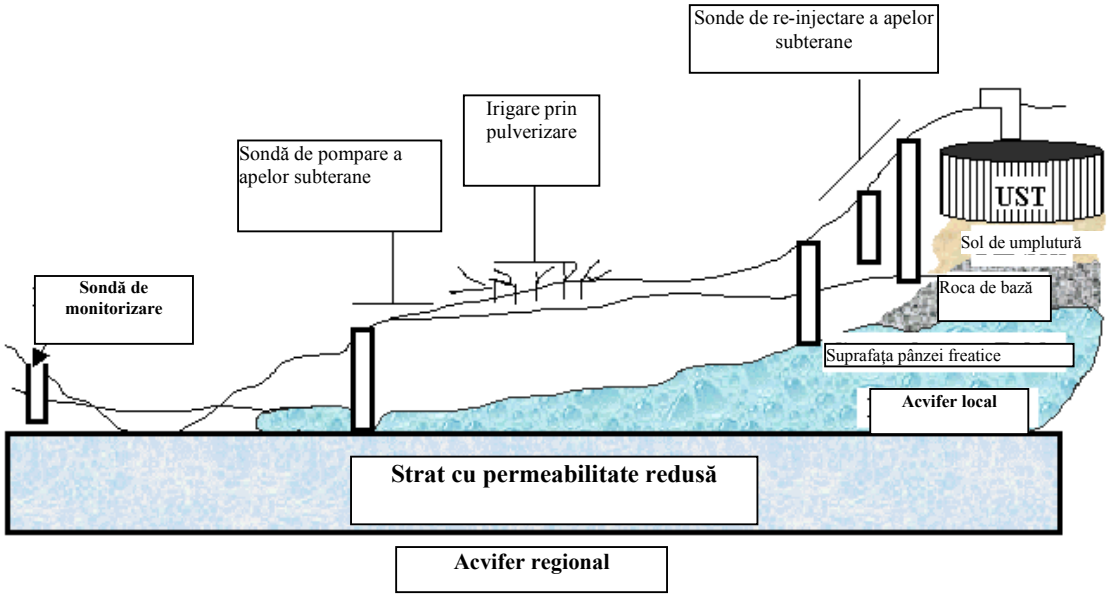
Costuri. Principalele elemente de cost sunt următoarele:

- Aria de suprafaţă; contează numărul de **puţuri de injecţie/extracţie instalate**. Numărul de puţuri (şi costurile aferente) cresc proporţional cu suprafaţa.
- **Tipul de sol**; tipurile de sol cu conţinut de nisip şi pietriş reduc costurile datorită numărului mai mic de puţuri de injecţie / extracţie care trebuie instalate.

Preţuri indicative pentru bioventilare se încadrează între **25 - 200 Euro pe metru cub** de sol. Costurile pot fi influenţate de tipul de sol şi de proprietăţile chimice ale acestuia, tipul şi cantitatea de amendamente folosite, tipul şi dimensiunea contaminării.

BIOAUGMENTAREA

Bioaugmentarea este un proces în care **microorganismele locale sau inoculate** (cum ar fi **ciupercile, bacteriile şi alţi microbi**) **degradează (metabolizează) poluanţii organici din sol şi /sau apele subterane şi neutralizează efectul lor nociv**.Activitatea microbilor care apar pe cale naturală **este stimulată de soluţiile apoase** care circulă prin **solurile contaminate** şi care sporesc gradul de **degradare biologică *in situ* a poluanţilor organici sau imobilizarea celor anorganici.** Nutrienţii, oxigenul şi alte amendamente pot fi folosite pentru creşterea bioremedierii şi desorbţiei poluanţilor din materiile subterane (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010).



Bioaugmentarea in proces aerob

În prezenţa unei cantităţi suficiente de oxigen (condiţii aerobe) şi a altor elemente nutritive, microorganismele vor transforma mulţi **poluanţi organici în bioxid de carbon, apă şi mase de celule microbiene**. Bioaugmentarea unui sol implică în mod normal percolarea sau injectarea apelor subterane sau apelor necontaminate amestecate cu nutrienţi şi saturate cu oxigen dizolvat. Uneori **se pot adăuga microorganisme aclimatizate (bio-augmentare**) şi/sau alte surse de oxigen cum ar fi **apa oxigenată**. **Irigarea prin infiltraţii cu pulverizare** se foloseşte regulat la solurile contaminate de mică adâncime, iar **sondele de injecţie** pentru solurile contaminate adânci. Deşi bioremedierea in situ s-a dovedit de succes şi în climat rece, temperaturile scăzute încetinesc procesul de remediere. Se pot folosi la solurile contaminate cu temperatură scăzută straturi calde care acoperă suprafaţa solului pentru a creşte temperatura acestuia şi viteza de degradare.

Bioaugmentarea in proces anaerob

În absenţa oxigenului (condiţii anaerobe), poluanţii organici se vor transforma în **metan, mici cantităţi de bioxid de carbon şi cantităţi infime de hidrogen**. În condiţii de reducere cu sulfaţi, sulfatul se transformă în **sulfură sau sulf elementar**, iar în condiţii de reducere cu nitraţi se produce în final în **hidrogen sulfurat**.

Poluanţii se pot degrada uneori în **produse intermediare sau finale** mai mult sau mai puţin periculoase decât poluantul iniţial. De exemplu, TCE (Tricloretilen) se poate biodegrada anaerob în **clorura de vinil** care este mai persistentă şi mai toxică. Pentru a evita astfel de probleme, majoritatea proiectelor de bioremediere se fac *in situ*. Clorura de vinil se poate degrada mai departe în condiţii aerobe. Bioaugmentarea este o tehnologie pe termen lung care poate dura ani de zile pentru curăţarea unei pene poluante.

Aplicabilitate. Tehnicile de bioremediere au fost folosite cu succes la

- **remedierea solurilor, a nămolurilor ;**
- **remedierea apelor subterane poluate cu hidrocarburi petroliere, solvenţi, conservanţi ai lemnului şi alţi produşi chimici organici.**
- Bioremedierea este eficientă mai ales în **remedierea contaminării reziduale** de nivel scăzut legate de îndepărtarea sursei de poluare.
- **Grupurile de poluanţi care au fost tratate cel mai des sunt PAH, SVOC nehalogenaţi (fără PAH), şi BTEX (Benzen, Toluen, Etilbenzen, Xilen *(volatile organic compounds*).**

Tipurile de sit contaminat tratate cel mai des au fost **poluate prin procese sau prin deşeuri rezultate din conservarea lemnului, rafinarea ţiţeiului şi refolosire**.

- Conservarea lemnului implică folosirea **creozotului** care conţine o concentraţie mare de **PAH şi alte SVOC nehalogenaţi**.
- În mod similar, **rafinarea ţiţeiului şi procesele de refolosire** se bazează în mod frecvent pe BTEX.

Dat fiind că grupurile de poluanţi cel mai des trataţi prin bioremediere sunt SVOC (PAH şi alte SVOC nehalogenaţi), tratarea acestora cu tehnologii bazate pe volatilitate de genul SVE (aspiraţia vaporilor din sol) s-ar putea dovedi dificilă.

Tratarea prin bioremediere

- **nu necesită în mod frecvent tratament termic**,
- **implică puţine elemente rentabile ca şi cost, cum ar fi nutrienţii**, şi
- **nu generează în mod normal reziduuri care cer alte tratamente sau eliminări**. De asemenea, atunci când se face in situ,
- **nu necesită excavarea mediului contaminat**.
- Faţă de alte tehnologii, bioremedierea este **avantajoasă ca preţ** în tratarea SVOC nehalogenaţi.

Deşi bioremedierea **nu poate degrada poluanţii anorganici,** poate în schimb fi folosită pentru a **schimba valenţa substanţelor anorganice şi cauza adsorbţia, imobilizarea în particule de sol, precipitarea, asimilarea, acumularea şi concentrarea de substanţe anorganice în micro- şi macroorganisme**. Aceste tehnici se dovedesc promiţătoare pentru stabilizarea sau îndepărtarea substanţelor anorganice din sol.

Limitări. Printre factorii care împiedică aplicabilitatea şi eficienţa procesului se numără:

- Obiectivele legate de curăţare nu pot fi atinse dacă masa de bază a solului împiedică contactul poluant – microorganism.
- Circulaţia soluţiilor apoase prin sol poate creşte **mobilitatea poluanţilor** şi poate necesita **tratarea pânzei freatice din subteran**.
- Colonizarea preferenţială cu microbi poate cauza înfundarea nutrienţilor şi a sondelor de injectare a apei.
- Căile preferenţiale de circulare pot reduce mult contactul dintre fluidele injectate şi poluanţi în toată zona contaminată.

- Sistemul nu trebuie folosit pentru argila stratificată puternic sau pentru mediile subterane eterogene din cauza limitelor de transfer ale oxigenului (sau a altui acceptor de electroni).
- Concentraţiile mari de **metale grele, de substanţe organice clorurate puternic, de catene lungi de hidrocarburi sau săruri anorganice pot fi toxice** pentru microorganisme.
- Bioremedierea încetineşte la temperaturi scăzute.
- Concentraţiile de **apă oxigenată** mai mari de **100-200 ppm** în apele subterane împiedică activitatea microorganismelor.
- Un sistem de tratare a suprafeţei cum ar fi striparea cu aer sau adsorbţia de carbon poate necesita tratarea apei subterane aspirate înainte de re-injectare sau îndepărtare.

Mulţi din factorii de mai sus pot fi controlaţi acordându-se atenţie bunelor practici tehnice.

Durata tratamentului poate fi de 6 luni până la 5 ani şi depinde de factori specifici sitului respectiv.

Condiţionări. Trăsăturile principale ale poluanţilor care trebuie identificate în studiile de fezabilitate pentru **bioaugmentare** sunt

- potenţialul de infiltrare (de exemplu solubilitatea apei şi coeficientul de sorbţia al solului);
- reactivitatea chimică a acestora (de exemplu tendinţa către reacţii nebiologice cum ar fi hidroliza, oxidarea şi polimerizarea); şi, cel mai important,
- gradul acestora de biodegradare.

Caracteristicile solului de stabilit includ

- adâncimea şi zona de întindere a poluării, concentraţia poluanţilor,
- tipul de sol şi proprietăţile acestuia (de exemplu conţinutul de substanţe organice, textura, pH-ul, permeabilitatea, capacitatea de reţinere a apei, conţinutul de umiditate, nivelul de nutrienţi);
- competiţia pentru oxigen (de exemplu potenţialul redox);
- prezenţa sau absenţa substanţelor toxice pentru microorganisme;
- concentraţia de alţi acceptori de electroni, nutrienţi; şi
- capacitatea microorganismelor din sol de a degrada poluanţii.

Testele de fezabilitate se fac pentru a stabili dacă bioaugmentarea este realizabilă în anumite condiţii date şi pentru a stabili cadrul temporal al remedierii şi parametrii acesteia.

Testarea terenului se poate face pentru a se stabili raza de influenţă şi spaţierea sondelor precum şi pentru obţinerea costurilor preliminare anticipate.

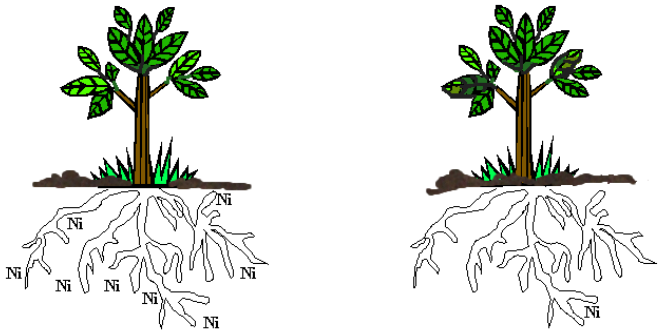
Date de performanţă. Principalul avantaj al unui **proces in situ** este faptul că permite tratarea solului fără excavarea şi transportarea acestuia, ceea ce nu deranjează activităţile desfăşurate pe situl respectiv. Dacă bioaugmentarea poate atinge scopul de curăţare într-un interval de timp compatibil, poate reduce semnificativ costurile fără excavare şi transportare. De asemenea, atât **apele subterane** contaminate cât **şi solul pot fi tratate simultan**, ceea ce reprezintă un alt avantaj din punct de vedere al costurilor. Procedeele in situ necesită în general perioade mai mari de timp, neexistând o certitudine cu privire la uniformizarea tratamentelor din cauza variabilităţii inerente din sol, caracteristicile acviferului şi dificultăţile legate de procesul de monitorizare. Procedeele de remediere pot dura uneori ani întregi în funcţie mai ales de ratele de degradare ale poluanţilor specifici, de caracteristicile sitului şi de climat. Ar putea fi nevoie de mai puţin de un an pentru curăţarea anumitor poluanţi, în timp ce compuşii cu greutate moleculară mai mare au nevoie de mai mult timp pentru a se degrada.

Există **riscul sporirii mobilităţii poluanţilor şi infiltrarea** acestora în pânza freatică. Bioaugmentarea a fost selectată pentru acţiuni corective şi de urgenţă pe un număr mare de situri contaminate. În general, **hidrocarburile petroliere** pot fi bioremediate imediat la un cost relativ mic prin stimularea microorganismelor locale cu nutrienţi.

Costuri. Preţuri indicative pentru bioaugmentare se încadrează între **25 - 220 Euro pe metru cub** de sol. Costurile pot fi influenţate de tipul de sol şi de proprietăţile chimice ale acestuia, tipul şi cantitatea de amendamente folosite, tipul şi dimensiunea contaminării (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

FITOREMEDIEREA ÎN SOL

Introducere. Fitoremedierea este un procedeu de folosire a plantelor pentru îndepărtarea, transferarea, stabilizarea şi distrugerea poluanţilor din **sol şi sedimente**. Poluanţii pot fi organici sau anorganici.



Descriere. Fitoremedierea este un procedeu de folosire a plantelor pentru îndepărtarea, transferarea, stabilizarea şi distrugerea poluanţilor din sol şi sedimente. Mecanismele fitoremedierii includ biodegradarea avansată a rizosferei, fitoacumularea, fitodegradarea şi fitostabilizarea (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)**.**

Biodegradarea avansată a rizosferei

Biodegradarea avansată a rizosferei are loc în solul care înconjoară rădăcinile plantelor. Substanţele naturale eliberate de rădăcini furnizează microorganismelor nutrienţi, ceea ce măreşte activitatea biologică a acestora. Rădăcinile plantelor afânează pământul şi apoi mor lăsând căi de circulare a apei şi de aerisire. Acest proces tinde să împingă apa către zona de suprafaţă şi să usuce zonele saturate mai joase. Cea mai des folosită floră în proiectele de fitoremediere sunt **plopii,** deoarece aceşti arbori cresc repede şi pot supravieţui în multe tipuri de climat. În plus, plopii pot trage cantităţi mari de apă (faţă de alte specii de plante) la trecerea acesteia prin sol sau direct din acvifer. Acest lucru înseamnă absorbirea unei cantităţi mari de poluanţi dizolvaţi din mediile contaminate şi reducerea cantităţii de poluanţi împrăştiaţi prin sau în afara solului sau acviferului.

Fitoacumularea reprezintă asimilarea poluanţilor de către rădăcinile plantelor şi mutarea / acumularea (fitoextracţia) acestora în trunchi şi frunze.

Fitodegradarea este metabolismul poluanţilor în ţesuturile plantelor. Plantele produc enzime precum **dehalogenaza şi oxigenaza** care ajută la catalizarea degradării.
Investigaţiile vor determina dacă compuşii aromatici şi cei cloruraţi răspund la fitodegradare.

Fitostabilizarea este un fenomen de producere de către plantă a compuşilor chimici care servesc imobilizării poluanţilor la contactul rădăcinilor cu solul.

Aplicabilitate. Fitoremedierea se poate aplica pentru **remedierea metalelor, pesticidelor, solvenţilor, ţiţeiului brut, PAH şi apelor de infiltraţie din gropile de gunoi.**

Unele specii de plante au capacitatea de a **stoca metale în rădăcinile lor**. Aceste plante pot fi **transplantate pe siturile contaminate** pentru a filtra metalele din apele reziduale. În momentul în care rădăcinile se încarcă cu poluanţi de metal, aceste plante pot fi scoase. Plantele care acumulează cantităţi mari pot îndepărta sau stoca cantităţi semnificative de poluanţi metalici.

În prezent, **arborii** sunt testaţi pentru a se determina capacitatea acestora de **îndepărtare a poluanţilor organici din apa subterană**, **de translocare şi transpiraţie şi posibila metabolizare** a acestora in CO_2 sau ţesuturi vegetale.

Limitări. Fitoremedierea solului poate fi limitată de:

- Adâncimea zonei de tratare este determinată de plantele folosite în fitoremediere. În majoritatea cazurilor, acest procedeu poate fi folosit pe solurile de mică adâncime.
- Concentraţiile mari de substanţe periculoase pot fi toxice pentru plante.
- Comportă aceleaşi limite de transfer în masă ca alte biotratamente.
- Uneori se poate face doar în anumite sezoane, în funcţie de locaţii.
- Poate transfera poluanţii între medii, cum ar fi de exemplu din sol în aer.

- Nu este eficient pentru poluanţii puternic absorbiţi (cum ar fi PCB bifenili policlorurati) şi cei absorbiţi slab.
- Toxicitatea şi biodisponibilitatea produşilor de degradare nu sunt întotdeauna cunoscute.
- Produşii pot fi mobilizaţi în apele subterane sau bioacumulaţi în animale.

Condiţionări. Este nevoie de informaţii detaliate pentru a determina tipurile de sol folosit în proiectele de fitoremediere. Debitul, concentraţiile care reduc oxigenul, creşterea rădăcinilor şi structura acestora afectează creşterea plantelor şi trebuie luate în considerare la implementarea fitoremedierii.

Date de performanţă. Se fac în prezent mai multe demonstraţii cu fitoremedierea (de exemplu s-au plantat specii de **stejar** în mijlocul unei pene poluante cu TCE pentru a se evalua transpiraţia TCE şi ratele de transformare ale TCE). Ratele de evaporare-transpiraţie au fost măsurate în egală măsură. Acesta este un test pe termen lung cu privire la capacitatea arborilor de controlare a circulaţiei apelor subterane.

Costuri. Elemente importante ale costurilor

- Gradul de efort; zona contaminată influenţează cel mai mult costurile.
- Densitatea eşantionării; element de cost esenţial pentru stabilirea costurilor legate de mostre; poate fi direcţionată prin cerinţe reglementare.

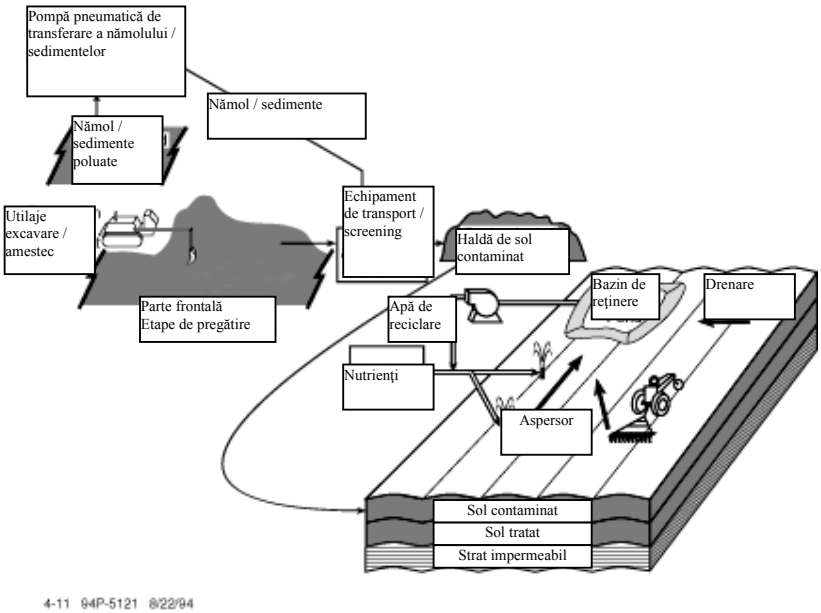
Fitoremedierea este un proces de remediere pe termen lung. Costurile sunt cauzate în principal de procurarea plantelor, investiţii legate de arbori cu costuri de testare şi eşantionare ulterioare. Costurile pot varia de la **10 Euro pentru un sit uşor contaminat până la 150 Euro pentru un sit dificil, pe metrul cub tratat** (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010).

TRATAMENTE BIOLOGICE EX SITU ALE SOLURILOR POLUATE: Biopile, Composting, Cultivarea pământului

(după Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

BIOPILE

Solurile excavate sunt amestecate cu amendamente şi plasate în incinte la suprafaţă. Este un proces de composting cu movile statice aerisite în care compostul este ridicat în grămezi şi aerisit cu suflante sau pompe de vid.



Descriere. Tratamentul biopile este o tehnologie la scară largă prin care **solurile excavate sunt amestecate cu amendamente şi plasate în zone de tratare care includ sisteme de colectare a apelor de infiltraţie şi unele forme de aerisire**. Este folosită pentru reducerea concentraţiilor de **componenţi petrolieri** din solurile excavate cu ajutorul biodegradării. Umiditatea, căldura, nutrienţii, oxigenul şi pH-ul pot fi controlate pentru stimularea biodegradării.

Zona de tratament va fi în general acoperită sau păstrată cu un liner impermeabil pentru a reduce la minim riscurile de scurgere a poluanţilor pe solul necontaminat. Sistemul de în sine poate fi tratat într-un bioreactor înainte de reciclare. Furnizorii au dezvoltat nutrienţi brevetaţi şi formule aditive, precum şi metode de încorporare a formulelor în sol pentru a stimula biodegradarea. Formulele sunt de obicei modificate de la sol la sol.

Movilele şi grămezile de sol au prevăzut de obicei un sistem de distribuire a aerului îngropat în subteran pentru a permite trecerea aerului prin sol ori prin vid, ori prin presiune pozitivă. Movilele de sol pot avea în acest caz o înălţime maximă de 2-3 metri. Aceste movile pot fi acoperite cu plastic pentru a controla împrăştierea, evaporarea şi volatilizarea şi pentru a stimula încălzirea solară. În cazul în care în sol există VOC care se va evapora în aer, aerul care este emanat de sol poate fi tratat pentru a îndepărta sau distruge VOC înainte de intrarea în atmosferă.

Biopile este o **tehnologie pe termen scurt** care poate dura de la câteva săptămâni la câteva luni. Opţiunile de tratare includ procese statice cum ar fi prepararea straturilor de tratare, a celulelor de biotratament, a movilelor de pământ şi composting-ul.

Aplicabilitate. Tratarea de tip biopile a fost aplicată pentru VOC nehalogenaţi, hidrocarburilor din carburanţi, VOC halogenaţi, SVOC, pesticidele pot fi de asemenea tratate, dar eficienţa procesului va varia şi poate fi aplicabil doar la câţiva compuşi din cadrul acestor grupuri de poluanţi.

Limitări. Printre factorii care pot limita aplicabilitatea şi eficienţa procesului se numără:

- Este necesară excavarea solurilor contaminate.
- Testarea gradului de tratare trebuie efectuată în vederea determinării biodegrabilităţii poluanţilor, oxigenarea adecvată şi ratele de încărcare a nutrienţilor.
- Procesele în fază solidă au o eficienţă probabilă asupra componenţilor halogenaţi şi s-ar putea dovedi ineficiente în degradarea produşilor din transformarea explozivilor.
- Grămezile de dimensiuni similare necesită mai mult timp pentru a fi curăţate decât procesele în faza de nămol.
- Procedeele de tratare statică pot rezulta într-un tratament mai puţin uniform decât procesele care implică amestecare periodică.

Condiţionări. Primii paşi în pregătirea unui proiect bine argumentat pentru biotratarea solurilor contaminate includ:

- Caracteristicile sitului.
- Mostre de sol şi caracteristici.
- Caracteristicile poluanţilor.
- Studii de laborator şi/sau de tratare pe teren.
- Teste pilot şi/sau demonstraţii pe teren.

Caracteristicile sitului, solului şi poluanţilor servesc la:

- Identificarea şi cuantificarea poluanţilor.
- Determinarea necesarului de amendamente organice şi anorganice.
- Identificarea posibilelor probleme legate de securitate.
- Determinarea necesităţilor privind excavarea, eşafodarea şi mutarea solului contaminat.
- Determinarea disponibilităţii şi locaţiei utilităţilor (electricitate şi apă).

Studiile de laborator sau studiile de fezabilitate pe teren sunt necesare pentru identificarea:

- Amestecurilor de amendament care promovează cel mai bine activitatea microbiană.
- Posibilii produşi toxici derivaţi din degradare.
- Reducerea procentuală şi limita scăzută a concentraţiei de poluanţi care poate fi realizată.
- Rata posibilă de degradare.

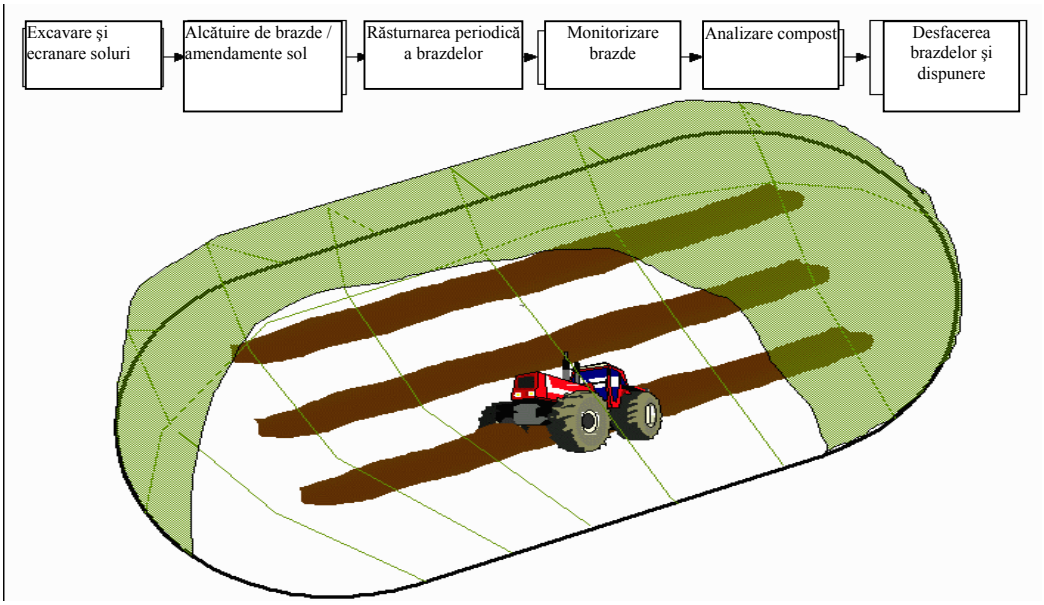
Date de performanţă

Tratarea de tip biopile a fost demonstrată pe mai multe **situri poluate cu carburanţi**.

Costuri. Costurile depind de poluanţi, de procedura care se va aplica, nevoie de tratament suplimentar sau post-tratament şi necesitatea echipamentului de controlare a aerului. Biopilele sunt destul de simple şi necesită puţin personal pentru întreţinere şi manevrare. Costurile indicative tipice cu un strat şi un liner pregătit se încadrează între **35 Euro şi 100 Euro pe metru cub** (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010).

COMPOSTING

Solul contaminat este excavat şi amestecat cu materiale de umplutură şi amendamente organice cum ar fi resturile de lemn, fân, îngrăşăminte naturale şi deşeuri de plante (de exemplu cartofi). Selectarea amendamentelor potrivite asigură porozitatea suficientă şi oferă un echilibru între carbon şi azot pentru a promova activitatea microbiană termofilă.



Descriere

Composting-ul este un proces biologic controlat prin care poluanţii organici (de exemplu PAH) sunt transformaţi de microorganisme (în condiţii aerobe şi anaerobe) în produşi derivaţi inofensivi, stabilizaţi. În mod normal, condiţiile termoelectrice (54 la 65 °C) trebuie menţinute pentru a îngrăşa corespunzător solul contaminat cu poluanţi organici periculoşi. Temperaturile ridicate rezultă din căldura produsă de microorganisme în timpul degradării materiilor organice din deşeuri. În majoritatea cazurilor, acest lucru se realizează pin folosirea microorganismelor locale. Solurile sunt excavate şi amestecate cu materiale de umplutură şi amendamente organice cum ar fi talaşul, deşeuri animale şi vegetale, în vederea creşterii porozităţii amestecului care va fi descompus. Eficienţa maximă la degradare se realizează prin menţinerea oxigenării (cum ar fi întoarcerea zilnică a brazdelor), a irigaţiilor dacă este cazul, şi monitorizarea atentă a umidităţii din sol şi a temperaturii (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010).

Există 3 tipuri de procese folosite în composting: îngrăşarea movilelor statice aerisite (compostul se ridică în grămezi şi de aeriseşte cu suflante sau pompe de aspiraţie), prin composting

în vase agitate mecanic (compostul este plasat în vasul reactorului unde este amestecat şi aerisit), şi composting-ul pe brazde (compostul este plasat în movile lungi cunoscute sub numele de brazde şi care sunt amestecate periodic cu echipamente mobile). Îngrăşarea pe brazde este considerată de obicei drept cea mai rentabilă opţiune de composting din punctul de vedere al costului. În acelaşi timp, poate prezenta şi cele mia mari erupţii trecătoare. Dacă în sol sunt prezenţi VOC sau SVOC, ar putea fi necesară controlarea gazelor reziduale.

Aplicabilitate. Procesul de composting se poate aplica la solurile poluate cu compuşi organici biodegradabili. Composting-ul aerob, termofil se poate folosi la solurile contaminate cu PAH. Orice material sau echipament folosit în composting este disponibil pe piaţă.

Limitări. Printre factorii care pot limita aplicabilitatea şi eficienţa procesului se numără:

- Este necesar un spaţiu mare.
- Este necesară excavarea solurilor contaminate care poate cauza emisii necontrolate de VOC.
- Composting-ul duce la o creştere în volum a materialului din cauza adăugării de amendamente.
- Deşi nivelurile de metal pot fi reduse prin diluare, metalele grele nu pot fi tratate prin această metodă. Concentraţiile mari de metale grele pot fi toxice pentru microorganisme.

Condiţionări. Printre datele specifice necesare pentru evaluarea procesului de composting se numără concentraţia poluanţilor, necesităţile de excavare, disponibilitatea şi costul amendamentelor necesare pentru amestecul de compost, spaţiul necesar pentru tratament, tipul de sol şi reacţia poluanţilor la composting.

Date de performanţă. Composting-ul pe brazde a fost demonstrat ca o tehnologie eficientă pentru tratarea solurilor contaminate cu substanţe explozive. Necesarul de echipamente simple combinat cu aceste rezultate de performanţă fac din această tehnologie o poţiune atractivă din punct de vedere economic şi tehnic.

Costuri. Costurile pot varia în funcţie de cantitatea de sol care trebuie tratată, partea de sol din compost, disponibilitatea amendamentelor, tipul de poluant şi tipul de proiect de proces folosit. Această evaluare vizează costurile de îngrăşare a solurilor contaminate cu ajutorul brazdelor. Costul furnizării unei baze de tratare cu colectarea apelor de infiltraţie poluate sunt incluse.

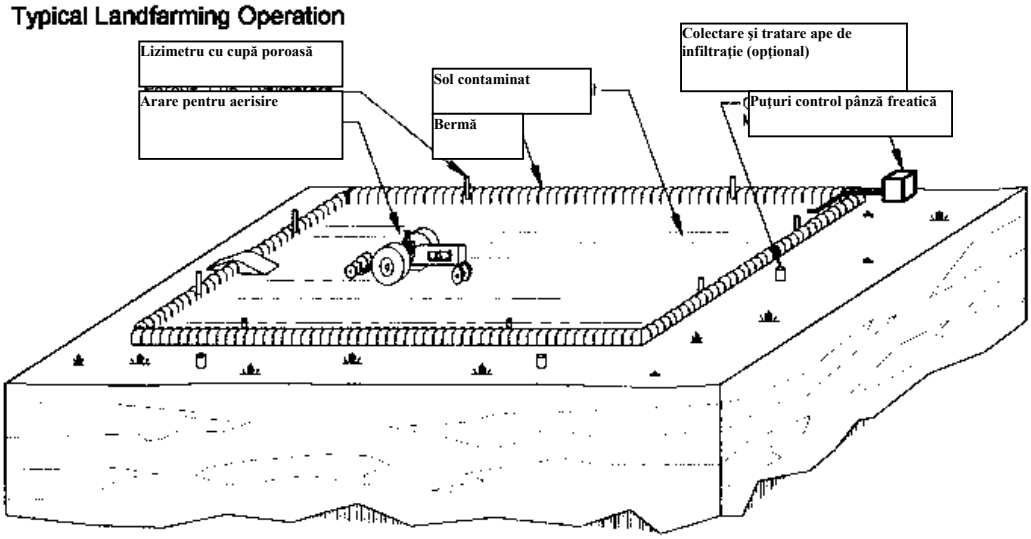
Elementele principale de cost sunt:

- Tipul poluantului este elementul cheie în determinarea costurilor de composting.
- Tipul de sol / conţinutul organic total (TOC); solurile cu densitate mai mare (în general, nisipurile de granulaţie mică şi pietrişul) costă mai puţin la composting, în timp ce solurile cu TOC mai ridicat ar necesita mai multe cheltuieli. Densitatea influenţează masa solului de tratat, iar procentajul de TOC indică nivelul de contaminare.

Costurile depind de poluanţi, de procedura care se va aplica, nevoie de tratament suplimentar sau post-tratament şi necesitatea echipamentului de controlare a aerului. Biopilele sunt destul de simple şi necesită puţin personal pentru întreţinere şi manevrare. Costurile indicative tipice cu un strat şi un liner pregătit se încadrează între **35 Euro şi 100 Euro pe metru cub** (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)**.**

CULTIVAREA PĂMÂNTULUI

Solul contaminat, sedimentele sau mâlul se excavează, se aplică în straturi aliniate care se întorc periodic sau sunt arate pentru aerisirea solului.



Descriere. Cultivarea terenului este o tehnologie de bioremediere folosită la scară largă care implică de obicei instalarea de conducte şi alte metode pentru controlarea scurgerii poluanţilor, ceea ce necesită **excavarea solurilor contaminate**. Mediile poluate se aşează în straturi aliniate care se întorc periodic sau care se ară pentru aerisirea solului.

Condiţiile solului sunt deseori controlate pentru a se optimiza rata de degradare a poluanţilor. Condiţiile controlate în mod normal includ:

- Conţinutul de umiditate (de obicei prin irigaţie sau pulverizare).
- Aerisire (prin arături la intervale determinate, solul fiind amestecat şi aerisit).
- pH (limitat în jurul pH-ul neutru prin adăugarea de piatră de var spartă sau agrocalcar).
- Alte amendamente (cum ar fi materiale de umplutură pentru sol, nutrienţi, etc).

Mediile poluate se tratează de obicei în ridicături de până la 0,50m grosime. La atingerea nivelului dorit de tratare, ridicătura este îndepărtată şi se construieşte o alta. Este recomandată îndepărtarea doar a vârfului ridicăturii remediate şi adăugarea noii ridicături prin adăugarea de mai mult material contaminat la materialul rămas şi amestecarea acestora. Acest fapt duce la imunizarea noului material adăugat cu o cultură microbiană care degradează activ şi poate reduce timpii de tratare. Tratarea terenurilor este o tehnologie de bioremediere folosită la scară largă prin care solurile contaminate sunt întoarse (prin arare de exemplu) şi lăsate să interacţioneze cu solul şi climatul de la situl respectiv. Solul, climatul şi activitatea biologică interacţionează dinamic ca un sistem unitar, degradând, transformând şi imobilizând constituenţii de poluare.

Un sit de tratare a terenului trebuie administrat competent pentru a preveni problemele atât pe sit cât şi în afara acestuia legate de apele subterane, apele de suprafaţă sau poluarea aerului. Se cer măsuri suplimentare de precauţie legate de monitorizare şi mediu.

Cultivarea pământului este o tehnologie pe termen mediu şi lung (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

Aplicabilitate. Cultivarea ex situ a pământului a fost testată cu succes în **tratarea hidrocarburilor petroliere.** Dat fiind că hidrocarburile mai uşoare şi mai volatile cum ar fi **benzina** sunt tratate cu succes prin procese care se bazează pe volatilizare (cum ar fi **aspiraţia vaporilor din sol**), folosirea tehnologiei de remediere în discuţie se limitează de obicei la hidrocarburi mai grele. Ca o formulă aproximativă, cu cât greutatea moleculară este mai mare (PAH), cu atât este mai mică rata de degradare, iar cu cât un compus este mai clorurat şi mai nitrat, cu atât mai dificil este de degradat. **Poluanţii trataţi** cu succes prin cultivarea pământului sunt **motorina, combustibili lichizi grei, mâl uleios, deşeuri rezultate din conservarea lemnului (PCP şi creozot), resturi de cocs şi unele pesticide.**

Limitări. Printre factorii care pot limita aplicabilitatea şi eficienţa procesului se numără:

- Este nevoie de un spaţiu larg.
- Condiţiile care influenţează biodegradarea poluanţilor (temperatura, căderea ploilor) nu pot fi controlate, ceea ce prelungeşte durata de finalizare a remedierii.
- Poluanţii anorganici nu vor fi degradaţi.
- Poluanţii volatili, de exemplu solvenţii, trebuie trataţi în prealabil deoarece s-ar putea evapora în atmosferă şi produce poluare.
- Controlarea prafului trebuie luată în considerare, mai ales în timpul arăturilor şi a altor operaţiuni de manevrare a materialelor.
- Instalaţiile de monitorizare a scurgerilor trebuie ridicate şi controlate.
- Topografia, eroziunea, climatul, stratigrafia solului şi permeabilitatea acestuia pe sit trebuie evaluate pentru a se stabili proiectarea optimă a instalaţiei.

Condiţionări. Trebuie analizate în prealabil următoarele aspecte legate de poluanţi: tipurile şi concentraţiile acestora, profilul de adâncime şi repartizare, prezenţa poluanţilor toxici, prezenţa VOC şi cea a poluanţilor anorganici cum ar fi metalele. Trebuie analizare înainte de implementare următoarele caracteristici ale sitului şi solului: trăsături geologice de suprafaţă (topografia şi stratul vegetal), caracteristicile geologice şi hidrogeologice din subteran, temperatura, precipitaţiile, viteza şi direcţia vânturilor, disponibilitatea apei, tipul şi textura solului, umiditatea acestuia, conţinutul de materii organice din sol, capacitatea de schimbare de cationi, capacitatea de reţinere a apei, conţinutul de nutrienţi, pH-ul, temperatura atmosferică, permeabilitatea şi microorganismele (populaţiile de degradare prezente pe sit).

Date de performanţă. Au fost folosite numeroase operaţiuni la scară largă, mai ales pentru nămoluri produse de industria petrolieră. Ca şi în cazul altor tratamente biologice, cultivarea pământului în condiţii adecvate poate transforma poluanţii în substanţe inofensive. Eficienţa îndepărtării acestora depinde în orice caz de tipul de poluant şi de concentraţiile acestora, de tipul solului, temperatură, umiditate, ratele de încărcare cu reziduuri, frecvenţa de aplicare, aerisire, volatilizare şi alţi factori.

Costuri. Pot fi întâlnite diverse tipuri de costuri: Costul indicativ pentru pregătirea stratului de bază (tratarea şi plasarea ex situ a solului pe un liner pregătit): **30 Euro 30 pe metru cub pentru un sit de dimensiuni mari li 65 Euro pentru unul de dimensiuni mici** (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)**.**

Bibliografie:

Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010. Depoluarea solului şi a apelor subterane poluate cu compuşi organici. BRGM, Franţa; IHOBE, Ţara Bascilor . http://www.timisoara-twinning-environment.net/media/dms/File/depollutionROweb.pdf.

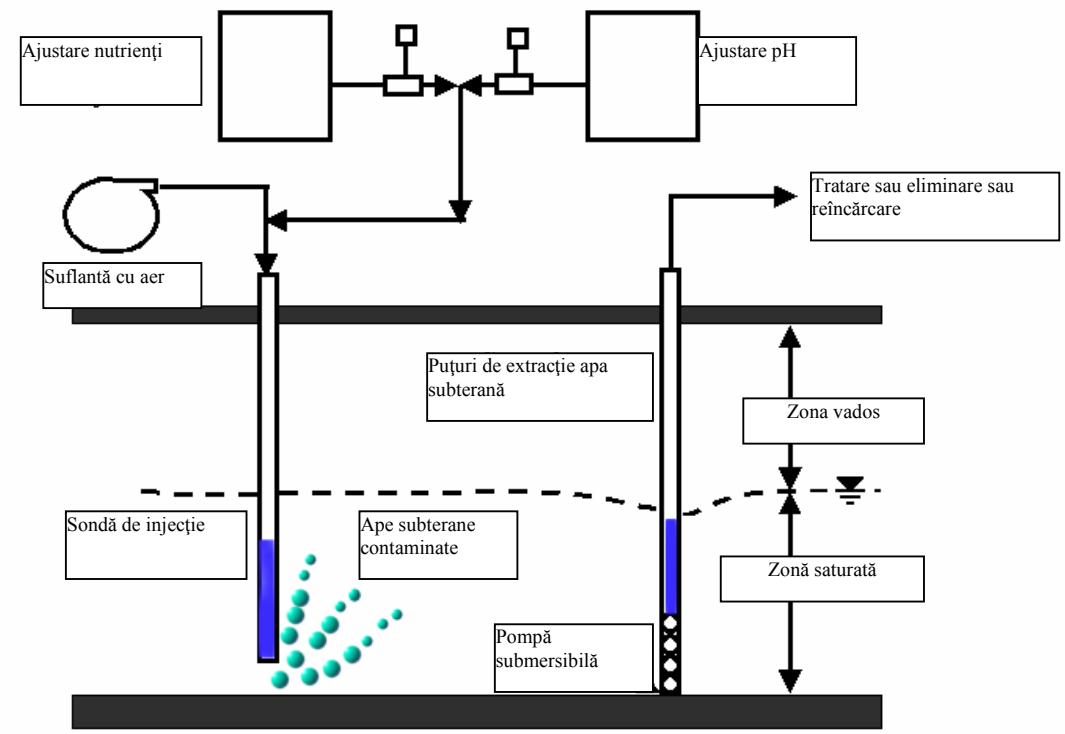
9. BIOTEHNOLOGII DE TRATARE A APELOR SUBTERANE

TRATAMENTE BIOLOGICE IN SITU:
Bioaugmentare, Atenuarea Naturală Controlată, Fitoremedierea

(după: Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

BIOAUGMENTARE

Rata de bioremediere a poluanţilor organici cu ajutorul microbilor este augmentată de creşterea concentraţiei de acceptori de electroni şi de nutrienţii din pânza freatică. Oxigenul este principalul acceptor de electroni pentru bioremedierea aerobă. Nitraţii servesc ca acceptor de electroni opţional în condiţii anoxice.



Bioaugmentarea este un proces în care microorganismele locale sau inoculate (cum ar fi ciupercile, bacteriile şi alţi microbi) degradează (metabolizează) poluanţii organici din sol şi /sau apele subterane.

Bioremedierea este un proces prin care se încearcă accelerarea biodegradării naturale prin furnizarea de nutrienţi, acceptori de electroni şi microorganismele capabile să degradeze care pot de asemenea să limiteze conversia rapidă a poluanţilor organici în produse finale inofensive.

Sporirea oxigenului se poate realiza ori prin barbotarea de aer sub masa de apă sau circularea apei oxigenate (H_2O_2) prin toată pânza freatică din zona contaminată. În condiţii anaerobe, nitraţii circulă prin toată pânza freatică din zona contaminată pentru a stimula bioremedierea. În plus, produsele oxigenate în fază solidă (cum ar fi compuşii care eliberează oxigen) pot fi folosiţi pentru augmentarea oxigenului şi sporirea ratei de biodegradare.

Sporirea oxigenului prin barbotarea cu aer. Barbotarea de aer sub masa de apă creşte concentraţia de oxigen din pânza freatică şi măreşte rata de degradare biologică a poluanţilor organici cu ajutorul microbilor care apar natural. (Striparea VOC augmentată cu barbotarea cu aer). Barbotarea de aer sporeşte de asemenea amestecarea în zona saturată, ceea ce duce la lărgirea contactului dintre pânza freatică şi sol. Lipsa de dificultate şi costurile reduse de instalare a unor puncte de injectare a aerului de diametre mici permite o flexibilitate considerabilă în proiectarea şi montarea unui sistem de remediere. Augmentarea oxigenului prin barbotarea cu aer se foloseşte în mod normal împreună cu SVE sau bioventilarea pentru a stimula îndepărtarea componenţilor volatili vizaţi.

S-a dovedit că în condiţii aerobe combustibilul se degradează rapid, dar succesul tehnologiei este adesea limitat de inabilitatea de a furniza suficient oxigen în zonele poluate ca rezultat al solubilităţii scăzute a oxigenului în apă şi datorită faptului că oxigenul este consumat rapid de microbii aerobi. Un sistem care combină oxigenul / nitraţii poate suplimenta necesarul de oxigen decât să îl înlocuiască, permiţând benzenului să se biodegradeze în condiţii microaerofile.

Aceste tehnologii se pot clasifica în tehnologii pe termen lung care pot necesita câţiva ani pentru curăţarea unei pene poluante.

Aplicabilitate. Poluanţii vizaţi prin procesele de biodegradare augmentată sunt **VOC şi SVOC nehalogenaţi şi combustibilii.** Asupra pesticidelor se va aplica cu limitare. Augmentarea nitraţilor a fost folosită iniţial pentru remedierea apelor subterane poluate cu BTEX.

Limitări. Printre factorii care pot limita aplicabilitatea şi eficienţa procesului se numără:

- Dacă subteranul este eterogen, este dificil să se furnizeze soluţia de nitrat pe fiecare porţiune din zona contaminată. Zonele cu permeabilitate ridicată vor fi curăţate mult mai rapid deoarece debitele apelor subterane sunt mai mari.
- Trebuie creat un sistem de circulare a apelor subterane astfel încât poluanţii să nu scape din zonele de biodegradare activă.
- Dat fiind că barbotarea cu aer sporeşte presiunea în zonele nesaturate, vaporii se pot acumula în bazine care constituie în general zone de presiune scăzută.
- Multe state interzic injectarea de nitraţi în pânza freatică deoarece nitraţii sunt reglementaţi prin normele privind apa potabilă.
- Ar putea fi necesar un sistem de tratare a suprafeţei cum ar fi striparea cu aer sau adsorbţia de carbon, în vederea tratării apelor subterane extrase înainte de re-injectare sau evacuare.

Condiţionări. Trebuie analizate înainte de proiectarea sistemului permeabilitatea acviferului, hidrologia sitului, conţinutul de oxigen dizolvat, pH-ul, şi adâncimea, tipul, concentraţia, condiţiile redox, temperatura, biodegrabilitatea poluanţilor şi prezenţa unei populaţii de microorganisme capabile de biodegradare.

Date de performanţă. Ca şi în cazul altor procese de biodegradare in situ, succesul acestei tehnologii depinde în mare măsură de proprietăţile solului şi biodegrabilitatea poluanţilor.
Această tehnologie foloseşte aceleaşi concepte ca şi bioventilarea, cu excepţia faptului că aerul este injectat sub masa apei subterane pentru a stimula remedierea pânzei freatice.

Costuri. Costurile vor fi influenţate de natura şi adâncimea poluanţilor, de folosirea bioaugmentării şi/sau de surplusul de nitraţi şi de ratele de pompare ale apelor subterane.
Pentru augmentarea oxigenului cu barbotarea de aer, costurile tipice indicative variază între **10 Euro şi 25 Euro pe m3** de sol contaminat tratat.

ATENUAREA NATURALĂ CONTROLATĂ

Procesele naturale de la suprafaţă—cum ar fi diluarea, volatilizarea, biodegradarea, adsorbţia şi reacţiile chimice cu materiile din subteran – pot facilita reducerea concentraţiilor de poluanţi la niveluri acceptabile.

Procesele naturale de la suprafaţă cum ar fi diluarea, volatilizarea, biodegradarea, adsorbţia şi reacţiile chimice cu materiile din subteran – pot facilita reducerea concentraţiilor de poluanţi la niveluri acceptabile. Atenuarea naturală nu este o "tehnologie" în sine şi există destule polemici între experţii tehnici cu privire la folosirea ei pe siturile contaminate. Alegerea acestei opţiuni implică de obicei modelarea şi evaluarea ratelor de degradare ale poluanţilor şi căilor de poluare şi estimarea concentraţiilor de poluanţi la punctele de receptare din amonte, mai ales dacă o pană poluantă încă se extinde / migrează. Obiectivul primar al modelării sitului este demonstrarea faptului că procesele naturale de degradare a poluanţilor vor reduce concentraţiile de poluant sub standardele reglementare sau nivelurile bazate pe risc înainte de terminarea căilor de poluate potenţiale. În plus, monitorizarea pe termen lung trebuie efectuată pe tot parcursul procesului pentru a confirma că degradarea are loc la ratele conforme obiectivelor de curăţare vizate.

Atenuarea naturală nu este sinonimă cu "lipsă de acţiune" deşi este percepută deseori în acest mod. În comparaţie cu alte tehnologii de remediere, atenuarea naturală prezintă următoarele avantaje:

- Generarea sau transferul scăzut de poluanţi pentru remediere;
- Mai puţin deranjantă dat fiind că necesită puţine structuri la suprafaţă;
- Se poate aplica pe tot sau doar pe o parte din situl contaminat, în funcţie de condiţiile sitului şi obiectivele de curăţare;
- Atenuarea naturală poate fi folosită împreună cu sau ca o urmare a altor metode active de remediere;
- Costul total va fi probabil mai mic decât remedierea activă.

Aplicabilitate. Poluanţii vizaţi prin atenuarea naturală sunt VOC şi SVOC şi hidrocarburile petroliere. Combustibilii şi VOC halogenaţi sunt de obicei evaluaţi pentru atenuarea naturală. Pesticidele pot fi în egală măsură atenuate natural, dar procesul se poate dovedi mai puţin eficient şi poate fi aplicat doar unor compuşi din grup. În plus, atenuarea naturală poate fi potrivită pentru unele metale atunci când procesele de atenuare naturală rezultă în schimbarea stării de valenţă a metalului care rezultă în imobilizare (de exemplu cromul).

Limitări. Printre factorii care pot limita aplicabilitatea şi eficienţa procesului se numără:

- Datele folosite ca parametri informaţionali pentru modelare trebuie adunate.
- Produşii intermediari din degradare pot fi mai mobili şi mai toxici decât poluantul iniţial.
- Atenuarea naturală nu este potrivită dacă există riscuri iminente în legătură cu situl respectiv.
- Poluanţii pot migra înainte de a se degrada.
- Pot fi instituite controale instituţionale, iar situl nu poate fi refolosit până ce nivelurile de poluanţi nu sunt reduse.
- Dacă există produşi liberi, vor trebuie îndepărtaţi.
- Unele materii anorganice pot fi imobilizate, cum ar fi mercurul, dar nu pot fi degradate.
- Monitorizare pe termen lung şi costuri aferente.
- Sunt necesare perioade mai mari de timp pentru realizarea remedierii, în comparaţie cu remedierea activă.
- Condiţiile geologice şi hidrochimice compatibile cu atenuarea naturală se pot schimba în timp şi pot duce la o nouă mobilitate a poluanţilor stabilizaţi anterior, având un impact advers asupra eficienţei remedierii;
- Mai multe raze de acţiune pot fi necesare pentru a obţine acceptul publicului în legătură cu atenuarea naturală.

Condiţionări. Mărimea degradării poluanţilor depinde de o serie de parametri cum ar fi tipurile şi concentraţiile de poluanţi, temperatura, umiditatea şi disponibilitatea nutrienţilor / acceptorilor de electroni (oxigenul, nitraţii).

Deşi există mulţi prestatori care efectuează modelarea, testarea şi analizarea mostrelor necesare atenuării naturale, evaluarea acesteia nu este întotdeauna corectă şi cere expertiză în mai multe sectoare tehnice printre care microbiologia / bioremedierea, hidrogeologia şi geochimia. Atunci când sunt disponibile, informaţiile care trebuie obţinute din revizuirea datelor se referă la:

- Datele privind calitatea solului şi apelor subterane:
  - Distribuirea pe 3 dimensiuni a poluanţilor reziduali, liberi şi în faza dizolvată. Distribuirea poluanţilor reziduali şi liberi se va face pentru stabilirea zonei de sursă a penei poluante în fază dizolvată.
  - Date istorice de calitate a apei care indică variaţii ale concentraţilor de poluanţi de-a lungul timpului.
  - Proprietăţile chimice şi fizice ale poluanţilor.
  - Datele geochimice de evaluare a potenţialului de biodegradare a poluanţilor.
- Localizarea receptorilor potenţiali:
  - Puţurile de apă subterană
  - Puncte de descărcare a apei la suprafaţă.

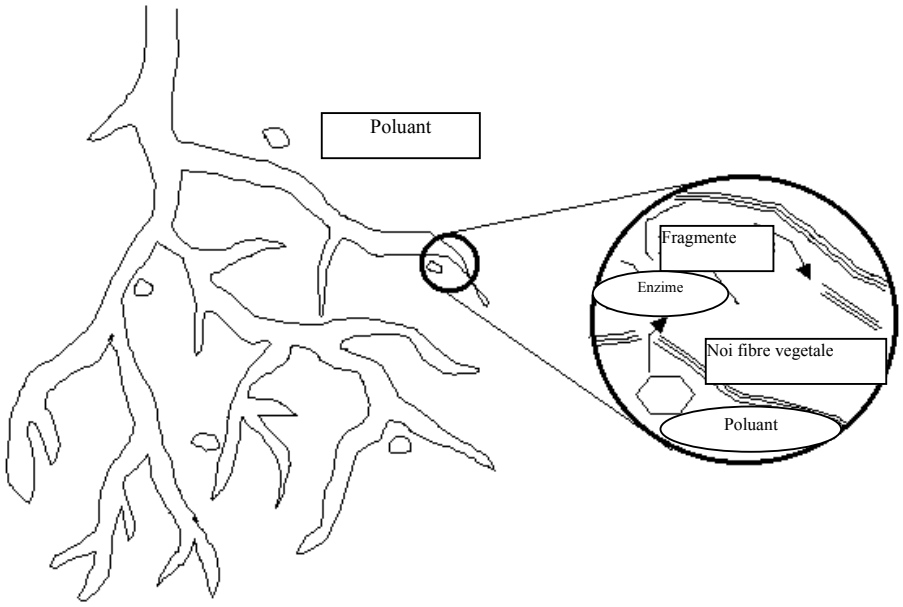
Durata de exploatare şi întreţinere este stabilită pe baza evaluării atenuării naturale şi a cerinţelor reglementare. Se estimează continuarea procesului timp de câţiva ani pânî la atingerea nivelurilor dorite de degradare.

Date de performanţă. Atenuarea naturală a fost aplicată la mai multe situri.

Costuri. Există costurile legate de modelare şi monitorizare. Modelarea stabileşte dacă atenuarea naturală este o variantă de remediere potrivită. Cele mai mari costuri asociate atenuării naturale provin din necesităţile de monitorizare care include două părţi mari – caracterizarea sitului şi monitorizarea performanţei. Caracterizarea sitului determină dimensiunea poluării şi ratele de degradare a poluanţilor. Monitorizarea performanţei urmăreşte migrarea poluanţilor, degradarea şi stadiul de curăţare (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

FITOREMEDIEREA

Fitoremedierea este un set de procese care utilizează plantele pentru a îndepărta, transfera, stabiliza şi distruge poluanţii organici /anorganici din pânza freatică, apele de suprafaţă şi apele de infiltraţie.



Fitoremedierea este un set de procese care folosesc plantele pentru curăţarea poluanţilor din apele subterane şi de suprafaţă (vezi şi Fitoremedierea pentru sol). Plantele pot fi folosite în mai multe moduri pentru fitoremediere, printre care biodegradarea avansată a rizosferei, controlul hidraulic, fitodegradarea şi fitovolatilizarea (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

Biodegradarea avansată la nivelul rizosferei

Biodegradarea avansată a rizosferei are loc în solul care înconjoară rădăcinile plantelor. Substanţele naturale eliberate de rădăcini furnizează microorganismelor nutrienţi, ceea ce măreşte activitatea biologică a acestora. Rădăcinile plantelor afânează pământul şi apoi mor lăsând căi de circulare a apei şi de aerisire. Acest proces tinde să împingă apa către zona de suprafaţă şi să usuce zonele saturate mai joase.

Controlul hidraulic

În funcţie de tipul de arbore, de climat şi sezon, **arborii pot acţiona ca nişte pompe organice** atunci când rădăcinile lor ajung la masa apei şi stabilesc o reţea deasă de rădăcini care absorb o cantitate mare de apă.

Fitodegradarea

Fitodegradarea este **metabolismul poluanţilor** în ţesuturile plantelor. Plantele produc enzime precum **dehalogenaza şi oxigenaza** care ajută la catalizarea degradării. Se fac cercetări pentru a stabili dacă atât compuşii aromatici cât şi cei cloruraţi alifatici răspund la fitodegradare.

Fitovolatilizarea

Fitovolatilizarea se produce la plantele care **absorb apă cu conţinut de poluanţi organici şi eliberează poluanţii în atmosferă prin intermediul frunzelor**. Plantele pot de asemenea să rupă poluanţii organici şi să elibereze produşii rezultaţi în atmosferă.

Aplicabilitate. Fitoremedierea poate fi folosită pentru curăţarea poluanţilor organici din apele de suprafaţă, pânza freatică, apele de infiltraţie şi apele reziduale industriale şi urbane. Plantele mai produc şi enzime cum ar fi dehalogenaza şi oxigenaza care ajută la catalizarea degradării.

Limitări. Fitoremedierea solului poate fi limitată de:

- Se limitează la solurile de mică adâncime, la cursuri de apă şi apele subterane.
- Concentraţiile mari de substanţe periculoase pot fi toxice pentru plante.
- Comportă aceleaşi limite de transfer în masă ca alte biotratamente.
- Condiţiile climatice şi sezoniere pot afecta sau împiedica creşterea plantelor, pot încetini activităţile de remediere sau prelungi durata de timp necesară.
- Poate transfera poluanţii între medii, cum ar fi de exemplu din sol în aer.
- Nu este eficientă pentru poluanţii puternic absorbiţi (cum ar fi PCB) şi cei absorbiţi slab.
- Va necesita probabil o suprafaţă largă de teren pentru remediere.

Nu sunt întotdeauna cunoscute toxicitatea şi biodisponibilitatea de degradare a produşilor. Produşii pot fi mobilizaţi în pânza freatică sau bioacumulaţi în animale. Sunt necesare cercetări mai extinse pentru a determina soarta diverşilor componenţi din ciclul metabolic al plantelor pentru a asigura că deşeurile din plante şi produsele fabricate din plante nu aduc un aport de produse chimice sau toxice în lanţul alimentar sau nu cresc riscul de expunere al publicului larg.

Condiţionări. Este nevoie de informaţii detaliate pentru a determina tipurile de sol folosit în proiectele de fitoremediere. Debitul, concentraţiile care reduc oxigenul, creşterea rădăcinilor şi structura acestora afectează creşterea plantelor şi trebuie luate în considerare la implementarea fitoremedierii.

Date de performanţă. Se folosesc plopi pentru reţinerea unei pene poluante cu TCE din apele subterane. S-a constatat că TCE se degradează în ţesuturile plopilor. Aceşti arbori au pompat o cantitate suficientă de apă pentru a produce un con de depresiune care limitează extinderea penei de TCE.

Costuri. Elemente principale de cost

- Scara activităţilor; zona contaminată afectează costurile în primul rând
- Mărimea arborilor (vârsta) contează la stabilirea costurilor.

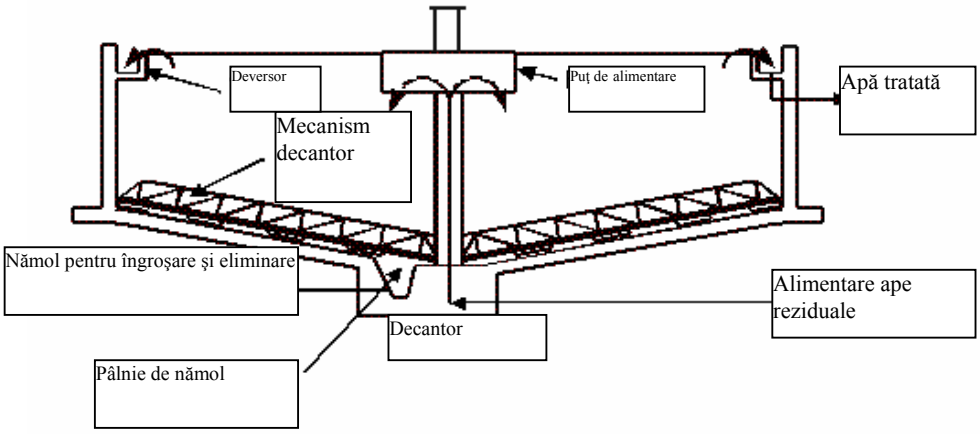
Fitoremedierea este relativ simplă şi necesită mai multă muncă la început. Este o tehnologie de remediere pe termen lung care implică mai mult monitorizare după plantare. Costurile indicative tipice sunt de **5 - 18 Euro/m^2 .**

TRATAMENTE BIOLOGICE A APELOR EX SITU:
Bioreactori, Mlaştini Amenajate

BIOREACTORI

Poluanţii din apa subterană extrasă sunt puşi în contact cu microorganisme în reactori biologici ataşaţi sau suspendaţi. La sistemele suspendate cum ar fi nămolul activat, apa subterană contaminată este circulată printr-un bazin de aerisire. La sistemele fixate cum ar fi contractorii biologici rotativi şi biofiltrele, microorganismele sunt stabilizate pe un suport inert.

Bioreactorii degradează poluanţii din apă cu microorganisme prin sisteme biologice fixare sau suspendate. În sistemele de creştere suspendate precum nămolul activat, straturile fluidizate sau reactorii secvenţial cu sarcini discontinue, apa contaminată este circulată printr-un bazin de aerisire în care o populaţie microbiană degradează aerob materiile organice şi produce CO_2, H_2O, şi celule noi. Celulele formează un mâl care se stabilizează într-un decantor şi se poate recicla către bazinul de aerisire sau evacua. În sistemele fixare de acumulare, cum ar fi bioreactorii cu peliculă fixaţi în amonte, contractorii biologici rotativi sau filtrele percolatoare, microorganismele se stabilesc pe un suport inactiv pentru a degrada aerob poluanţii din apă.



O metodă promiţătoare include folosirea suporturilor active (carbon activ de exemplu care adsoarbe poluantul şi îl eliberează încet către microorganisme pentru degradare). Populaţia de microbi poate rezulta fie din sursa de contaminare sau din inocularea de organisme specifice unui poluant. Alte aplicaţii includ ecosistemele de mlaştini şi reactorii cu coloană. Nutrienţii pot fi uneori adăugaţi la bioreactori pentru a sprijini creşterea microorganismelor (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

Biofiltrul este un alt tratament de aerisire a apelor reziduale poluate şi constă într-un strat de medii foarte permeabile, un distribuitor de apă şi un sistem de drenare subterană. Apele reziduale sunt distribuite deasupra stratului filtrant prin care trece apa reziduală. Poluanţii organici din apă vor fi degradaţi de microorganisme şi ataşate la filtru. Suportul filtrului poate fi din pietre, plastic sau lemn. Stratul filtrant este de obicei rotund, cu o grosime între 0,9 şi 0,5m şi o medie de 1,8m. La trecerea apei uzate prin suportul solid al filtrului, aceasta este aerisită, iar poluanţii organici sunt degradaţi de microorganismele ataşate la suprafaţa suportului. Sistemul de drenare subterană este folosit pentru colectarea apei tratate şi a oricărei biomase detaşate din filtru. Este important şi ca suprafaţă poroasă prin care poate circula aerul.

Durata exploatării şi întreţinerii unei irigaţii prin aspersiune depinde de timpul necesar capturării şi tratării apelor reziduale contaminate; monitorizarea apei tratate; monitorizarea potenţialei acumulări de metale.

Procesul poate demara încet dacă organismele trebuie aclimatizate la reziduuri; existenţa culturilor adaptate anterior la anumiţi poluanţi poate reduce timpul de pornire şi de detenţie.

Aplicabilitate. Bioreactorii sunt folosiţi în primul rând pentru tratarea SVOC, a hidrocarburilor din combustibili şi a oricărei materii organice biodegradabile. Procesul poate fi mai puţin eficient pentru unele pesticide. S-aui realizat proiecte de succes pe compuşii halogenaţi precum PCP şi izomerii de clorobenzen şi diclorobenzen. Bioreactorii cu cometaboliţi se folosesc pentru tratarea PCB, VOC halogenaţi şi SVOC din apele subterane extrase.

Limitări. Printre factorii care pot limita aplicarea şi eficienţa procesului se numără:

- Natura diluării apelor subterane poluate nu va suporta întotdeauna o densitate adecvată a populaţiei microbiene, mai ales la reactorii de creştere suspendaţi. Se poate dovedi necesară adăugarea de nutrienţi.
- Concentraţiile foarte mari de poluanţi pot fi toxice pentru microorganisme şi cer abordări speciale în cadrul proiectului.
- Ar putea fi nevoie de sisteme de controlare a poluării aerului dacă există volatilizare din procesele cu nămol activat.

- Temperaturile ambientale scăzute descresc semnificativ ratele de biodegradare şi rezultă în timpi mai mari de curăţare sau în costuri ridicate de încălzire.
- Microorganismele periculoase pot coloniza bioreactorii şi reduce eficienţa acestora.
- Reziduurile din procesele pe bază de nămol necesită tratare sau evacuare.
- Descărcarea lichidelor tratare poate fi încă în proces de reglementare.

Necesarul de date. Include poluanţii şi concentraţiile acestora, pH-ul, prezenţa compuşilor toxici pentru microorganisme, biodegrabilitatea poluanţilor, BOD_5, COD, solide în suspensie, debit, temperatură şi concentraţiile de nutrienţi.

Date de performanţă. Este o tehnologie bine dezvoltată folosită de zeci de ani în tratarea apelor uzate urbane şi industriale. Cu toate acestea, numai în ultimul deceniu s-au efectuat studii de evaluare a eficienţei bioreactorilor în tratarea pânzei freatice şi apelor de infiltraţie din siturile contaminate. Ca şi în cazul tehnologiilor de pompare şi tratare, timpul necesar pentru curăţare depinde de condiţiile din subteran şi de rata de desorbţie a poluanţilor din materiile subterane.

Elemente principale de cost

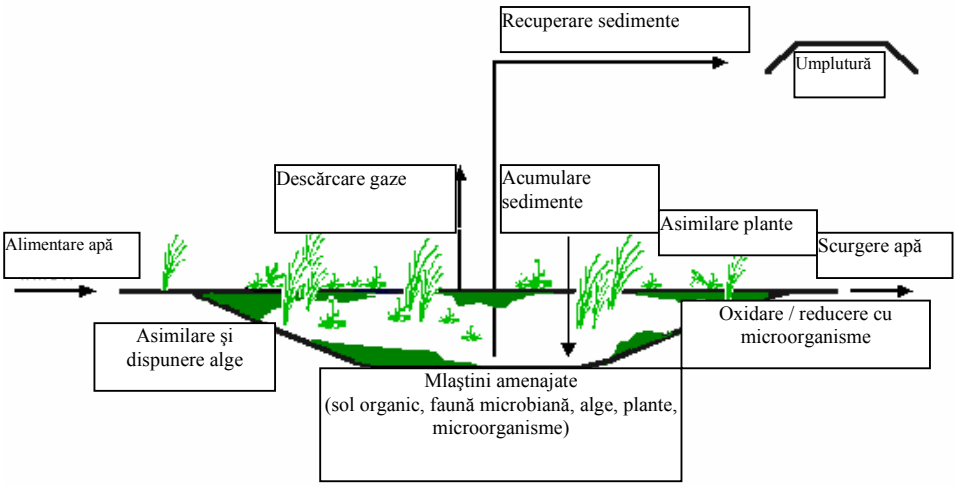
- Consumul chimic de oxigen (COD) necesar este factorul principal de influenţare a costurilor.
- Ajustarea pH-ului; al doilea element de cost este volumul de acid/bază necesar pentru neutralizarea pH-ului din apa reziduală.

Costurile indicative pentru folosirea unui bioreactor variază între **0,50 Euro pentru tratamente uşoare şi 3,50 Euro pentru tratamentele dificile, pe m3 (1000 litri) de apă tratată** (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

MLAŞTINI AMENAJATE

Tehnologia de tratare pe baza mlaştinilor amenajate foloseşte procese geochimice şi biologice inerente într-un ecosistem artificial de mlaştini pentru acumularea şi îndepărtarea metalelor, materiilor explozive şi a altor poluanţi din apele de alimentare. Procesul poate folosi metode de filtrare sau degradare (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010).

Descriere. Deşi tehnologia încorporează componentele principale ale unui ecosistem de mlaştini, incluzând soluri organice, fauna microbiană, alge şi plante vasculare, cea mai importantă pentru remediere este activitatea microbiană.



Apele de alimentare cu concentraţii mai de metale şi pH redus trec prin zone aerobe şi anaerobe din ecosistem. Metalele sunt îndepărtate pin schimbarea e ioni, adsorbţie, absorbţie şi

precipitare cu oxidare şi reducere geochimică şi microbiană. Schimbul de ioni se produce atunci când metalele intră în contact cu substanţe humice sau alte substanţe din mlaştină. Mlaştinile amenajate în acest scop nu conţin întotdeauna sau conţin foarte puţin sol, dar pot avea fân, îngrăşăminte naturale sau compost. Reacţiile de oxidare şi reducere catalizate de bacterii care apar în zonele aerobe şi anaerobe joacă un rol important în precipitarea metalelor cum ar fi hidroxizii şi sulfurile. Metalele precipitate şi adsorbite se stabilizează în bălţi inactive sau care sunt filtrate ca apă percolată prin medii sau plante.

Apele de alimentare poluate se scurg prin şi dedesubtul suprafeţei cu pietriş a mlaştinii. Mlaştina, pe baza plantelor emergente, este un sistem cuplat anaerob – aerob. Celulele anaerobe folosesc plante şi microbi naturali pentru degradarea poluanţilor. Celule aerobe, denumite şi celule percutante, îmbunătăţesc calitatea apei prin expunerea continuă la plante şi deplasarea apei între compartimentele celulelor.

Tratarea prin mlaştini este o tehnologie pe termen lung prevăzută a fi exploatată ani de zile.

Aplicabilitate. Mlaştinile amenajate au fost folosite cel mai des în tratarea apelor reziduale în vederea controlării materiilor organice, nutrienţilor cum ar fi nitrogenul şi fosforul, şi a sedimentelor în suspensie. Procesul este potrivit pentru controlarea metalelor trasoare şi a altor elemente toxice. În plus, tratamentul a fost folosit în **tratarea drenajelor minelor acide datorate activităţilor miniere de extragere a metalelor sau cărbunelui**. Aceste deşeuri conţin în mod normal concentraţii mari de metale şi sunt acide. Procesul poate fi adaptat pentru **tratarea iazurilor de steril neutre şi bazice.**

Limitări. Tehnologia de remediere prin mlaştini trebuie adaptată diferenţelor geologice, de teren, de compoziţia a metalelor trasoare şi de climat.

Printre factorii care pot limita aplicarea şi eficienţa procesului se numără:

- Costul aferent construirii unei mlaştini artificiale diferă considerabil de la proiect la proiect şi poate o reprezenta o soluţia puţin viabilă la multe situri.
- Temperatura şi fluctuaţiile de debit influenţează funcţionarea mlaştinii şi poate duce la rate inconsistente de îndepărtare a poluanţilor.
- Temperatura scăzută încetineşte rata la care mlaştina este capabilă să străpungă poluanţii.
- Un debit mare al apei de alimentare poate suprasolicita mecanismele de îndepărtare din mlaştină, în timp ce lipsa apei poate usca plantele şi limita drastic funcţionalitatea mlaştinii.

Necesarul de date. Dat fiind că procesele de îndepărtare în mlaştină sunt în primul rând microbiene, tehnologia poate fi dezvoltată cu metode tehnice tradiţionale. Studiile de laborator pot indica dacă remedierea este posibilă, iar experimentele de laborator pot stabili proiectul potrivit.

Date de performanţă. Studiile au demonstrat că eficienţa în îndepărtarea metalelor grele poate egala eficienţa de îndepărtare pe baza plantelor de tratare cu precipitare chimică. Iată câteva din rezultatele optime înregistrate de-a lungul anilor:

- pH –ul a crescut de la 2.9 la 6.5.
- Concentraţiile de aluminium, cadmiu, crom, cupru şi zinc dizolvate s-au redus cu 99% sau mai mult.
- Fierul a fost redus cu 99%.
- Plumbul s-a redus cu 94% sau peste.
- Nichelul s-a redus cu 84% sau peste.
- Manganul a fost îndepărtat în mică măsură, între 9-44%.
- Biotoxicitatea asupra crăieţilor şi puricilor de apă s-a redus între 4-20%.

Costuri. Se estimează că amortizarea costurilor capitale de tratare prin mlaştini pe o perioadă de 10 ani duce la un cost indicativ de **0,40/euro pe m^3**; iar în 30 de ani la **0,15 Euro /m^3**. (Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010)

BIBLIOGRAFIE:

1. Valérie Guérin, Pierre Menger, 2010. Depoluarea solului şi a apelor subterane poluate cu compuşi anorganici. Autori:Valérie Guérin, BRGM, Franţa; Pierre Menger, IHOBE, Ţara Bascilor. http://www.timisoara-twinning-environment.net/media/dms/File/depollutionROweb.pdf.

2. Rapoartele ştiinţifice şi tehnice EPA (Agenţia de Protecţie a Mediului): Centrul pentru Informaţii din Cercetarea asupra Mediului (CERI): Agenţia de Protecţie a Mediului SUA, Washington DC.
3. FRTR: Federal Remediation Technologies Roundtable (Masă rotundă pentru tehnologii corective federale): Serviciul Naţional de Informare Tehnică din SUA.
4. Handbook Bodem Sanerings Technieken Nederland (Tehnici corective privind solul din Olanda) ; Senternovem, Haga, Olanda
5. Manual de Tehnologii de Decontaminare a Solului, SDU Uitgevers, Haga, Olanda
6. Proiect de raport a Strategiei Nationale de Administrare a Siturilor Contaminate (Agentia de Protectia Mediului).
7. http://www.mmediu.ro/protectia_mediului/evaluare_impact_planuri/2011-12-05/2011-12-05_evaluare_impact_planuri_strategianatgestsituricontaminate2011.pdf
8. Proiectul " Strategia Naţională pentru Gestionarea Siturilor Contaminate din România" Contract Nr.605/Iunie 2007, finanţat de World Bank ('The World Bank Report')
9. www.epa.gov/. Rapoartele ştiinţifice şi tehnice EPA (Agenţia de Protecţie a Mediului): Centrul pentru Informaţii din Cercetarea asupra Mediului (CERI): Agenţia de Protecţie a Mediului. SUA, Washington DC. www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/smallsystems/pubs/625r04108.pdf
10. www.frtr.gov/publib.htm. Federal Remediation Technologies Roundtable Annual Summary of Activities: August 2011 (EPA-542-F-11-012).
11. www.frtr.gov/publib.htm. Federal Remediation Technologies Roundtable Annual Summary of Activities: August 2010—Highlighting Vapor Intrusion (EPA-530-F-10-001). FRTR: Federal Remediation Technologies Roundtable (Masă rotundă pentru tehnologii corective federale): Serviciul Naţional de Informare Tehnică din SUA.
12. www.timisoara-twinning-environment.net. Ghid privind tehnicile de depoluare a siturilor si solurilor contaminate. Proiect Twining (infratire institutionala) ARPM Timisoara / BRGM – Franta. Proiect PHARE 2006 IB/EN
13. www.timisoara-twinning-environment.org. Proiect de raport a Strategiei Nationale de Administrare a Siturilor Contaminate (Agentia de Protectia Mediului).
14. www.eeg.ro/ Decontaminare sol si ape. Lucrari de reconstructie ecologica. Interventii depoluare.
15. www.eeg.ro/interventii.html. ECO ENGINEERING GROUP. Materiale absorbante.
Ecosorbent® - absorbant natural pentru toată gama de hidrocarburi, pe bază de turbă.

CAPITOLUL 3.

DEPOLUAREA BIOLOGICĂ

Cuprins:
Depoluarea prin biodegradarea substanţelor organice din sol .
Depoluarea prin biodegradare şi mineralizare.
Depoluarea deşeurilor şi reziduurilor.
Epurarea biochimică şi biologică a apelor poluate. Epurarea apelor uzate industriale.

DEPOLUAREA PRIN BIODEGRADAREA SUBSTANŢELOR ORGANICE DIN SOL ÎN CICLUL CARBONULUI

Cuprins:
Biodegradarea glucidelor(descompunerea celulolozei, glucozei, substanţelor pectice, amidonului, chitinei, ligninei etc.). Biodegradarea hidrocarburilor alifatice (metan, etan, propan etc.) şi aromatice (benzen, toluen etc.). Biodegradarea pesticidelor.
Bibliografie:
• DRĂGAN-BULARDA,M., KISS, S., 1986. Microbiologia solului. Univ.Babeş-Bolyai, Cluj-Napoca.
• DRĂGAN-BULARDA, M.,2000.Lucrări practice de Microbiologie generală, Univ.Babeş-Bolyai,
• ELIADE G., GHINEA L., ŞTEFANIC G., 1975. Microbiologia solului. Ed. Ceres Bucuresti
ciclul Carbonului

Carbonul intră în compoziţia tuturor compuşilor organici, iar aceştia ocupă locul cel mai important în compoziţia vieţuitoarelor. Sursa primară a carbonului pentru ansamblul vieţuitoarelor este **CO_2 atmosferic**. Atmosfera conţine în total 2.300 x 10^9 tone de CO_2, reprezentând 0,03% din volumul aerului.

Apa mărilor şi oceanelor conţine 130.000 x 10^9 tone CO_2 aflat sub formă de HCO_3. CO_2 este transformat în carbon organic sub acţiunea organismelor autotrofe. Cantitatea de CO_2 fixată de organismele fotoautotrofe (plante verzi, microorganisme fotoautotrofe), este incomparabil mai mare decât cantitatea de CO_2 fixata de organismele chimioautotrofe (bacterii). Deci, din punct de vedere cantitativ, fotosinteza este mult mai importantă. Plantele verzi furnizează carbonul organic necesar vieţuitoarelor heterotrofe (animale, microorganisem heterotrofe, plante heterotrofe). **Covorul vegetal** consumă anual 60 x 10^9 tone de CO_2, deci aproximativ 2,5% din cantitatea de CO_2 din aer. **Dacă CO_2 atmosferic nu s-ar regenera**, el s-ar epuiza în aproximativ 40 de ani. Viaţa plantelor şi animalelor ar deveni astfel imposibilă. **CO_2 atmosferic, insă, nu se epuizează** ci se regenerează complet, deoarece carbonul organic din resturile vegetale, animale şi microbiene este transformat in CO_2 **sub acţiunea microorganismelor**. Contribuţia animalelor şi plantelor la producerea de **CO_2 prin respiraţie** este de importanţă secundară în comparaţie cu rolul jucat de microorganisme în acest proces: **microorganismele** sunt responsabile de 80-90% din cantitatea totală de **substanţe organice oxidate pe cale biologică**. Importanţa fundamentală pe care producerea CO_2 de către microorganisme o are pentru menţinerea vieţii poate fi ilustrată astfel: - cele 130.000 x 10^9 tone de CO_2 din apa mărilor şi oceanelor ar putea satisface nevoile actuale ale fotosintezei numai timp de aproximativ 2.000 de ani; - cantitatea de CO_2 care s-ar produce în urma arderii tuturor zăcămintelor de petrol, metan, cărbuni (100.000 x10^9 tone) ar permite menţinerea fotosintezei la nivelul actual numai timp de aproximativ 1.500 de ani. Cantitatea de CO_2 în atmosferă prezintă o **tendinţă constantă de creştere** explicată prin: - arderea combustibililor în cantităţi din ce în ce mai mari, mai ales în industrie; pe această cale se produc anual cel puţin 6 x 10^9 t de CO_2 ; - defrişarea pădurilor şi degradarea solurilor pe terenuri întinse; datorită acestei situaţii s-a micşorat cantitatea totală de **CO_2 fixată prin fotosinteză**. Fixarea CO_2 de către plantele verzi şi formarea CO_2 sub acţiunea microorganismelor constituie etapele de bază ale ciclului carbonului. Ciclul carbonului se desfăşoară simultan şi în combinaţie cu ciclul oxigenului şi al hidrogenului: prin fotosinteza plantelor verzi din CO_2 şi H_2O se formează compuşi organici conţinând H şi se eliberează O_2; în cursul descompunerii totale a substanţelor organice, C şi H se eliberează prin participarea O sub forma de CO_2 , respectiv H_2O. Ciclurile celorlalte elemente (N, P, S, etc) de asemenea sunt legate de ciclul carbonului. În totalitatea lor speciile microbiene sunt omnivore capabile de degradarea tuturor substanţelor organice de origine biologică. Unii compuşi organici sintetici, xenobiotici (compuşi inexistenţi în natură, creaţi de om) nu sunt însă biodegradabili: o serie de pesticide, detergenţi, medicamente, unele mase plastice, care constituie pericolul cel mai mare pentru poluarea mediului înconjurător.

DESCOMPUNEREA SUBSTANŢELOR ORGANICE ÎN SOL

Microorganismele joacă rolul principal în descompunerea substanţelor organice în sol. Participă şi fauna solului, şi unele degradări mecanice petrecute sub acţiunea factorilor abiotici: precipitaţii, modificări de temperatură, etc.

Pentru microorganisme, substanţele organice pe care le descompun servesc ca surse de carbon şi energie. Numai o parte din carbonul utilizat se asimilează sub formă de materie celulară, restul carbonului se degajă sub formă de CO_2 sau se formează produşi incomplet oxidaţi (acizi organici, alcool, metan, etc). Descompunerea substanţelor organice native din sol: substanţe humice şi nehumice este realizată de bacteriile din familia pseudamonadacee şi actinomicetele (Nocardia).

Descompunerea substanţelor organice in sol.

Descompunerea celulozei
Descopunerea hemicelulozelor
Descompunerea substanţelor pectice
Descompunerea amidonului
Descompunerea fructanelor
Descompunerea gumelor vegetale
Descompunerea chitinei
Descompunerea unor polizharide produse de bacterii, ciuperci, alge, licheni

Descompunerea ligninei
Descompunerea lipidelor
Descompunerea hidrocarburilor alifatice
Descompunerea hidrocarburilor aromatice
Descompunerea fenolilor, acizilor aromatici
Descompunerea cauciucului
Descompunerea maselor plastice
Descompunerea pesticidelor
Descompunerea proteinelor din resturi vegetale, animale şi microorganisme.
Descompunerea lipidelor deţinătoare de azot. Descompunerea glucidelor cu azot.
Descompunerea creatininei. Descompunerea ureei. Descompunerea alcaloizilor.
Transformările ale amoniacului

Descompunerea substanţelor organice adăugate la sol se studiază cu resturi vegetale şi animale, cu extracte din plante sau cu compuşi chimic puri (glucoză, celuloză, lignină, etc) adăugaţi la sol. Descompunerea se urmăreşte prin determinarea CO_2 degajat, iar în cazul compuşilor puri, se aplică şi metode de analiză cantitativă a lor sau a produşilor intermediari de degradare.

Schimbările survenite în resturile vegetale în cursul descompunerii lor. La început se decompun substanţele solubile în apă (mono şi oligozaharide, etc.), apoi amidonul, hemicelulozele, substanţele pectice şi celuloza. Lignina este substanţa cea mai rezistentă, descompunerea ei este lentă. În cursul descompunerii resturilor vegetale scade numărul grupărilor –OH şi creşte numărul grupărilor –COOH, precum şi capacitatea de schimb cationic. Paralel apar şi schimbări în culoare, volum şi rezistenţă mecanică a resturilor mecanice (ex. Paiele de grâu după 1-2 luni de descompunere pe câmp devin gri sau negre, volumul lor scade, rezistenţa fibrelor devine tot mai mică).

Microflora descompunerii substanţelor organice. Se dezvoltă 3 populaţii microbiene succesive:

a) microflora primară – este alcătuită din membrii unui grup fiziologic capabil să descompună substanţa organică adăugată. Ex. Celuloza sau resturile vegetale bogate în celuloză – microoranisme celulolitice, proteinele - microorganisme proteolitice;
b) microflora secundară se dezvoltă pe seama compuşilor organici incomplet oxidaţi care au rezultat din acţiunea microflorei primare;
c) microflora terţiară se dezvoltă pe seama celulelor moarte ale microorganismelor din microflora primară şi secundară

Biochimia descompunerii substanţelor organice adăugate la sol. Variază în funcţie de natura substanţei. Ex, mecanismul descompunerii celulozei se deosebeşte de cel al descompunerii ligninei.

Factorii care influenţează descompunerea substanţelor organice.

a.Tipul de sol. Intensitatea descompunerii este mai mare în solurile brune decât în cernoziomuri.

b.Vegetaţia. Descompunerea este mai intensă în solurile virgine, în cele aflate la începutul cultivării decât în soluri cultivate îndelungat

c.Substanţele organice. Pot avea efecte de stimulare, indiferente sau de inhibare asupra biodegradării. Ex. Metoda de studiu, prin adăugare de resturi vegetale, gunoi de grajd - substanţe organice cu C^{14}, comparativ cu proba se sol martor, incubarea, cântărirea CO_2 cu C^{14} şi cu C neradioactiv degajat, se constată că din probele la care s-au adăugat resturi vegetale s-a degajat mai mult CO_2 neradioactiv, având loc un effect – priming - de iniţiere, stimulare asupra descompunerii substanţelo rorganice din sol. Pot stimula procesele de humificare, prin dezvoltarea numărului de microorganisme care le folosesc. **Compoziţia chimică a substanţelor organice** are o influenţă hotărâtoae asupra vitezei de descompunere. Glucoza se descompune mai uşor decât celuloza, iar celuloza mai uşor decât lignina. Resturile vegetale sărace în lignină se descompun mai repede decât cele bogate în lignină. Resturile vegetale bogate în azot sunt descompuse mai uşor decât cele sărace

în azot (ex paiele de grâu care conţin 0.5% N). Resturile plantelor tinere care sunt mai bogate în azot sunt mai susceptibile decât resturile plantelor bătrâne.

d.Substanţele anorganice. Compuşii minerali cu azot intensifică descompunerea substanţelor organice lipsite sau sărace în azot. Mineralele argiloase adsorbind substanţele organice macromoleculare şi enzimele care acţionează asupra acestor macromolecule micşorează intensitatea descompunerii. Bentonitul, ilitul şi caolinitul inhibă descompunerea.

d. pH-ul. Descompunerea substanţelor organice este mai intensă în solurile neutre sau uşor alcaline decât în solurile acide. Tratarea cu var a solurilor acide are ca efect intensificarea descompunerii substanţelor oranice.

e.Oxigenul. Descompunerea este mai intensă in condiţii aerobe decât în condiţii anaerobe.

f.Umiditatea. Descompunerea este maximă la 60-80% din capacitatea solului pentru apă.

g.Temperatura. Descompunerea creşte pe măsura ridicării temperaturii până la 28-40^{0}C.

h.Adâncimea. În funcţie de adâncime se micşorează intensitatea descompunerii.

i.Variaţiile sezoniere. Descompunerea este mai intensă primăvara şi toamna.

DESCOMPUNEREA CELULOZEI

Descompunerea celulozei este procesul cel mai important pentru ciclul biologic al carbonului, deoarece celuloza este componentul organic cel mai abundent al resturilor vegetale şi constituie sursa de carbon şi energie cea mai importanţă pentru microorganismele din sol.

Celuloza este un polizaharid liniar, constituit din **resturi de glucoză legate prin legături β-1,4.** Numărul resturilor de glucoză variază între 1.400 si 10.000 (ocazional 15.000), greutatea moleculară a celulozei: 200.000-2.400.000 în funcţie de specia plantei. Conţinutul în celuloză al plantelor variază cu specia şi vârsta lor, şi cu diferite organe.

La graminee şi leguminoase tinere celuloza reprezntă 15% din greutatea uscată, iar în materialul lemons peste 50%. La majoritatea plantelor de cultură: 15-45% din greutatea uscată.

Microorganismele celulolitice. Se izolează pe medii nutritive care conţin celuloza ca singură sursă de carbon şi energie. Se folosesc grăuncioare sau diluţii de sol. **Celuloza se utilizează ca: hârtie de filtru, vata de bumbac,** celuloză precipitată, celofan, etc. În cercetări ecologice se folosesc pânze de in sau bumbac sau bucăţi de celofan îngropate în sol. În studiul mecanismului celulololitic se folosesc şi celulodextrinele. Acestea sunt oligoglucide, conţinând câteva resturi de β - glucoză legate prin legaturi 1,4.

Microorganismele celulolitice pot fi obligate sau facultativ celulolitice.

Pot fi criofile, mezofile şi termofile, aerobe sau anaerobe.

Microorganisme celulolitice mezofile aerobe:

bacterii, actinomicete, ciuperci, unele protozoare, cele mai importante fiind ciupercile

Bacterii (facultativ celulolitice): ***Cytophaga, Sporocytophaga*** (formează microchisturi rezistente la uscăciune); Mixobacterii: ***Sorangium compositum, Sorangium cellulosum, Polyangium cellulosum; Pseudomonas erythra, Ps. ephemerocyanea, Ps. lasia ; Cellulomonas; Bacillus: Bac. vagans, Bac. soli***

Actinomicete celulolitice mezofile aerobe: ***Streptomyces cellulosae, S. violaceus, S. hygroscopicus, Micromonospora chalcea, Nocardia cellulans, N. vaccinii***

Ciupercile sunt agenţii principali ai descompunerii aerobe a celulozei, mai ales din materialul lemons, sunt facultativ celulolitice: genul ***Chaetomium*** are toate speciile celulolitice, ***Aspergillus*** are unele specii, ***Penicillium citrinum***, are unele tulpini, iar ***Aspergillus luchuensis*** (atacă vata nedegresată). Foarte active sunt: ***Myrothecium verrucaria, Trichoderma virida, Aspergyllus terreus, Aspergyllus fumigatus*.**

Protozoare : ***Hartmanella***

Compoziţia pe grupe a microorganismelor este influenţată de pH-ul solului.

În solurile putermic acide (pH sub 5,5) predomină ciupercile,

în solurile acide (pH între 5,5-6,5) predomină ciupercile şi Cytophaga, iar

în solurile neutre şi uşor alcaline (pH peste 6,5) predomină ciupercile şi Cellvibrio.

Microorganisme celulolitice mezofile anaerobe: **Bacteriile** sunt cele mai importante, obligat sau facultativ anaerobe: ***Clostridium.*** **Actinomicete:** ***Micromonospora,*****Ciuperci:** ***Merulius***

Microorganisme celulolitice termofile aerobe. Se întâlnesc mai ales în solurile îngraşate cu gunoi de grajd: **bacterii,** facultativ celulolitice, se dezvoltă optim la 50-65^{0}C: ***Bacillus calfactor;*** **actinomicete** termofile aerobe: ***Streptomyces thermophilus;*** **ciuperci** termofile aerobe, cu optim de dezvoltare la 50^{0}C: ***Thermomyces.***

Microorganisme celulolitice termofile anaerobe:

Clostridium thermocellum, Clostridium thermocellulolyticum

Biochimia descompunerii celulozei. Hidroliza celulozei.

Celuloza nativă nu este solubilă în apă. Celuloza este degradată de un sistem **enzimatic extracelular (celulază)** care difuzează în mediu sau ramâne în zona de contact dintre celule şi fibrele celulozice (la Cytophaga). Celulaza poate fi enzimă constitutivă sau indusă în prezenţa celulozei.

$$CELULOZĂ \xrightarrow{CELULAZĂ} CELOBIOZĂ, GLUCOZĂ$$

1. Mecanismul hidrolizei enzimatice.

Unele celulaze atacă legăturile **β-glucozidice** din interiorul catenelor de celuloză (endocelular). Se formează celulodextrine.

Alte celulaze (**exocelulaze**) atacă legăturile β-glucozidice de la capătul nereducător al lanţului, când se **scindează succesiv câte o moleculă de celobioză**.

2. Descompunerea zaharurilor reducătoare

Zaharurile reducătoare, în special **glucoza şi celobioza**, servesc ca sursă de carbon şi energie pentru microorganismele celulolitice. Numai o parte se asimilează sub forma de substanţe celulare; o altă parte se eliberează sub formă de produşi finali de descompunere.

În condiţii aerobe apar **CO_2, H_2O,** mici cantităţi de acizi organici (acizi acetic, formic).

În condiţii anaerobe produşii finali sunt: **CO_2, H_2O, H_2** şi **acizi organici in cantităţi mari (acetic, formic, lactic, butiric)** şi cantităţi mici de **alcool etilic**.

DESCOPUNEREA HEMICELULOZELOR

A. Hemicelulozele sunt polizaharide care însoţesc celuloza în plantele verzi şi care se găsesc şi în ciuperci. Sunt pentozane sau hexozane.

Din pentozane fac parte **xilanul şi arabanul**.

Din hexozane fac parte **mananele, glucomananele, galactanele**.

Cantitatea hemicelulozelor în resturile vegetale variază între 6-30% din greutatea uscată în funcţie de specie şi vârsta plantei. Descompunerea hemicelulozelor a fost dovedită prin experienţa: la sol s-au adăugat hemiceluloze purificate; solul s-a pus la incubat; s-a determinat CO_2 constatându-se creşterea degajării lui datorită descompunerii hemicelulozelor.

B. Microorganisme hemicelulolitice. Ciuperci: ***Rhizopus, Apergillus, Penicillium***; Actinomicete; Bacterii: ***Bacillus, Pseudomonas, Clostridium, Azotobacter, Sporocytophaga myxococcoides.***

C. Biochimia descompunerii hemicelulozelor

1. **Hidroliza hemicelulozelor,** sub acţiunea enzimelor extracelulare numite hemicelulaze. Ex. **Xilanaza** este de tip endo: scindează hidrolitic legăturile β-xilozidice din interiorul catenelor de xilan, producând oligoxiloze şi xiloză.
2. **Descompunerea zaharurilor reducătoare.** În condiţii aerobe, produşii finali sunt **CO_2 şi H_2O.**

DESCOMPUNEREA SUBSTANŢELOR PECTICE

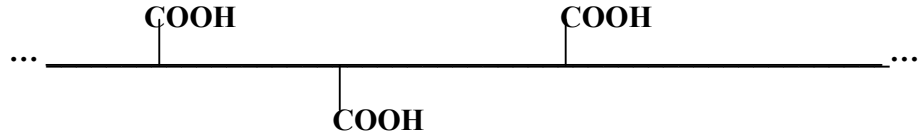
Substanţele pectice cimentează fibrele de celuloză în pereţii celulari ai plantelor.

A. Nomenclatura substanţelor pectice:

Acidul pectic, Pectatul de Ca, de K, Pectina, Pectinatul de Ca, Pectina nativă sau protopectina.

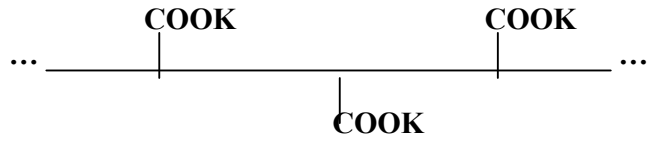
1. **Acidul pectic** este un polimer galacturonic cu legături α-1,4.

Schema :



2. **Pectatul este sarea acidului pectic.**

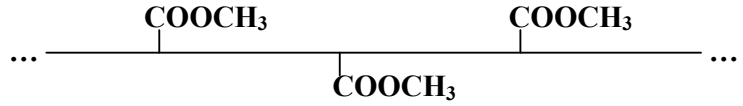
Schema :



Pectatul de K

3. **Pectina** este esterul acidului pectic cu alcool metilic.

Schema :



Sunt două tipuri de pectine:

- pectina H : cu grad înalt de esterificare, la peste 50% din grupările –COOH;
- pectina L: cu grad redus de esterificare, sub 50%

4. **Pectinatul** –sarea pectinei.
5. **Pectina nativă sau protopectina.** Ramificarea acidului pectic prin diferite legături, punţi, cationi bivalenţi Ca^{2+} , Mg^{2+}, care reacţionează cu gruparea -COOH din acidul pectic, acidului o-fosforic, sarea de Ca sau Mg a acidului o-fosforic.

Ramificaţiile acidului pectic pot face legături cu unele monozaharide, galactoză, arabinoză, xiloză, cu unele polizaharide: galactan, araban, celuloză.

B. Microorganisme pectinolitice.

În practică, produc topitul biologic al plantelor textile, in –cânepă.

Se izolează din sol, pe medii nutritive lichide (conţinând pectină purificată ca singură sursă de C şi energie) sau pe medii de apă cu tulpini de in, prin însămânţare cu grăuncioare de sol sau diluţii de sol. Rezultă culturi îmbogăţite cu care se face însămânţarea pe medii gelozate care conţin pectină purificată sau plante textile mărunţite. Se dezvoltă microorganisme pectinolitice. Bacterii pectinolitice : **Anaerobe** (principali agenţi de descompunere a substanţelor pectice) ***Clostridium aurantibutyricum, Clostridium felsineum.*** **Aerobe:** ***Bacillus polymixa, Bacillus macerans, Pseudomonas, Arthrobacter, Corynebacterium*** etc.

Actinomicete pectinolitice : ***Streptomyces, Micromonospora.***

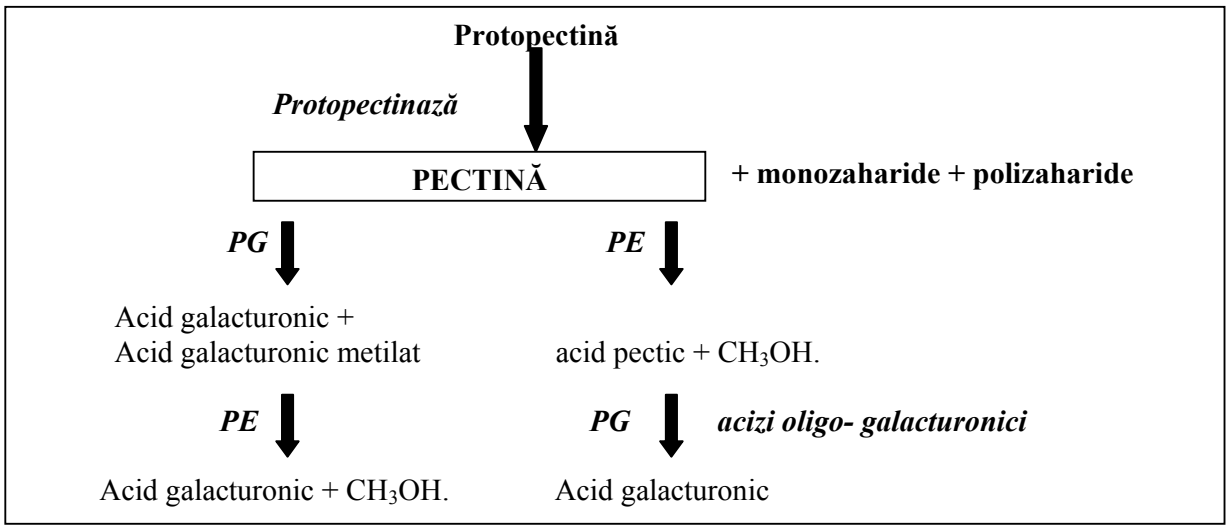
Ciuperci pectinolitice: ***Aspegillus, Fusarium, Alternaria, Botrytis, Monilia*** etc.

C. Biochimia descompunerii substanţelor pectice.

1. Hidroliza substanţelor pectice. Acţionează succesiv **3 enzime extracelulare** inductibile:

- **Protopectinaza (**desface punţile de Ca, Mg, acid fosforic, eliberează pectina, monozaharide(galactoză,arabinoză,xiloză), polizaharidele (galactan, araban, celuloză);
- **Poligalacturonaza** (PECTINAZA-**PG**) este o polizaharidă ce acţionează la legăturile α-1,4 de la capătul nereducător al catenei de pectină şi acid pectic;
- **Pectinesteraza –PE-**acţionează asupra grupărilor metilesterice (–$COOCH_3$ din pectină şi formează acid pectic şi CH_3OH.

Din **galactan, araban, celuloză**, sub acţiunea enzimelor rezultă galactoză, arabinoză, xiloză, glucoză. Din unele pectine se eliberează şi acid acetic. Produşii hidrolizei totale a protopectinei sunt: **acid galacturonic, galactoză, arabinoză**, **xiloză glucoză, alcool metilic, acid acetic, acid o-fosforic, sărurile acestor acizi.**



Mecanismul hidrolizei enzimatice. (Poligalacturonaza** (PECTINAZA-**PG) Pectinesteraza –PE.)

2. Depolimerizarea substanţelor pectice sub acţiunea liazelor.

3. Descompunerea produşilor de hidroliză. Anaerob: Are loc fermentarea produşilor de hidroliză rezultând **galactoză, arabinoză, xiloză glucoză;** Acidul galacturonic nu fermentează;

Fermentaţia poate fi :

- acetonobutirică (producând acetonă CH_3-CO-CH_3 şi acid n-butiric CH_3-CH_2-CH_2-COOH);
- acetonobutilică (producând acetonă CH_3-CO-CH_3 şi acid n-butilic CH_3-CH_2 -CH_2-CH_2-COOH).

Aerob: produşii de hidroliză se oxidează până la CO_2 şi H_2O. Viteza de oxidare are ordinea: acid acetic, glucoză >galactoză >arabinoză> xiloză >acid galacturonic

DESCOMPUNEREA AMIDONULUI

A. Ca substanţă nutritivă de rezervă,amidonul este foarte răspândit la plantele superioare şi la unele microorganisme. Descompunerea amidonului în sol este mai rapidă decât a celulozei, hemicelulozelor, substanţelor pectice.

Amidonul conţine două componente:

1. Amiloza, polimer liniar al glucozei, cu legături **α-1,4**, grad de polimerizare 200-1000.

2. Amilopectina, ca şi glicogenul, este un polimer ramificat al glucozei, grad de polimerizare 1000 – 30 000. În părţile lineare, legăturile sunt de tip **α-1,4,** iar ramificările se produc prin legături de **tip α-1,6**. Conţine resturi de acid fosforic,Ca, Mg.

Amidonul are 10-30% amiloză şi 70-90% amilopectină, la cele mai multe plante.

La mazărea zbârcită, conţine 70% amiloză şi 30% amilopectină.

La Zea mays var ceratina, amidonul conţine integral amilopectină.

B. Microorganisme amilolitice.

Se izolează din sol, pe medii nutritive lichide sau solide (conţinând agar, silicagel), prin însămânţare cu grăuncioare de sol sau diluţii de sol. Rezultă culturi îmbogăţite microorganisme amilolitice. Descompunerea amidonului se urmăreşte cu soluţie Lugol.

Bacterii amilolitice: *Bacillus, Clostridium,Chromobacterium, Flavobacterium,Pseudomonas, Serratia, Cytophaga* etc., ***Azotobacter chroorococcum, Clostridium pasteurianum.***

Actinomicete amilolitice: *Streptomyces, Nocardia, Micromonospora.*

Ciuperci pectinolitice: *Aspegillus, Fusarium, Rhyzopus* etc.

C. Biochimia descompunerii amidonului

1. **Hidroliza amidonului** cu enzime constitutive sau induse: **amilazele şi maltaza.**

AMILAZELE: α amilaza (în plante şi în microorganisme amilolitice), de tip **endo** (scindează **legături α-1,4 din interiorul lanţurilor**),

produce: **maltodextrine** (maltoheptaoză, maltotrioză); **dextrine limită**; puţină **maltoză** şi **glucoză**.

β amilaza (la plante), este o enzimă de tip **exo**
(scindează legături α-1,4 de la capătul nereducător al lanţurilor lineare),
produce: **maltoză şi dextrine libere**.

α şi β amilazele, împreună, formează: maltoză, glucoză + dextrine limită, maltotrioză.

MALTAZA: Se găseşte în plante şi în microorganisme amilolitice. Acţionează asupra legăturilor **α-1,4 din maltoză şi maltodextrine**, producând **glucoză.**

DEXTRINAZA LIMITĂ (în microorganisme), scindează legătura **α-1,6 din dextrinele limită**:

Enzima R (din plante) acţionează similar cu dextrinaza limită.

Maltaza din ***Clostridium acetobutylicum*** şi **Amiloglucozidaza** (glucoamilaza) din ***Aspergillus niger***, hidrolizează legăturile α-1,4 şi α-1,6 din amidon, producând **glucoză.**

2. **Descompunerea zaharurilor reducătoare, glucoză, maltoză.**

Aerob → CO_2 şi H_2O. Anaerob → prin fermentaţie butirică.

DESCOMPUNEREA FRUCTANELOR

Fructozanele – polizaharide din resturi de fructoză. În plantele superioare se găseşte:
inulina (în Compozite - Inula, Dahlia, Helianthus tuberosus);
fleina (din Phleum), **triticina, irisina, asparagozina**.
Inulina este un fructan liniar β 2,1 fructan, resturi de fructoză cu legături β - 2,1.
Fleina are resturi de fructoză cu legături β - 2,6.

B. Microorganisme descompunătoare

Bacterii: Pseudomonas, Arthrobacter, Clostridium.
Actinomicete: Streptomyces.
Ciuperci: Penicillium, Aspegillus, Fusarium, Sacharomyces.

C, Biochimia descompunerii fructanelor.

1.Hidroliza, cu ajutorul fructanhidrolazelor, enzime extracelulare:
Aspergillus fumigatus **conţine 2,1 fructanhidrolază, rezultă în final inulobioză.**
Streptomyces **elaboreayă o 2,6 fructanhidrolază, rezultă în final levanbioza.**
Penicillium funiculisum şi Fusarium moniliforme, conţin 2,1 şi 2,6 fructanhidrolaza, care din fructane produce fructoză.

2. Descompunerea zaharurilor reducătoare.

Aerob → CO_2 şi H_2O. Anaerob → acizi şi alcooli.

DESCOMPUNEREA GUMELOR VEGETALE

Gumele vegetale sunt polizaharide care se produc la plante sănătoase sau la lezarea ţesuturilor. Se umflă în apă şi dau soluţii vâscoase. **Guma arabică**, produsă de ***Acacia,*** este formată din resturi de arabinoză, galactoză, ramnoză, acid glucuronic.

Bacterii descompunătoare: ***Pseudomonas, Bacillus, Cytophaga.***Ciuperci.

DESCOMPUNEREA CHITINEI

A. Chitina:

- polizaharid deţinător de azot, asemănător celulozei;
- în compoziţia învelişului exterior al nevertebratelor şi
- în peretele celular al multor ciuperci –bazidio- şi ascomicete;
- polimer linear din **resturi de β glucoză cu legături β -1,4**; la chitină se poate asocia chitozanul – derivatul diacetilat al chitinei;
- este foarte rezistentă chimic, nu se scindează decât sub acţiunea acizilor minerali concentraţi;
- în sol se descompune destul de repede datorită microorganismelor chitinoclastice, aerobe şi anaerobe.

B. **Microorganisme chitinoclastice aerobe şi anaerobe:** 1g de sol conţine 10^6 microorganisme chitinoclastice, din care:

- 90-99% sunt ***actinomicete (Streptomyces, Nocardia, Micromonospora***),
- 2-10% sunt bacterii aerobe ***(Pseudomonas, Bacyllus, Cytophaga*** etc.) şi anaerobe ***(Clostridium),***
- 1% sunt ciuperci ***(Mortierella, Trichoderma*** etc.).

După compostarea solului cu chitină, numărul microorganismelor chitinoclastice creşte foarte mult, la 700 . 10^6 / g de sol, din care 90% sunt actinomicete.

C. Biochimia descompunerii chitinei

1. Hidroliza chitinei

a) acţionează **chitinaza :**
- enzimă extracelulară constitutivă sau indusă,
- rezultă **chitobioză, chitotrioză, N-acetil glucozamină** (puţină).

b) acţionează **chitobiaza:**
- scindează hidrolitic chitobioza şi chitotrioza,
- rezultă **N-acetil glucozamină,** din care se formează:

acid acetic şi glucozamină

2. Metabolismul produşilor de hidroliză

- rezultă: **acid acetic →CO_2 şi H_2O (**produşi finali de degradare aerobă), **glucoză, amoniac**
- servesc, pentru microorganismele chitinoclastice, drept
  - sursă de C şi energie, - sursă de N,
  - sursă de C şi energie + sursă de N

DESCOMPUNEREA UNOR POLIZHARIDE PRODUSE DE BACTERII, CIUPERCI, ALGE, LICHENI

DEXTRANUL produs de bacterii : *Leuconostoc dextranicum, L mezenteroides, L citovorum*,
- polimer ramificat al glucozei (dextrozei), cu legăturile liniare de tip α-1,6, ramificaţiile se produc prin legături α-1,3 şi α -1,4 ,
- în sol este descompus hidrolitic de bacterii, actinomicete, ciuperci, sub acţiunea enzimei dextranază.

LEVANUL sintetizat de multe specii de bacterii (mai ales de *Bacillus*),
- este polimer ramificat al fructozei (levulozei), este un fructan ramificat, cu legături liniare β-2,6 şi β-2,1 la ramificaţii,
- levanazele care catalizează depolimerizarea levanului, sunt produse de bacterii, actinomicete, ciuperci.

GLUCANUL DE DROJDIE, se găseşte în peretele cellular de *Saccharomyces cerevisiae,*
- format din resturi de glucoză legate β-1,3,
- degradat microbiologi în sol.

NIGERANUL - produs de *Aspergyllus niger*, polimer liniar al glucozei.

LAMINARINA- Produs al algei brune *Laminaria,* polimer al glucozei.

ACIDUL ALGINIC produs de alge brune, copolimer liniar al acidului manuronic şi al acidului guluronic, monozaharide legate β-1,4, descompus în sol sau în apa de mare de bacterii: *Alginomonas alginica, A nonfermentana, Beneckea alginica.*

AGAR-AGARUL produs de alge roşii (*Gelidium)*, amestec de agaroză (formată din resturi de galactoză şi 3,6 anhidrogalactoză, cu legături alternative β-1,4 şi β-1,3) şi agaropectină (formată din resturi de galactoză, 3,6 anhidrogalactoză, acid galacturonic şi acid sulfuric),
- *majoritatea microorganismelor nu descompun agar-agarul,*
- s-au izolat mai multe specii bacteriene capabile să hidrolizeze agarul, din apa de mare, din algele marine în descompunere şi numai excepţional din sol.

LICHENINA prezentă în *Cetraria islandica*, polizaharid din glucoză, cu legături β-1,4 şi β-1,3,
- descompus în sol de enzima lichenază.

DESCOMPUNEREA LIGNINEI

A. LIGNINA

- ocupă locul al III-lea, după celuloză şi hemiceluloze, din punct de vedere cantitativ, în compoziţia plantelor verzi;
- gramineele şi leguminoasele tinere conţin 3-6% lignină din greutatea uscată, iar cele mature – 15-20%;
- materialul lemnos conţine 35 % lignină;
- substanţe asemănătoare cu lignina există şi în unele ciuperci din sol, reprezentând 20% din greutatea uscată a miceliului (*Aspergillus, Alternaria, Damatium*);

Lignina :

- substanţă amorfă, greutatea moleculară de la 10 000 la câteva zeci de mii,
- nu se dizolvă în apă, acizi minerali şi organici sau solvenţi organici (exceptând dioxanul; lignina Bjorkman, extrasă cu dioxan din conifere este o lignină nativă);
- se dizolvă în reactiv Schultze ($KClO_3$+HNO_3) şi în KOH sau NaOH concentrate;

Structura chimică include numai C, H, O;

- este o structură aromatică;
- **lignina este un polimer a unor fenoli, derivaţi ai fenilpropanului;** aceşti fenoli conţin, pe **scheletul fenilpropanului** (C_6 - C_3): 1–2 grupări metoxilice **CH_3 O-** sau 1 grupare hidroxilică **-OH;**

●lignina coniferelor conţine **alcoolul coniferilic,** ca şi component principal; - ●lignina foioaselor conţine 2 derivaţi fenilpropanici: **alcoolul coniferilic şi alcoolul sinapic;**

●lignina gramineelor conţine **alcoolul cumaric**, un al III-lea derivat fenilpropanic;

- derivaţii fenilpropanici pot forma, prin legături eterice sau C-C, di- oligo- şi polimeri din fenoli (gualacil-gliceril- β coniferil-eter, α-conidendrina).

Descompunerea ligninei:

a. Lignina este compusul organic din resturile vegetale cel mai rezistent la descompunere. Are cea mai mică viteză de descompunere, depinzând de specie, de vârstă şi temperatură:

- lignina din resturile de trifoi, porumb se descompune mai repede decât cea din paie de grâu; - polizaharidele, a căror cantitate variază în funcţie de specia şi vârsta plantelor, favorizează descompunerea ligninei;

- substanţele bogate în N, abundente la plantele tinere, favorizează descompunerea ligninei.

b. Lignina se degradează mai repede în condiţii aerobe decât în condiţii anaerobe. c. Descompunerea ligninei este mai rapidă în condiţii mezofile (dar şi termofile).

d. Se studiază cu probe de sol, pe resturi vegetale (coceni, frunze, paie) sau pe lignină purificată ; se determină cantitatea de lignină înainte şi după incubare, - fie pe baza analizei grupărilor CH_3O-, al căror număr descreşte în timpul descompunerii; - fie prin extragerea ligninei sub formă de ligninosulfonat de Na.

B. Microorganisme ligninoclastice

1. Ciupercile (mai ales cele ce produc putregaiul alb al lemnului şi care atacă şi celuloza).

Tipul ***Polyporus versicolor*** – atacă la început lignina, apoi celuloza.

Tipul ***Armillaria vera*** – atacă la început celuloza apoi lignina.

Tipul ***Ganoderma applanatum*** – atacă simultan lignina şi celuloza.

2. Bacteriile acţionează în condiţiile anaerobe şi termofile.

D.Biochimia descompunerii ligninei. IPOTEZE:

a. Depolimerizarea substanţelor macromoleculare, cu **enzima ligninază** – lignază, sub acţiunea microorganismelor.
b. Datorită vitezei reduse de descompunere se presupune că produşii intermediari se formează încet şi se oxidează repede.

c. Lignina având o structură aromatică, are ca intermediari în descompunerea ei, **compuşi aromatici** cu greutate moleculară mică (exemplu: ciupercile descompunătoare produc **vanilină şi acid vanilic**).
d. Modelarea descompunerii ligninei prin substanţe aromatice simple în locul lignine:

- Filtratul culturilor de ***Polyporus versicolor*** acţionează oxidativ asupra α-conidendrinei, aldehidei siringilice şi vanilinei. Acţionează şi asupra ligninei care devine mai solubilă.
- ***Flavobacterium*** creşte pe mediile cu α-conidendrină, ca unică sursă de C şi energie, producând **vanilină** şi prin oxidare – **acid protocatechic.**
- Numeroase ciuperci din sol oxidează **vanilina, acidul vanilinic, aldehida siringilică, acidul siringilic şi alţi fenoli, cu desfacerea ciclului benzenic.**

ÎN REZUMAT: Descompunerea ligninei începe cu **depolimerizerea**, **în fenoli derivaţi ai fenilpropanului C_6-C_3**. Urmează **oxidarea** catenei laterale de 3C, formându-se aldehide şi acizi aromatici. În continuare, sunt atacate **grupările metoxilice**, are loc **demetilarea** sau şi **demetoxilarea acizilor aromatici**. Se formează **acizi fenolici** (ex. Acid protocatechic), din care prin **decarboxilare** se formează **polifenoli** (ex. pirocatechina). **Desfacerea ciclului benzenic este rezultatul formării acidului protecatechic, a decarboxilării lui în pirocatechină şi a oxidării acesteia în acid cis-cis-muconic. Polifenolii** rezultaţi din descompunerea ligninei şi cei sintetizaţi de microorganisme pot fi **oxidaţi** parţial în **p- sau o-chinone**, sub acţiunea polifenoloxidazei. **Polifenolii şi chinonele se polimerizează mai ales în prezenţa compuşilor aminici (aminoacizi, peptide), dând naştere la substanţe humice**. Acestea fixează glucide. (ex. **Condensarea polifenolilor şi a compuşilor aminici – glicina, în substanţele humice).**

DESCOMPUNEREA LIPIDELOR

trigliceridele, sterolii (cefaline, leticine cu N).

DESCOMPUNEREA TRIGLICERIDELOR

- **A. Esteri** ai glicerolului cu acizi graşi.
- **B. Microorganisme lipolitice:**

-bacterii aerobe:***Pseudomonas fluorescens,Bacterium megaterium, Mycobacteriu;.***
- bacterii anaerobe : ***Clostridium sporogenes;***- actinomicete; - ciuperci.

- **C. Biochimia descompuneriia trigliceridelor:**

1. **Hidroliza trigliceridelor:**
   - sub acţiunea lipazei, cu 3 molecule de H_2O rezultă **glicerol şi acid gras.**
2. **Descompunerea produşilor de hidroliză:**
   - Glicerolul se descompune rapid pe calea Embden-Meyerhof-Parnas, cuplată cu ciclul Krebs, până la **CO şi H_2O.**
   - Acizii graşi se descompun preponderent prin β-oxidare, procesul se desfăşoară cu viteză mică, foarte greu, în sol. (Ex. 200 g sol + 4,5 g grăsimi neutre, incubate 1 an, rezultă 22,9% descompunere şi 12 ani – numai 38% descompunere).

Acizii graşi au tendinţa acumulării în sol, devin toxici pentru plante, dau fenomene asemănătoare cu ***oboseala solului,*** **(**ex. Sulfura de carbon adăugată pentru sterilizarea solului, are efect de eliminare a fenomenului de oboseală a solului, deoarece modifică starea fiziologică a acizilor graşi, produce descompunerea lor).

DESCOMPUNEREA STEROLILOR

Colesterolul este degradat de actinomicete - ***Nocardia***, bacterii - ***Pseudomonas, Bacillus***, de mucegaiuri şi drojdii.

DESCOMPUNEREA HIDROCARBURILOR ALIFATICE

CH_3- CH_3 (etan), CH_2= CH_2 (etilenă), CH_3- CH_2- CH_3 (propan),
CH_3- CH= CH_2 (propilenă), CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 (n-butan).
ETILENA, alături de **acidul abscisic** ş.a. intră în grupa inhibitorilor naturali ai creşterii plantelor, fiind importantă în mediu.

DESCOMPUNEREA METANULUI este un proces de oxidare sub acţiunea microorganismelor specializate, care oxidează şi metanolul. Acestea sunt:

- 1. Microorganisme metilotrofe: ***Methylomonas, Methylococcus, Methylosinus***
- 2. Micobacterii
- 3. Ciuperci: ***Cephalosporium, Penicillium janthienellum***.

CH_4 → CH_3-OH → HCHO → HCOOH → CO_2 + H_2O
Metan → methanol → formaldehidă → acid formic → CO_2 + H_2O

Descompunerea etanului, propanului, n-butanului. Prin oxidare, sub acţiunea microorganismelor din sol: micobacterii, nocardii, pseudomonade, flavobacterii, micrococi.

DESCOMPUNEREA HIDROCARBURILOR SUPERIOARE ÎN SOL,

parafine, hidrocarburi superioare din ţiţei, benzen, petrol

A. Unele produse petroliere se folosesc pentru **dizolvarea pesticidelor** şi ajung cu acestea în sol. Altele ajung ca **poluanţi provenind din industrie**, de la **vehicole** etc. Unele hidrocarburi superioare se formează în sol.

B. Microorganisme descompunătoare:

Bacterii aerobe: ***Mycobacterium paraffinicum, Corynebacterium petrophillum, Pseudomonas desmolytica, Ps fluorescens;***
Bacterii anaerobe. ***Desulfovibrio desulfuricans;***
Actinomicete: ***Nocardia paraffinae;***
Drojdii: ***Candida lipolytica, C tropicali;.*** **Mucegaiuri.**

C. Mecanismul oxidării

- I. **Oxidarea grupării** CH_3**, în** - COOH, **de la unul sau ambele capete, formând acid gras monobazic sau bibazic, care apoi se degradează prin β-oxidare.**

Parafina: CH_3 -$(CH_2)_n$ -CH_2 -CH_3→acid gras monobazic: CH_3 -$(CH_2)_n$ -CH_2 -COOH
→acid gras bibazic:HOOC- $(CH_2)_n$ - CH_2 -COOH

- II. **Se oxidează carbonul învecinat celui terminal cu formarea alcoolului respective. Se oxidează la metilcetonă.**

DESCOMPUNEREA HIDROCARBURILOR AROMATICE

S-a descoperit cu ocazia studiului sterilizării solului cu benzen sau toluene.
S-a observat că benzenul şi toluenul dispar din sol după un timp.

Microorganisme descompunătoare:

Bacterii, oxidând aceste hidrocarburi, s-au izolat pe medii nutritive cu 0,01% benzen sau toluen: ***Bacterium benzoli, Bacterium toluoli şi alte specii: Mycobacterium, Pseudomonas,*** etc., **actinomicete şi ciuperci.**

Hidrocarburi care se oxidează în sol sunt:

- Benzen, toluen, o-xilen (**monociclice).**
- Naftalină, antracen, fenantren, **policiclice.**

Oxidare microbiană în sol la hidrocarburi monociclice.

Etape:

1. **Hidroxilarea ciclului** (catalizată de hidroxilaze),monooxidare,adică introduce în ciclu un singur atom O în prezenţa unui atom de H (H_2X). Rolul donatorului de H îl are $NADH+H^+$ sau $NADPH+H^+$. Clorul, grupările nitro şi sulfonică din unii compuşi aromatici sunt înlocuite cu H sau OH. Dar în general cloro şi nitro derivaţii, derivaţii sulfonici sunt rezistenţi la descompunerea microbiană. Rezultatul primei etape este un compus difenolic (frecvent pirocatechină sau acid protocatechic)

2. **Compusul difenolic** se oxidează cu scindarea ciclului, care este de 3 tipuri:

Tipul I. Scindare în poziţia orto (între atomii de C hidroxilaţi. Sub acţiunea unei dioxigenaze care introduce 2 atomi de O. Rezultă peroxid ciclic, care prin restructurare dă naştere unui compus alifatic – acid cis-cis-muconic.

În cazul acidului protocatechic rezultă acid 3-carboxi-cis-cis-muconic

Tipul II. Desfacerea legăturii dintre un atom hidroxilat şi unui nehidroxilat în poziţia meta. Rezultă semi aldehida acidului 2 hidroximuconic

Tipul III. Se scindează legătura dintre un atom de C hidroxilat şi un atom de C purtând o catenă laterală sau un carboxil.

Ex. Acidul homogentizic → acid 4-maleilacetoacetic

Ex intermediari principali:

- **acid cis,cis-muconic şi**
  acid 3-carboxi-cis-cis, cis muconic
  →acid β-cetoadipic → acetil–CoA + Succinil-CoA
  $CH_3 – CO\sim S\text{-}CoA$ + $HOOC - CH_2 – CH_2 – CO\sim S\text{-}CoA$

- **Semialdehida** acidului 2-hidroxi-4-carboxi muconic **→acid oxaloacetic+acid piruvic**
  $HOOC - CH_2 – CO – COOH$ + $CH_3 – CO – COOH$
- **Acid 4-maleilacetoacetic → acid acetoacetic + acid maleic**
  $HOOC - CH_2 – CO – CH_3$ + $HOOC – CH = CH – COOH$

3. **Produşii rezultaţi** după scindarea ciclului difenolic sunt metabolizaţi prin mai mulţi produşi intermediari. Produşii finali de oxidare sunt CO_2 şi H_2O.

La **hidrocarburile policiclice** mecanismul oxidării este similar în sol, cu deosebirea că, în I etapă au loc şi reacţii de scindarea ciclurilor, rezultând **un compus monociclic (pirocatechina).**

Asfaltul şi grafitul sintetic sunt degradate de microrganismele din sol.

DESCOMPUNEREA FENOLILOR, ACIZILOR AROMATICI

Fenolul, crezolul, acidul benzoic sunt substanţe antiseptice care totuşi se descompun sub acţiunea microorganismelor dacă concentraţia lor nu este prea ridicată (0,01-0,1%).

Microorganisme descompunătoare: **bacterii:** ***Micobacterium, Pseudomonas fluorescens, Vibrio cyclosites;*** **actinomicete*: Nocardia;*** **ciuperci**.

Mecanismul oxidării fenolilor şi a acizilor aromatici este similar cu cel al oxidării hidrocarburilor aromatice.

DESCOMPUNEREA CAUCIUCULUI ÎN SOL

Sub acţiunea ciupercilor, a unor bacterii şi actinomicete. Cauciucul natural se degradează mai uşor decât cel sintetic.

DESCOMPUNEREA MASELOR PLASTICE ÎN SOL

Clorura de Polivinil (PVC) nu s-a descompus în sol timp de 12 ani. Polietilena şi polipropilena sunt mase plastice nedegradabile de microorganisme. Olga Săvulescu a evidenţiat o ciupercă care foloseşte PVC ca sursă de C şi energie, deci PVC este boidegradabil.

DESCOMPUNEREA PESTICIDELOR

Erbicide, insecticide, fungicide, nematocide etc.

A. Unele pesticide se descompun în natură pe cale nebiologică, sub acţiunea luminii vizibile şi a razelor ultraviolete sau sub acţiunea unor catalizatori neenzimatici (Cu^{2+}, carbonaţi, sulfuri de Fe, MN, CO, MnO_2, minerale argiloase). În sol, numeroase pesticide se descompun pe cale biologică, sub acţiunea microorganismelor.

B. Microorganismele şi pesticidele biodegradabile

Condiţiile care favorizează creşterea microorganismelor coincid cu cele necesare pentru dispariţia rapidă a pesticidelor din sol, existând o corelaţie pozitivă cu numărul microorganismelor din sol.Sterilizarea solului atrage micşorarea vitezei de descompunere a pesticidelor sau aceasta nu are loc. Inhibarea proceselor de respiraţie, la întuneric, cu NaN_3 - azida de Na, NaF - fluorura de Na, previne descompunerea pesticidului 2,4-D.

S-au izolat microorganisme care în culturi pure, folosesc ca unică sursă de C şi energie, pesticide, pe care le descompun metabolic. În culturi mixte s-a manifestat sinergismul microorganismelor. Prin cometabolism, are loc descompunerea pesticidelor prin oxidare, , de către microorganisme ce nu au pesticidele ca sursă de energie şi C (N), ci alte substanţe, dar, realizează prin cooxidare degradarea pesticidelor.

Prima demonstrare a descompunerii metabolice a pesticidelor s-a realizat în 1951, la ***Arthrobacter globiformis,*** descompunător al 2,4-D. Alte bacterii, actinomicete, mucegaiuri, drojdii produc descompunerea pesticidelor.Algele şi protozoarele interferează în acest proces.

Capacitatea microorganismelor de descompunere a pesticidelor este limitată. Unele pesticide sunt descompuse lent. (Ex. DDT persistă aerob în sol 24 ani.)

C. Biochimia descompunerii microbiene a pesticidelor

Reacţii de bază catalizate enzimatic: Oxidarea; Dezalchilarea; Dehalogenarea; Reducerea; Hidroliza aminelor şi esterilor; Scindarea ciclurilor aromatice; Conjugarea şi condensarea.

- **OXIDAREA** sub acţiunea **monooxigenazelor**, în prezenţa **O_2 şi $NADH^+ + H^+$**, duce la **hidroxilarea** pesticidelor aromatice, după care, compuşii aromatici devin mai polari şi mai solubili în apă şi apţi pentru scindare. ***Lanţurile alifatice laterale*** se îndepărtează. ***Acizii organici*** formaţi din lanţurile alifatice se descompun prin **β-oxidare.**
- **DEZALCHILAREA.**Datorită **monooxigenazelor**,în prezenţa**O_2şi $NADH^+$+H^+** sau **$NADPH^+ + H^+$** îndepărtează ***grupările alchilice*** ataşate la atomii de N,O şi S . Grupările alchilice legate de atomi de C sunt, în general, rezistente la descompunerea microbiană. (ex. La erbicidele triazinice).
- **DEHALOGENAREA**
  1. dehalogenarea hidrolitică: atomul de halogen este înlocuit prin gruparea hidroxil (OH).
  2. dehalogenarea reductivă: halogenii sunt înlocuiţi prin H.
  3. dehidrohalogenarea: îndepărtează H şi halogenul, cu formare de legături duble.
- **REDUCEREA** mediată de microorganisme constă în:
  a) reducerea grupării nitro ($-NO_2$) la amino **($-NH_2$)**
  b) reducerea chinonelor la **fenoli.**
- **HIDROLIZA AMINELOR ŞI ESTERILOR** sub acţiunea amidazelor şi esterazelor.
- **SCINDAREA CICLURILOR AROMATICE**
- **CONJUGAREA ŞI CONDENSAREA** cuplarea moleculei de pesticid sau a produsului său de descompunere parţială cu compuşi naturali (inclusive aminoacizi, glucide etc.) . Se formează compuşi metilaţi, formilaţi, conjugaţi de aminoacizi, glicozide etc. Astfel

pesticidul este îndepărtat, dar numai temporar, deoarece conjugatul rezultat se poate scinda uşor. Condensarea este o reacţie de sinteză a pesticidului sau a compusului de degradare.

Exemple de descompunere microbiană a pesticidelor

Microorganisme descompunătoare: bacterii: *Arthrobacter, Achromobacter, Corynebacterium, Pseudomonas, Flavobacterium;* actinomicete: *Nocardia,* ciuperci *: Aspergillus.*

2,4D = acidul 2,4 – diclorfenoxiacetic este un erbicid care, în doze uzuale se descompune în sol, în 4-18 săptămâni. Bacteria descompunătoare: *Arthrobacter.*

Mecanismul: 2,4D → 2,4 diclorfenol → 3,5 diclor pirocatechină→ acid 2,4 diclor cis-cis-muconic, prin scindarea ciclului în poziţia Orto.

Lindanul = izomerul γ al hexaclorciclohexanului, este degradat prin dehidrohalogenare în γ –2,3,4,5,6 pentaclorciclohex 1-enă → CO_2 + H_2O +Cl.

Escherichia coli şi Chlostridium metabolizează lent lindanul, unul din produşii metabolici fiind benzenul: hexaclorciclohexan → tetraclor benzen + clor benzen + benzen + Cl^- .

Clorfenolii din fungicide sunt descompuşi de o serie de bacterii şi ciuperci.

Trichoderma viride , prin metilarea pentaclorfenolului, produce pentacloranizol.

2,4,5 – triclorfenol → pentaclorfenol → pentacloranizol.

Nematocidul 1,2–dibrometan este dehalogenat, microorganismele eliberând etilenă şi Br.

$$Br\text{-}CH_2 - CH_2\text{-}Br \rightarrow CH_2 = CH_2 + 2\ Br$$

Efectul pesticidelor asupra microorganismelor din sol

- În mod direct, prin schimbarea activităţii fiziologice a populaţiilor de microorganismelor descompunătoare.
- În mod indirect, afectând alte microorganisme, plante, animale.

Dacă pesticidele se aplică în doze normale, nu se produc schimbări cantitative şi calitative de lungă durată în comunităţile microorganismelor din sol. În cercetări, se folosesc doze de pesticide de 10 - 1000 de ori mai mari decât normal.

Schimbări în comunitatea microbiană a solului:

- Reducerea numărului total de microorganisme din sol, mai ales pentru: ***Nitrosomonas, Nitrobacter, Azotobacter, Rhizobium, Thiobacillus.***
- Bacteriile cu endospori (***Bacillus, Clostridium***), ciupercile şi protozoarele care produc forme de rezistenţă, sunt puţin sensibile la concentraţii ridicate de pesticide.
- Formele lor vegetative, pot fi sensibile însă: ***Bacillus cereus*** este sensibil la 2,4D. 2,4-D produce restricţia temporară a creşterii ciupercilor.
- Fungicidele schimbă compoziţia microflorei, devenind dominante unele specii fungice şi bacteriene. ***Trichoderma viride*** este dominantă în recolonizarea solului, după tratamentul cu fungicide. ***Trichoderma viride*** poate suprima dezvoltarea altor ciuperci ca ***Armilaria, Pythium, Rhizoctonia, Phytophthora***.
- Fungicidul pentaclornitrobenzen inhibă antagoniştii lui ***Pythium şi Fusarium,*** ceea ce duce la creşterea gravităţii îmbolnăvirilor.

Schimbări în activităţile microbiene din sol:

Activităţile microbiene, ca indicator ale efectului pesticidelor, includ:

- Producerea CO_2 ;
- Consumul de O_2 ;
- Nitrificarea
- Fixarea liberă şi simbiotică a N_2 ;
- Degradarea celulozei
- Amonificarea.

Ex. Efectul asupra nitrificării şi fixării N_2 : Erbicidul propanil (de la 50ppm la 30ppm), inhibă nitrificarea (de la 50ppm la 30ppm), la adâncime de 5 cm în sol. Erbicidul paraquat (peste 500ppm) inhibă nitrificare. Erbicidele triazinice inhibă diferit faza I şi faza II a nitrificării.Fungicidele micşorează viteza nitrificării. Heptaclorul şi Aldrinul (50-100 ppm) inhibă nodozităţile la Melilotus, în funcţie de sol.

In ciclul azotului:

a. Plantele verzi asimilează azotul sub formă minerală (săruri de amoniu, nitraţi. Leguminoasele utilizează şi N_2 prin microorganismele simbionte din nodozităţile radiculare **(= fixarea simbiotică a N_2).**

b. Microorganismele din sol şi din ape descompun **compuşii organici** cu azot, eliberându-l ca **amoniac (= amonificarea).**

c. **Amoniacul** este oxidat până **la nitraţi**, sub acţiunea microorganismelor nitrificatoare **(= nitrificare).**

d. **Nitraţii** pot fi reduşi **la N_2 (= denitrificare).**

Microorganismele reglează rezervele de azot din sol şi accesibilitatea lor pentru plantele superioare, prin asimilarea şi imobilizarea azotului, prin : amonificare, nitrificare, denitrificare, fixare simbiotică şi nesimbiotică a azotului.

AMONIFICAREA este procesul de mineralizare a compuşilor organici cu azot, prin care se eliberează azotul sub formă de **amoniac**. Azotul din compuşii organici, inaccesibil altfel, devine accesibil datorită amonificării. Amonificarea are loc la proteine, aminoacizi, acizi nucleici, şi nucleotide, nucleozide, baze purinice şi pirimidinice; la lipide şi glucide care conţin azot, creatinină, acid hipuric, uree, alcaloizi etc.

DESCOMPUNEREA PROTEINELOR DIN RESTURI VEGETALE, ANIMALE ŞI MICROORGANISME

A. MICROORGANISME PROTEOLITICE:

Bacterii **proteolitice:**

- obligat aerobe, sporulate: ***Bacillus cereus var. mycoides, Bac subtilis, Bac megaterium, Bac thermoproteoliticus;*** nesporulate: ***Serratia marcescens, Arthrobacter***;
- facultative anaerobe: ***Proteus vulgaris, Pseudomonas fluorescens;***
- obligat anaerobe: ***Clostridium putrefaciens.***

Bacteria proteolitică ***Bacillus cereus var. mycoides***, este cea mai activă pe medii de cultură, iar în sol, în condiţii naturale, cea mai activă este ***Proteus vulgaris***.

Actinomicete proteolitice: ***Streptomzces violaceus, Micromonospora chalcea.***

Ciuperci proteolitice (produc mult acid care neutralizează amoniacul): ***Penicillium, Aspergillus, Mucor, Rhyzopus,Alternaria*** etc.

B. BIOCHIMIA DESCOMPUNERII PROTEINELOR ARE 2 ETAPE:

HIDROLIZA ŞI DEZAMINAREA ŞI DECARBOXILAREA AMINOACIZILOR

1. **HIDROLIZA** este un proces extra şi intracellular, cuprinzând:
   - Hidroliza proteinelor în **peptide**, cu proteinaze.
   - Hidroliza peptidelor în **aminoacizi**, cu peptidaze.

$$\text{Proteine} \xrightarrow{H_2O + \text{proteinaze}} \text{peptide} \xrightarrow{H_2O + \text{peptidaze}} \text{aminoacizi}$$

Proteinazele sunt:

- **Serin–proteinaze**. Au în centru activ serină şi histidină. Sunt proteinaze alcaline pH optim 9-11.(proteinaza produsă de *Aspergillus,* de *Bac subtilis*– ***subtilizina***);
- **Tiol-proteinazele**, au în centru activ cisteină (tiol-proteinaza *streptococică);*
- **Proteinaze acide** (carboxyl-proteinaze), cu pH optim sub 5, produse de *Aspergillus niger, Penicillium janthinelum, Mucor pusillus.*;
- **Metaloproteinaze** , conţin Zn^{2+} , neutre, produse de *Bacillus subtilis*.

Peptidazele sunt.

- **Aminopeptidaze,** (îndepărtează câte un singur rest de aminoacid, de la extremitatea N-terminală a catenei , ex. *Aeromonas proteolitica*);

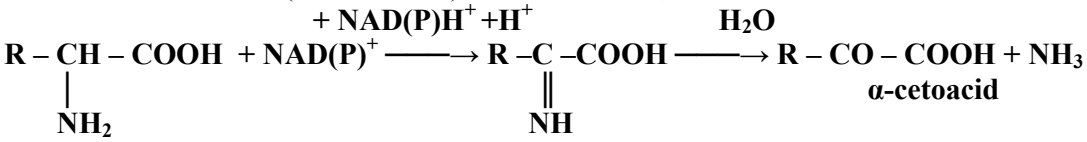
- **Carboxipeptidaze** (îndepărtează câte un aminoacid, de la extremitatea C-terminală a catenei , ex. Serin carboxipeptidaza – *Penicillium, Aspergillus*; metalcarboxipeptidaza)
- **Dipeptidaze** (hidrolizează dipeptide, ex, *Mycobacterium phlei*);
- **Peptidaze** pentru dipeptide de la extremitatea N şi respective C terminală a catenei peptidice.

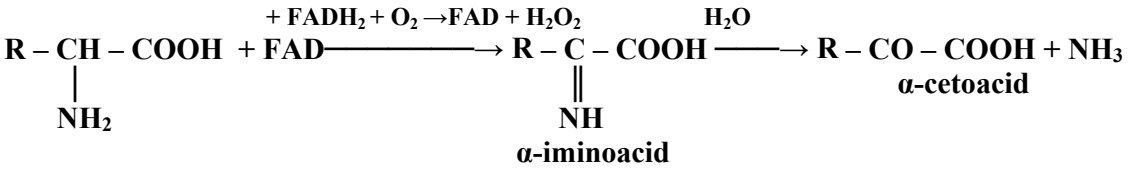
2. DEZAMINAREA ŞI DECARBOXILAREA AMINOACIZILOR

este un process intracellular.

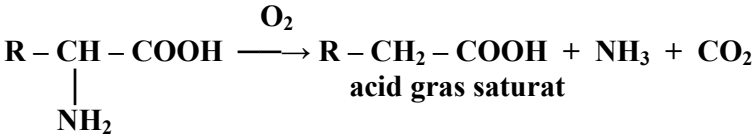
A. DEZAMINAREA OXIDATIVĂ

Cu aminoacid-dehidrogenaze + coenzima NAD sau NADP;
Cu aminoacid-oxidaze (flavinenzime)+coenzima FAD, cu enzime cu Cu sau cu vitamina B_{12}.

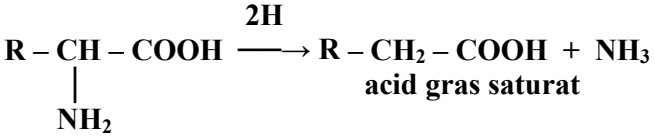




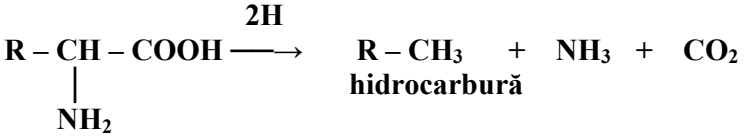
a[1] Dezaminarea oxidativă cuplată cu decarboxilarea:



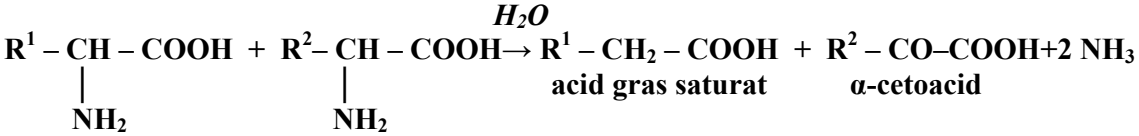
B. DEZAMINAREA REDUCTIVĂ



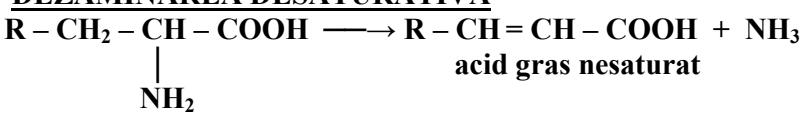
b[1] Dezaminarea reductivă cuplată cu decarboxilarea:



C) REACŢIA DE OXIDO-REDUCERE între doi aminoacizi (Reacţia Stickland)



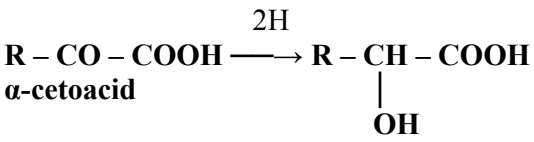
DEZAMINAREA DESATURATIVĂ



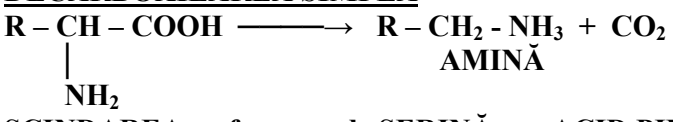
DEZAMINAREA HIDROLITICĂ

Gruparea NH_2 a aminoacizilor nu este hidrolizată de microorganisme.

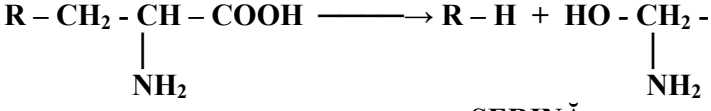
Apariţia α-hidroxiacizilor se explică prin reducerea **α-cetoacizilo**r formaţi pe calea dezaminării oxidative, iar alcoolii primary apar prin decarboxilarea α-hidroxi

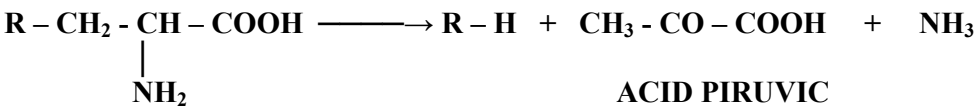


DECARBOXILAREA SIMPLĂ



SCINDAREA cu formare de SERINĂ sau ACID PIRUVIC+AMMONIAC





Descompunerea aminoacizilor produce substanţe toxice:

- din ornitină prin decarboxilare rezultă **putresceina, cadaverina**;
- din histidină – **histamină**;
- din tirozină – **tiramină**, care sunt toxice în doze mari.

Descompunerea acizilor nucleici cu eliberare de amoniac
ARN şiADN se găsesc în sol din resturi vegetale.
Descompunerea se face prin:

- depolimerizare la mononucleotide (nucleotide)
- hidrolizarea nucleotidelor cu formarea de nucleozide şi o-fosfat
- hidrolizarea nucleozidelor cu formare de baze azotate purinice sau pirimidinice şi a ribozei sau dezoxiribozei
- dezaminarea bazelor azotate.

Microorganisme descompunătoare:

- bacterii - ***Bacillus, Clostridium, Arthrobacter***,
- actinomocete – ***Streptomyces,***
- ciuperci – ***Aspergillus, Penicillium, Cephalosporium***, ***Mucor, Fusarium*** etc.

DESCOMPUNEREA LIPIDELOR DEŢINĂTOARE DE AZOT

Cefalinele, lecitinele, din resturi organice sunt hidrolizate enzymatic rezultând glycerol, acid gras, o-fosfat şi un compus cu azot : colamină, colină.
Artrobacteriile descompun colina până la glicină prin două oxidări successive şi 3 demetilări.

DESCOMPUNEREA GLUCIDELOR CU AZOT

Chitina, mureina – mucopeptid sau peptidoglucan din peretele bazal cellular al eubacteriilor, este un aminopolizaharid. Se descompun in sol, produşii finali fiind: $NH_3+2CO_2+H_2O$

DESCOMPUNEREA CREATININEI

Hidrolizarea creatininei → creatină → uree şi sarcozină →→ demetilare la glicină → $NH_3+2CO_2+H_2O$

DESCOMPUNEREA UREEI

Se face în sol sub acţiunea **urobacteriilor, actinomicetelor şi ciupercilor.**

În 1866 Pasteur a numit bacteria descompunătoare: ***Torula ammoniacale.***

Bacillus pasteuri şi Sporosarcina ureae sunt rezistente la pH alcalin.

Microorganismele descompunătoare descompun ureea din sol provenită din metabolismul azotului la mamifere (urină), din unele ciuperci, sau formată în cursul descompunerii bazelor purinice şi pirimidinice, a argininei şi creatininei, din îngrăşăminte sintetice. Ureaza microorganismelor şi ureaza acumulată în sol este descompusă la **amoniac şi acid carbonic.**

$$O{=}C(-NH_2) + H_2O \rightarrow (O{=}C(-NH_2) + NH_3 \leftrightarrow O{=}C(-NH_2) + NH_3) + H_2O \rightarrow 2\,NH_3 + H_2CO_3$$

DESCOMPUNEREA CIANAMIDEI DE CALCIU

Cianamida de Ca este un îngrăşământ artificial cu azot, conţinând carbură de calciu.

1. Cianamida de Ca + H_2O → **cianamidă** $(N \equiv C - NH_2)$ + **CaO**
2. **cianamidă** + H_2O → **uree** $(O = C(-NH_2)(-NH_2))$
3. **uree** + H_2O şi urează → $CO_2 + 2\,NH_3$

DESCOMPUNEREA ALCALOIZILOR

Alcaloizii provin din resturi de plante: din cafea – cafeină, din ceai – teofilină, din cacao – teobromină. Alţi alcaloizi sunt: nicotina, atropina, chinina.

Microorganisme din sol: bacterii - ***Pseudomonas putida, Ps fluorescens, Bacillus coagulans***, ciuperci - ***Penicilium***, folosesc alcaloizii ca sursă de C şi energie.

Alţi compuşi cu azot sunt de asemenea descompuşi de microorganismele din sol: vitamine, antibiotice, clorofile, medicamente, pesticide, cploranţi artificiali.

TRANSFORMĂRILE ALE AMONIACULUI

Transformări abiotice:

a) Amoniacul adsorbit de minerale argiloase, neutralizează acizii din sol.
b) Se volatilizează la pH-uri alcaline.
c) Este levigat din sol.

Transformări biotice: NH_3 şi sărurile de amoniu sunt asimilate de microorganisme.

NH_3 este oxidat la acid azotic şi nitraţi de microorganisme.

- Amonificarea în sol.
- Nitrificarea – oxidarea amoniacului la nitriţi în sol.
- Denitrificarea – reducerea nitriţilor până la N organic.
- **Fixarea biologică a azotului molecular.**
  Bacterii fixatoare de N_2 liber: Azotobacter, Azomonas, Klebsiella, Bacillus, Clostridium, Cianobacterii.
- **Fixarea simbiotică a N_2 în nodozităţi de către bacterii, actinomicete, cianobacterii.**

Concluzii

- Plantele verzi **asimilează azotul** sub formă minerală (săruri de amoniu, nitraţi) transformandu-l in azot organic.
- Microorganismele din sol şi din ape **descompun compuşii organici cu azot**, eliberând azotul ca **amoniac** ***(=amonificarea)***
- **Amoniacul** este oxidat până **la nitraţi**, sub acţiunea microorganismelor nitrificatoare ***(= nitrificare)***
- Nitraţii pot fi reduşi la N_2 ***(= denitrificare) .***

BIODEGRADAREA DEŞEURILOR ŞI REZIDUURILOR ORGANICE

(După **MAN C., IVAN I.**, 1999.Strategii în managementul deşeurilor şi reziduurilor. Cap.3. ***Biodegradarea (stabilizarea) nepoluantă a deşeurilor şi reziduurilor organice.*** Ed.MESAGERUL, Cluj-Napoca.p 73-107.)

Cuprins

Debarasarea mediului de povara deşeurilor şi reziduurilor.
Importanţa tehnologiilor de biodegradare (stabilizare) a deşeurilor şi reziduurilor organice
Biodegradarea naturală (spontană) a deşeurilor organice. Bazele teoretice ale biodegradării naturale (spontane) şi a biodegradării controlate (compostarea deşeurilor organice).
Microbiologia biodegradării
Biochimia degradării materiei organice
Transformările primare ale deşeurilor: *mobilizarea substratului* (degradarea, descompunerea). Descompunerea polizaharidelor: celuloză, hemiceluloze, pectinele, lignina, chitina, amidonul)
Transformarea secundară a deseurilor: *metabolizarea hidrolizatelor de către microorganisme*
Transformările biomasei
Biodegradarea controlată a deseurilor organice; compostarea deşeurilor în vederea reciclării lor ca fertilizanti pentru sol
Biodegradarea apelor reziduale

BIODEGRADAREA DEŞEURILOR ŞI REZIDUURILOR ORGANICE

Debarasarea mediului de povara deşeurilor şi reziduurilor.

Problematica menţinerii echilibrului biologic şi energetic din ecosisteme, asigurarea necesarului de materie organică şi, totodată, debarasarea mediului de deşeuri şi reziduuri, prezintă **două aspecte** importante, puternic motivate (Man si Ivan, 1999):

- 1. Cerinţa continuă a solului, in legătură cu **materia organică** „exportată" în cantităţi masive, prin producţia primară a ecosistemelor. În cazul **agroecosistemelor intensive**, consumul şi necesarul de materie organică sunt şi mai mari decât în ecosistemele spontane. Micşorarea procentului de materie organică din sol preocupă specialiştii din multe ţări, fiind ameninţat potenţialul agronomic a numeroase regiuni.
- 2. Marea **cantitate de deşeuri şi reziduuri** ce se adună din diversele activităţi practice (agricultură, industrie, activităţi casnice, sociale etc) şi care ameninţă starea de igienă a mediului ambiant.

Pentru asigurarea echilibrului biologic şi energetic din natură, pentru debarasarea mediului de povara deşeurilor, soluţia ideală este

- **reciclarea** lor,
- **reintroducerea substanţelor şi elementelor în ciclurile naturale.**

Problematica are importanţă actuală vitală, de supravieţuire a societăţii, având în vedere :

- Cheltuielile mari pentru eliminarea deşeurilor şi reziduurilor menajere şi industriale, reprezentând o mare problemă a marilor oraşe;
- Reducerea terenurile disponibile pentru depozitarea deşeurilor, cu prognoză tot mai sumbră pentru următoarele decenii;
- Gunoaiele menajere nu pot fi arse în totalitate, în ciuda marilor incineratoare construite lângă fiecare metropolă;
- Platformele de depozitarea deşeurilor au devenit biotop favorabil pentru microorganisme patogene, insecte, rozătoare, focare de poluare odorantă, cele mai insalubre perimetre, cu efect psihologic depresiv.
- Problema **dioxinelor**. Combustia necontrolată pe platforme şi chiar cea controlată în incineratoare a deşeurilor menajere, produce cantităţi mari de **dioxine şi furani**, de mare toxicitate, care se concentrează în mediu (apă, aer, sol) şi în lanţurile trofice, acvatice sau terestre. Literatura de specialitate din Canada, Anglia. Belgia, Olanda, S.U.A. etc, atestă faptul că pe zone întinse, aflate pe direcţia vântului ce poartă dioxinele de la platformele de

deşeuri incinerate, **incidenţa cancerului şi a fenomenelor toxice la oameni şi animale este semnificativ mai ridicată decât în zonele limitrofe.**

În aceste condiţii, este necesar ca toată cantitate de deşeuri să fie refolosită, **oricât ar costa** ajustarea calităţilor lor pentru noi destinaţii.

Agricultura - cel mai mare consumator al deşeurilor organice – poate deveni utilizatorul deşeurilor biodegradabile, ceea ce poate asigura o bază energetică pentru producţii crescânde şi pentru salubritatea mediului.

Modalităţile de reciclare a deşeurilor în agricultură şi sectoarele conexe, sunt multiple: fertilizarea solului, reciclarea energetică, reciclarea ca sursa directă sau indirectă de furaje pentru animale, etc. (Man si Ivan, 1999).

Importanţa tehnologiilor de biodegradare (stabilizare) a deşeurilor şi reziduurilor organice în agricultură

Deşeurile vegetale, gunoiul de grajd, dejecţiile semilichide, efluenţii din industria alimentară, nămolurile de decantare din staţiile de epurare din toate sectoarele, **pot fi folosite** ca atare, în **stare crudă**, neprelucrate, pe suprafeţe de teren bine dimensionate, **corelate** cu puterea de autopurificare a solului. Există multe avantaje, mai ales economice: investiţie mică, cheltuieli cu transportul reduse, întrucât se utilizează terenuri din apropiere, construcţii pentru depozitare reduse, absenţa staţiilor de prelucrare-stabilizare, deci reducerea cheltuielilor.

Utilizarea deşeurilor crude şi mai ales a dejecţiilor şi a apelor fecaloid menajere neprelucrate, prezintă o serie de **dezavantaje**, ce limitează acest mod de valorificare:

- **Potenţialul infectant şi infestant ridicat**;(pentru reducerea riscurilor de transmitere a bolilor la animale şi oameni, trebuiesc luate măsuri costisitoare: uscarea furajelor, însilozare sau tratament termic, carantina păşunilor cel puţin 21 zile, protejarea surselor de apă;
- Imensul potenţial poluant al mediului: peste 70 compuşi şi gaze ce produc poluarea odorantă, poluează solul şi apele freatice, biotop pentru insecte, rozătoare;
- Utilizarea dejecţiilor lichide nu se poate face tot timpul anului şi numai în anumite faze de vegetaţie;
- Reclamă suprafeţe mari de teren (0,5 ha/U.A.M.);
- Reziduurile cu umiditate mare reclamă mijloace de transport costisitoare;
- Apar situaţii neprevăzute: defectarea pompelor, carantină, îngheţ, etc.
- Un sol igienic, poate epura pe ha şi zi cca 2000 kg C.C.O. reuşind să degradeze materia organică, să fixeze P şi K; N este nitrificat şi transformat în nitraţi solubili (dar care pot leviga în freatic). (C.C.O.-consum chimic de oxigen pentru oxidarea substanţelor organice), Legislaţia din Franţa admite o încărcătură de 10 porci/ha, ceea ce înseamnă 70-80 kg N, 40-50 kg P_2O_5 şi 30-50 kg K_2O, apreciate drept cantităţi suportabile fără riscuri.
- Limitele agronomice ale fertilizării cu dejecţii constau şi în alte aspecte: - dezechilibre minerale; - opărirea vegetaţiei; - restricţii în funcţie de temperatură şi zona de vegetaţie; - restricţii de pH; - tipul de sol.

Din aceste motive, deşeurile organice de orice fel trebuiesc prelucrate în vederea reutilizării eficiente, nepoluante (Man si Ivan, 1999)**, vizându-se în principal următoarele deziderate:**

- deziderate economice: valorificarea integrală ca ingrăşământ organic fără pierderi de azot; reducerea volumului; reducerea cheltuielilor cu transportul;
- deziderate sanitare şi sanitar-veterinare: inactivarea agenţilor biotici patogeni pentru oameni şi animale; prevenirea poluării mediului;
- Alte deziderate: inactivarea seminţelor de buruieni; prevenirea degradării solului; reciclarea deşeurilor ca sursă directă şi indirectă de hrană pentru animale; reciclare energetică, etc.

Biodegradarea (stabilizarea) nepoluantă a deşeurilor şi reziduurilor organice

Biodegradarea naturală (spontană) a deşeurilor organice (Man si Ivan, 1999).

Bazele teoretice ale biodegradării naturale (spontane) şi a biodegradării controlate (compostarea deşeurilor organice)

Imediat după emisiunea lor (urină, fecale) sau după formare (deşeuri vegetale, animale, ape reziduale, nămoluri decantate, alte deşeuri organice), depozitate în grămezi (cele solide) sau bazine şi paturi de uscare (cele lichide), toate categoriile de deşeuri şi reziduuri organice sunt supuse acţiunii factorilor de mediu care le reduc volumul (cantitatea) şi complexitatea structurală.

În funcţie de tipul biodegradării, produşii finali pot fi :

- **H_2O+CO_2+energie** dacă biodegradarea este completă şi
- eventuale **minerale,** reintroduse în circuite ale materiei în natură, sau
- **produşi finali (intermediari)**, dacă procesul este controlat (compost, metan, energie, etc).

Factorii mediului ambiant ce influenţează sau realizează procesele de biodegradare a suportului organic sunt:

-**Factori fizici:** temperatura, umiditatea, radiaţia luminoasă, vântul, radiaţia ultravioletă;
-**Factori chimici**: oxigenul, bioxidul de carbon, pH-ul mediului, raportul C : N;
-**Factori biologici** (microbiocenoza si macrobiocenoza): bacterii, virusuri, ciuperci, protozoare, insecte coprofage, alte organisme parţial coprofage;
-**Calitatea suportului organic al deşeurilor** supuse biodegradării;
-**Relaţiile dominante** dintre speciile microbiocenozei (competiţie, prădare, parazitism, comensalism, sinergism, neutralism, antibioză);
-**Prezenţa şi concentraţia factorilor favorizanţi** ai procesului de biodegradare naturală;
-**Prezenţa si concentraţia factorilor adverşi** ai biodegradării naturale (antibiotice, dezinfectanţi, stabilizatori) (Man si Ivan, 1999).

Microbiologia biodegradării

Compoziţia chimică a deşeurilor organice este aceea a unui **material complex, de oxido-reducere**, supus acţiunii microorganismelor care-l utilizează ca sursă de energie, de C, O, N, H, S, Fe, ş.a.

În momentul emisiunii lor, mai ales materiile fecale şi urina, conţin o bogată şi variată componentă microbiană de origine enterală, a cărei activitate este repede preluată de microbiocenoza din mediul de depozitare.

La suprafaţa depozitelor de deşeuri se instalează microflora heterotrofă aerobă; în profunzime, microflora heterotrofă anaerobă, apoi protozoarele. Mai târziu, insectele coprofage îşi depun ouăle, se dezvoltă un mare numar de larve, viermi, la care se adaugă păsări şi mamifere ce consuma cantităţi variabile de reziduuri.

Microbiocenoza deşeurilor poate fi autotrofă şi heterotrofă, aerobă, anaerobă, facultativ aerob-anaerobă, de fotosinteză şi de chemosinteză (Man si Ivan, 1999).

Flora aerobă dominantă în dejecţii şi alte reziduuri organice: ***Bacillus vulgaris, B.subtilis, B.mesentericus, B.graveolens, Bacterium fluorescens, B.enteriditis, Escherichia coli, Bacterium vulgare, Micrococcus luteus, Micr. candicans, Micr. sulfureus, Micr. piogenes, Sarcina flava, Streptococcus pyogenes, Cytophaga, Cellovibrio, etc.***, precum şi (după Waksman) ***bacteriile nitrificatoare şi denitrificatoare, mixobacteriile*** şi frecvente ***bacterii patogene.***

Bacteriile anaerobe dominante sunt ***Bacterium cellulosae hydrogenicus, Metanobacterium, etc.***

Ciupercile, ce intervin în procesele de biodegradare sunt foarte bine reprezentate: genurile Monilia, Penicillium, Aspergillus, Rhyparobius, Aschopanus, Pilaira, Pilobolus, Sordaria, Circinella, Cladosporum, etc.

Protozoarele saprofite: flagelate (***Bodo endax, Monas***), amoebe (***A.limax***), ciliate (***Lembus pusillus, Cyclidium glaucoma, Uronema***).

Tabel 3.1. Procesele microbiologice aerobe şi anaerobe la degradarea reziduurilor (Verstraete şi col. 1973, citati de Man si Ivan, 1999)

Substratul atacat	Produsul final	Microorganismele
A. Degradarea aerobă		
Hidrocarburi alifatice **Hidrocarburi aromatice** **Hidrati de carbon, zaharuri,** **Grăsimi, acizi graşi,** **Proteine, aminoacizi**	**CO_2 H_2O** **CO_2 H_2O** **CO_2 H_2O** **CO_2 H_2O** **H_2O H_2S NH_3 CO_2**	**O mare varietate de bacterii, protozoare şi ciuperci heterotrofe aerobe**
S, S_2^-	**SO_4**	**Begiatoa, Thiotrix, Thiobacillus**
Fe^{++}	**Fe^{+++}**	**Ferobacillus**
H_2	**H_2O**	**Hydrogenomonas**
NH_3	**NO_2^- NO_3^-**	**Nitrosomonas, Nitrobacter**
B. Degradarea anaerobă		
Hidrocarburi alifatice **Hidraţi de carbon,** **Grăsimi,** **Proteine** **NO_3^-** **Fe^{+++}** **H^+**	**CO_2 acizi graşi** **CO_2 acizi graşi** **CO_2 acizi graşi** **NH_3, amine, acizi graşi** **N_2O N_2** **Fe^{+++}** **H_2**	**Un foarte mare număr de microbi heterotrofi anaerobi şi facultativ anaerobi, ciuperci micro-aerofile**
CO_2 acizi graşi	**CH_4**	**Metanobacterium, Metanosarcina, Metanococcus**
SO_4	**S**	**Disulfovibrio,** **Pseudomonas, Clostridium**

Efectul cumulat al factorilor abiotici şi **biotici (**această microbiocenoză complexă) este **reducerea** treptată a cantităţii şi complexităţii reziduurilor organice, **materia organică fiind simplificată la CO_2, H_2O, energie,** iar materia minerală **la elemente stabile**, ambele componente fiind introduse în alte **circuite materiale ale biosferei.**

Principalele căi metabolice de degradare a deşeurilor organice

În relaţiile de oxido-reducere. **microflora aerobă** utilizează oxigenul ca

acceptor de hidrogen, pe când **cea anaerobă**, face apel la alţi acceptori: NO_3^- , H^+, Fe^{+++}, SO_4^- , **microorganismele fotosintetizante** utilizează energia luminoasă în procesele de oxido-reducere, dar toate cele trei grupe de microorganisme coexistă în procesele de degradare naturală a reziduurilor(Man si Ivan, 1999).

1. ***cataliză bacteriana***

Deşeuri organice + O_2 ⟶ microorganisme anaerobe +CO_2 +H_2O

2. ***cataliză bacteriana***

Deşeuri organice +Acceptori de hidrogen ⟶ + CO_2 + CH_4 + H_2O

3. ***cataliză fotonica***

Deşeuri organice+CO_2+H_2O ⟶ *microorganisme de fotosinteza*+CO_2

Biochimia degradării materiei organice

Degradarea naturală a deşeurilor biodegradabile este în esenţă realizaă de către **microorganismele din mediu,** într-un proces fazial ce începe cu **hidroliza polimerilor şi consumul monomerilor**, **creşterea şi dezvoltarea biomasei** pe seama transferului de materie şi în final, **autoliza biomasei**, alături de rezultatele diferitelor catabolisme incluse în **alte circuite** ale biosferei (Jurubescu V., 1977; Ionescu A. si col., 1985, citati de Man si Ivan, 1999).

Fazele biodegradării se succed, se suprapun, coexistă, nu se pot separa momentele de început sau de sfârşit, dar întotdeauna predomină una sau alta.

În **condiţii naturale** durata biodegradării este lungă, **de 1-2 ani**, fiind mai lungă şi incompletă în **mediu anaerob**, mai scurtă şi avansată în **mediu aerob**.

În desfăşurarea lor, procesele de biodegradare, indiferent dacă se petrec în **depozite de deşeuri solide, în bazine de reziduuri lichide sau în sol** (pentru toate categoriile de deşeuri organice), parcurg două **faze obligatorii**:

1. **transformări primare** ce constau în mobilizarea substratului, adică descompunerea enzimatică a substratului şi
2. **transformări secundare**, ce constau în **asimilarea** de către microorganisme a produşilor hidrolizaţi din prima fază.

Transformările primare ale deşeurilor: ***mobilizarea (degradarea, descompunerea) substratului***

Mobilizarea substratului cuprinde ansamblul de reacţii biochimice prin care deşeurile organice sunt pregătite pentru asimilaţie de către micro- şi macroorganisme, în principal cu ajutorul echipamentului enzimatic de care acestea dispun.

Descompunerea polizaharidelor: ***celuloză, hemiceluloze, pectinele, lignina, chitina, amidonul***

Celuloza - descompunerea prin acţiunea hidrolizantă a microorganismelor este cunoscută din 1850. Importanţa celulozei în biosferă este extraordinară, dacă luăm în considerare următoarele date: cantitatea totală a celulozei din compoziţia organismelor vii de pe Pământ atinge : 700 miliarde tone, iar in substanţele organice din sol şi turbă se află 1400 miliarde tone.

Cele mai multe organisme celulolitice utilizează exclusiv carbonul din celuloză, cu ajutorul **celulazelor**, enzime ce conţin doi factori: unul de solubilizare şi altul de depolimerizare şi de eliberare a oligozidelor. ***Procesul de degrare a celulozei apare ca un proces hidrolitic depinzând de hidrolazele celulaza şi celobiaza. Rezultatul degradării: glucoza.***

Microorganisme celulozolitice: ***Cythophaga, Myxococcus, Cellvibrio, Cellfalcicula, Actinomyces sp., Bacillus cellulosae dissolvens, Bacterium sp., Clostridium sp., Pseudomonas*** şi multe ciuperci: ***Trichoderma Fusarium sp., Aspergillus sp.***

Hemicelalozeie - (polizaharide cu 5 si 6 atomi de carbon): arabanele, galactanele, xilanele 25~-30% în compoziţia paielor de gramineae) - se descompun treptat, după 8 zile.

Pectinele - component important al dejecţiilor la rumegătoare şi al deşeurilor vegetale grosiere. Ele sunt atacate de microorganisme specifice (***Pseudomonas, Prunicola***) posesoare a două enzime: pectinesteraza şi poligalacturonidaza. Produşii de degradare: acid acetic, acid butiric. acid formic, acid lactic, hidrogen: în descompunerea aerobă apar produşi finali: $H_2O + CO_2$.

Lignina - component al deşeurilor vegetale grosiere este desompusă de microorganisme posesoare de enzime polifenoloxidazice. Pe calea ingineriei genetice, la ora actuală se lucrează la producerea de bacterii capabile să metabolizeze lignina din furajele grosiere.

Chitina-este atacată de bacterii ce produc chitinaze: ***B. chitinovorus, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus, Klebsiella., E.coli, etc***.

Amidonul - bogat mai ales în dejecţiile rumegătoarelor, în apele uzate din industria alimentară şi în nămolurile de decantare. In reziduurile stocate, microorganismele ce produc a-amilază şi b-amilază atacă amidonul şi-1 scindează la monozaharide. Dintre microorganismele producătoare de amilaze: ***B.subtilis, Pseudomonas,Clostridium acetobutilicum, B.macerans***, etc.

Descompunerea proteinelor. Proteinele reprezintă cea mai importantă componentă a deşeurilor şi reziduurilor. Biodegradarea lor se face sub acţiunea enzimelor proteolitice sau proteazelor. Proteinele denaturate din dejecţii sunt hidrolizate intens de tripsină şi chimotripsină. Inafara proteinelor, în deşeurile organice se găsesc şi alte substanţe organice cu azot: bazele purinice, nucleozidele, nudeotidele, aminele, amidele, etc; descompunerea lor se realizează de către microorganisme ce dispun de amiaze - iar din astfel de scindări, se produce amoniac.

Transformarea secundară a deşeurilor: metabolizarea hidrolizatelor de către microorganisme

Din descompunerea primară a deseurilor organice sub actiunea enzimelor extracelulare rezultă molecule de substantă care constituie hrana cu carbon, azot si alte elemente necesare vietii microorganismelor. Acestea se inmultesc cu mare viteză reusind să-si dovedească prezenţa prin ridicarea ,empertnirii locale. Numărul microorganismelor creste de la câteva sute de milioane la câteva miliarde pe gram deşeu. Este clar ca, prin inmulţirea microorganismelor se produce o crestere a biomasei (bacteriană şi fungica), aceasta însemnând de fapt, transformări secunclare ale materiei organice.

Paralel cu descomhunerea materiei organice vechi, ia nastere prin biosinteză o materie organica nouă, proteină microbiană, mai rezistentă la biodegradare.

Pe lângă sintezele guvernate de activitatea vitală a microorganismelor se petrec şi sinteze conduse de enzimele sintetizante libere in masa deşeurilor. Asa are loc sinteza unor compuşi organici cu fosfor prin esterificarea glicerinei cu acid ortofosforic, sinteza levanelor din resturile fructozei sub actiunea levansucrazei (KISS ST. si col. 1977). Se produc de asemenea şi sinteze pur chimice. Caile de folosire de către microorganisme a produsilor rezultati din hidroliza enzimatică a reziduurilor si deseurilor sunt complexe, variate.

Transformările biomasei

Rezultă din cele expuse ca transformările primare si secunciare ale deseurilor organice au ca rezultat cresterea masei de microorganisme (în special bacterii si ciuperci), paralel cu pierderea de energie şi materii volatile.

Hidroliza si asimilarra substratului sunt urmate de moartea microorganismelor si degradarea lor, aceste două faze decurg simultan si au ca rezultat cantitatea si calitatea reziduurilor ramase după un timp detreminat la locul de depozitare sau prelucrare. În conditii naturale, microorganismele imită în mare măsură situatia din ecosistem controlat (cultura controlată): au o fază de adaptare, apoi una de crestere logaritmică, faza dle platou (crestere constantă), faza de crestere negativă sau de declin şi faza de prabusire a creşterii, când substratul nutritiv este epuizat. Dar aceasta curbă este rezultatul interactiunii unui mare număr de factori de influenta care trehuiesc cunoscuti şi precizati, atunci când se proiectează o biotehnică de degradare si reciclare a deseurilor.

Biodegradarea naturală a deşeurilor organice este în fond seturi de oxidoreduceri ce au ca rezultat reducerea treptata a continutului in materie organici, paralel cu concentrarea in materie anorganică stabilă (redata circuitului biosferei). Toate pierderile de substante organic (volatile în special) constituie factori de poluare a mediului ambiant (Man si Ivan, 1999).

BIODEGRADAREA CONTROLATĂ A DESEURILOR ORGANICE.

Bibliografie: MAN C.,IVAN I.,1999. Strategii în managementul deşeurilor şi reziduurilor. Cap.3. ***Biodegradarea (stabilizarea) nepoluantă a deşeurilor şi reziduurilor organice.*** **Ed.MESAGERUL, Cluj-Napoca.p 73-107.**

Cuprins:

Biodegradarea controlată a deşeurilor organice; compostarea deşeurilor
Biotehnici de compostare
Biotehnici de compostare în sistem gospodăresc
Compostarea extensivă
Compostarea intensiva aeroba, Compostarea intensiva anaeroba, Compostarea mixta aerob-anaeroba
Alte biotehnici de compostare în sistem gospodăresc.
Biotehnica compostării nămolului de decantare din straţiile de epurare
Biotehnica compostării reziduurilor menajere, stradale şi industriale
Biotehnica compostării aerobe a amestecurilor complexe de deseuri si rezidii diverse
Biotehnica compostării paielor si a altor deşeuri vegetale pentru obţinera de "gunoi artificial"
Procedee de grăbire a biodegradării în grămezile de compostare
Biotehnici de compostare în sistem industrial

Biodegradarea apelor reziduale
Epurarea apelor
Preepurarea apelor uzate
Epurarea mecanică si mecanico-chimică a apelor uzate (epurare primară)
Epurarea biologică a apelor uzate (epurare secundară).
Epurarea biologică naturală. Epurarea biologică artificiala
Epurarea tertiară a apelor uzate
Stabilizarea nămolurilor de decantare
Biodegradarea (epurarea) dejecţiilor semilichide din fermele zootehnice
Epurarea în ferme de mică capacitate. Epurarea în ferme si complexe zootehnice de mare capacitate.
Stabilizarea mirosurilor
Ecarisarea teritoriului

BIODEGRADAREA CONTROLATĂ A DESEURILOR ORGANICE

Compostarea deşeurilor pentru reciclărea lor ca fertilizanti

Noţiuni generale.

În sprijinul necesităţii transformării deşeurilor organice în ingrăşăminte stabilizate, igienice, foarte valoroase si nepericuloase, există numeroase **argumente tehnice, economice, igienico-sanitare si de prevenire a poluării aerului, apelor naturale si a solului.**

Biodegradarea controlată a deşeurilor organice în vederea prelucrării şi a utilizării ca îngrăşământ este denumită ***compostare. Compostarea cuprinde transformările fizico-chimice, biochimice si microbiologire simultane sau succesive pe care le suferă deşeurile si reziduurile organice, de la starea lor initiala, si pâna la diferite stadii de humificare, rezultând un produs nou: compostul.***

În funcţie de condiţiile de aerare, temperatură si umiditate, substanţa organică din deşeurile de origine vegetală, animală, artificială, evoluează către o stare nouă, destul de stabila la biodegradare, având un raport C : N similar sau apropiat cu cel al humusului din sol. În literatura de specialitate din România se utilizează mai des **noţiunea de fermentare (gunoi fermentat) decât cea de „compostare".**

Biochimia si microbiologia compostării deşeurilor sunt similare proceselor de biodegradare spontană, deosebindu-se de acestea prin interventia omului, care dirijează procesul, controlând durata si factorii de influenţă.

Materialele brute de la începutul compostării ***(paie, pleavă, coceni, frunze, lemn, deşeuri din livezi, dejecţii umane si animale, reziduuri stradale si alimentare, deseuri menajere, celuloza, textile, lana, etc.)*** sunt diferite de **stadiul descompus** al acestor materiale. În funcţie de gradul de compostare, apar **faze intermediare**, distingându-se:

- **Compost brut**, in care materialele de origine se recunosc cu uşurinţă;
- **Compost semifăcut** ;
- **Compost făcut**, mare parte convertit in humus;
- **Compost pământos** (mraniţa).

Compoziţia chimică a unui compost bun cuprinde: cca 50% substanţă organică; pH=7-8; azot total - 0,2-4%; fosfor - 0,5-2%; K, Ca, Mn, Mg - cca 1%; compostul de bună calitate are un miros placut, aspect omogen în toată grămada, umiditatea sub 40%. Durata compostarii: 3-4 luni, 6 luni sau un an, variată în functie de procedeul utilizat (Man si Ivan, 1999).

Biotehnici de compostare

In funcţie de calitatea şi cantitatea deseurilor, dotarea tehnică şi scopul urmărit, se pot utiliza mai multe biotehnici de compostare in sistem gospodăresc sau de tip industrial.

Biotehnici de compostare în sistem gospodăresc

Compostarea extensivă. **Deşeurile vegetale si animale** sunt aruncate în grămezi dezordonate, plasate lângă adăposturi sau la capatul terenului ce urmează a fi fertilizat.

Durează cca un an, compostarea este incompletă, se pierd elemente fertilizante si temperatura maximă de 40-45°C ce se realizează nu permite inactivarea germenilor patogeni, a elementelor parazitare si a semintelor de buruieni. Poluarea mediului este masivă (Man si Ivan, 1999).

Compostarea intensivă aerobă

La originea acestor biotehnici de compostare aerobă dirijată stau STEINER R. (procedeul biodinamic) si HOWARD A. (procedeul Indore).

Se pot utiliza practic toate categoriile de deseuri organice disponibile: **gunoi de grajd, paie, buruieni, pleavă, fan degradat, frunze, vreji, alge, deseuri din livezi, vii. legumicultură, hamei, rumeguş, etc**. Se recomanda maruntirea (**zdrobirea)** resturilor vegetale.

- Raportul C : N optim este **33 : l**.
- Straturile se depun afânat si se remaniaza (**aerează**) la interval de 2-3 săptămâni.
- Compostarea se face in platforme la suprafata terenului cu înălţimea maximă de 2 m, sau în fose late de 1,2 m si adanci de 0,9 m.
- **Durata: cca 3 luni**.
- În fermele gospodăreşti mici, platforma (gramada) de gunoi si de alte deşeuri poate avea dimensiunile:
  - ***baza mare 2,5-4 m,***
  - ***baza mica 1 m,***
  - ***înăltimea 1,8-2 m.***

- **Biodegradarea aerobă este intens exoterma**, încât temperatura urcă la **60-65°C sau 70-80°C** valori capabile sa **inactiveze agentii biotici patogeni, ouăle si larvele de paraziţi, semintele de buruieni.**
- Ca îngrăşământ, compostul rezultat are o valoare ceva mai redusa, prin pierderile mari de azot.

Compostarea intensivă anaerobă

- In platforma sau grămada de compostare **se elimină aerul;**
- pentru aceasta, deşeurile cu umiditate mare, peste 70% se depun în **straturi de peste 2 m grosime**, **tasate, late de 4 m si lungime după cerinţe**.
- In absenţa oxigenului se dezvolta microflora anaerobă care ***descompune lent si incomplet celuloza, hemiceluloza, pectinele, partial lignina***.
- **Compostarea anaerobă poate fi realizată şi în platforme semiîngropate sau ingropate**.
- Duratra compostarii este lungă, ***6 luni - un an***,
- **valoarea fertilizantă a compostului este mare,** pierderile de azot sunt mici**.**
- Temperatura realizata este mai mica:
  20-25°C iarna si 30-35°C vara; ea nu este capabilă sa inactiveze germenii patogeni, acestia fiind distrusi prin alte mecanisme.

Compostarea mixtă aerob-anaerobă

Compostarea mixtă aerob-anaeroba (metoda KRANTZ) combină compostarea aerobă cu cea anaerobă (Man si Ivan, 1999).

- Pe platformă (la suprafata, semiîngropată sau fosa ingropată) **se aseaza straturi** de

0,8-1,0 m deşeuri organice ce se lasă **aerate 3-4 zile (afanate)** pentru fermentaţia aerobă, după care **se tasează** si se adaugă **noi straturi**, pană la o înalţime finală de 3-4 m, cand **se acoperă cu un strat de pământ. Durează 4-5 luni**, este o metodă greoaie si **nu** asigură distrugerea sigura a microorganismelor patogene (temperatura maxima ce se realizeaza: 55°C).

Alte biotehnici de compostare în sistem gospodăresc.

- Faţa de tipurile clasice aerobe sau anaerobe descrise si care in principal se referă la **compostarea în vederea reciclării a dejecţiilor solide (gunoi de grajd) obţinute în fermele zootehnice,**
- există si alte variante de biotehnici, utilizate **pentru nămolurile de decantare, reziduurile menajere, stradale, fecalele umane, mâlul apelor, a plantelor acvatice si a deşeurilor vegetale neconvenţionale (altele decât paie, pleava, fân degradat).**

Biotehnica compostării nămolului de decantare din staţiile de epurare

Cercetări efectuate în România de mulţi autori, au condus la rezultate bune în compostarea nămolurilor de decantare a dejecţiilor semilichide provenite din complexele de porcine ISCIP - Caracal, ISCIP - Peris (PAPACOSTEA P. si col. 1977. 1978). ISCIP - Palota (C.C.B. Cluj-Napoca) şi alte unităţi (IONESCU ŞIŞEŞTI GH. si col. 1976; POPA A. si col. 1976; ŞTEFANESCU I. si col. 1976, citaţi de Man si Ivan, 1999).

Au fost produse şarje de compost atât prin

- biodegradare spontană, cât şi în
- biodegradare controlată, prin administrarea unor **biopreparate microbiene** din culturi de bacterii si ciuperci selectionate.

Nămolul amestecat cu paie şi alte deşeuri vegetale în **proporţii de 2-4 părţi paie la 1 parte nămol** pentru **corectarea raportului C:N** (nămolul de porc are raportul 18:1) **la valori de peste 25:1, ajungându-se la 44 : 1.** Biodegradarea spontană şi mai ales cea controlată s-a desfăşurat în bune condiţii, cu modificări fizice (temperatură, umiditate), chimice (materie organică, azot total, nitrati) şi bacteriologice caracteristice compostării.

Pentru a obtine **compost de bună calitate**, PAPACOSTEA P. si ŞTEFANIC GH. au utilizat diferite amestecuri vegetale + biopreparate de culturi bacteriene, actinomicete si ciuperci selecŢionate, într-o biotehnică perfect controlată. Dintre rezultatele obţinute în compostarea dirijată a nămolurilor in amestec cu diferite deşeuri vegetale, menţionăm pe cele citate de ŞTEFANIC GH.1982 (tab. 3.2).

Tabelul 3.2. Buletinul analizei de calitate a unor composturi produse din nămol porcin în amestec cu diferite resturi vegetale (după Ştefanic Gh şi Chirnoceanu I. 1982, citati de Man si Ivan, 1999)

Variante de compostare cu amestec de 9 părţi nămol + 1 parte paie (in grautate)	Umiditate finală kg apă/t	Cenuşă	Carbon organic %	Azot total %	Fosfor total %	C:N	Azot nitric N (mg/100g)
Nămol + paie de grâu	335	56,8	21,4	2,04	1,86	10,5	22,2
Nămol + coceni de porumb	315	64,3	15,0	1,03	1,71	14,5	22,7
Nămol + tulpini de floarea soarelui	481	66,4	16,7	1,67	2,86	10,0	20,0

Biotehnica compostării reziduurilor menajere, stradale şi industriale

Utilizarea reziduurilor menajere, stradale şi industriale în agricultură este legată de centrele populate şi dezvoltarea lor puternică.

Compozitia reziduurilor este foarte varibilă, incluzând elemente uşor biodegradabile (resturile alimentare), altele cu fermentare lenta (hârtie, cartoane) si altele practic nedegradibile biologic (zgura, cenuşă, metale, etc).

Actualmente se practică pe scară largă compostarea în comun a reziduurilor menajere cu nămolurile de decantare de la staţiile de epurare.

Procedeul este utilizat cu bune rezultate in Elvetia. Franta, Suedia, S.U.A. În multe platforme de colectare şi staţii de epurare compostarea se realizează în **sistem gospodăresc (aerob), dar în prezent funcţionează în lume foarte multe statii industriale de compostare rapidă si ultrarapidă a reziduurilor menajere, stradale şi industriale.**

Procedeul francez "ALCYON BYOTERMIQUE" de reciclare ecologică a deşeurilor menajere cu **producere de compost, biogaz si BIOSOL-HUMUS**, recumoscut pe plan mondial, este utilizat in comuna Voluntari - Bucuresti, de uzina pentru reciclarea deşeurilor menajere, cu suport financiar al Societătii franco-române LEA INTERNATIONAL IMPEX si al BANCII N10NDIALE, inceput în decembrie 1997(Man si Ivan, 1999).

Biotehnica compostării aerobe a amestecurilor complexe de deşeuri şi rezidii diverse. In multe ţări ale lumii (China, India, SUA, Mexic) se practică **compostarea amestecurilor formate din deşeuri vegetale, plante acvatice, dejecţii animale şi umane, mâlul unor ape, deşeuri menajere şi nămolul din staţiile de epurare in tehnologii gospodareşti, fără o dotare tehnică pretenţioasă.**

Această modalitate de compostare s-a impus mai ales, in ţările in care dejecţia umană şi reziduurile fecaloid menajere au fost utilizate în stare crudă la fertilizare, având ca rezultat extinderea alarmantă a infestaţiilor parazitare la oameni.

Biotehnica compostării paielor şi a altor deşeuri vegetale pentru obţinera de "gunoi artificial". Paiele şi alte deşeuri vegetale sunt bogate in celuloză, hemiceluloze si lignină, dar sărace in azot. Pentru ca microorganismele celulozolitice să poată hidroliza substratul, este **nevoie de azot**. De aceea, paiele şi celelalte deşeuri sunt **tratate cu săruri de amoniu, azotaţi, cianamidă, uree, săruri de calciu, de fosfor şi potasiu, se umectează** şi se clădeşte o grămadă în care compostarea se produce cam în 3 luni. Compostul de bună calitate obţinut se numeşte "gunoi artificial".

Procedee de grăbire a biodegradării în grămezile de compostare. Pentru reducerea duratei biotransformărilor substratului organic supus compostării, s-au încercat şi s-au obţinut rezultate bune, prin utilizarea unor adaosuri (Man si Ivan, 1999):

- Introducerea in grămada de compostare a unor **biopreparate - produse macerate** ale unor plante medicinale (muşeţel, urzică, păpădie, valeriană, coada calului), care printr-un mecanism asemănător cu cel hormonal pot dirija intensitatea şi direcţia biodegradărilor. Astfel de preparate se comercializează in tări, ca Franţa, Germania. Elvetia, Olanda, etc;
- Prepararea de **maia**, din culturi selectionate de bacterii, ciuperci şi actinomicete si introducerea ei in grămada de compostare;
- Introducerra in grămada de compostare a unor **concentrate enzimatice**:
- Corectarea raportului **C : N la valori de 33 : 1** sau chiar mai mari;
- **Controlul aerării si a umidităţii** în grămada de compostare, corectarea **pH-ului**, etc.

Biotehnici de compostare în sistem industrial

Sistemul gospodăresc de compostare a deşeurilor şi administrarea in stare neprelucrată a unor reziduuri in agricultură, s-a perpetuat in toate ţarile lumii, până in jurul anului 1920. Ulterior, la marginea marilor metropole s-au acumulat munţii de deşeuri şi reziduuri de toate felurile, cantităţi uriaşe de nămoluri de decantare a apelor fecaloid menajere şi industriale. Degradarea lor prin ardere a devenit mult prea costisitoare şi poluantă. Marile complexe zootehnice industriale au produs înnecarea zonelor limitrofe în dejectii. La acestea se adaugă înăsprirea legislatiei de protectia mediului. Ca urmare, biodegradarea, dezodorizarea si igienizarea tuturor categoriilor de deseuri şi a nămolului pe calea compostarii aerobe, a devenit cea mai eficientă metodă.

Până la aparitia biotehnicilor de compostare dirijată asanarea mediului de deşeuri şi reziduuri era urmărită exclusiv de municipalităţile şi conducătorii de ferme zootehnice. După descoperirea posibilităţilor de a obţine produse noi, cu mare valoare de întrebuinţare, **prin compostare**, întreprinzătorii particulari au devenit interesaţi de aceste metode. Debutul înfiinţării unor întreprinderi pentru valorificarea nămolurilor si reziduurilor menajere l-au făcut HOWARD A. in 1931 şi PFIFFEK E. (1945), citati de Man si Ivan, 1999. Rentabilitatea îlor a fost dovedită şi marele capital a intrat in circuit, apărând numeroase întreprinderi industriale, s-au brevetat procedee şi linii tehnologice, utilaje şi instalaţii, apar relaţii concurenţiale pentru concesionarea dreptului de prelucrare a gunoaielor şi nămolurilor.

Procedeele tehnice de compostare utilizate pe plan mondial sunt foarte diversificate, dominând două concepţii tehnologice:

1. Biotehnici care pun accent pe **compostarea forţată,** realizată astfel:
   - **reziduurile menajere si stradale,** după ce se separă corpurile dure si masele plastice, se **amestecă (sau nu) cu nămoluri organice**,
   - se ajustează raportul C: N **la 25 : 1** cu dejecţii si alte reziduuri organice si
   - sunt introduse în containere, unde **se oxigenează** continuu, în mod forţat si uneori **se adaugă culturi microbiene termofile**.
   - În câteva ore temperatura creşte la 50-60°C, amestecul se dezodorizează repede şi compostul este terminat în 2-14 zile.
   - **Se usucă la aer cald până umiditatea atinge 30%, se brichetează si se ambalează**. Compostarea **nu ajunge până la apariţia compuşilor humici.**

2. Biotehnici care, după terminarea compostării, folosesc în faza a doua a producţiei, **tehnica industrială**. Procesul în **prima sa fază** se desfăşoară după cum urmează: deşeurile se depozitează in fose sau pe platforme betonate, grămezile fiind **aerate**, înalte de 1,5-3 m, iar materialul să aibă umiditate de 50-60%, raportul C:N de 20-25:1. **După 3-4 luni**, compostul intră pe linia tehnologică industrială. **Condiţionarea finală** a compostului se realizează mecanizat: **se sortează** metalele, sticla, masele plastice, bolovanii, restul se macină şi se cerne prin site de 10 cm, apoi de 2 cm diametrul orificiilor, după care **produsul final se ambalează in saci**, pungi sau se livrează în vrac, după cerinţe.

Dintre biopreparatele produse pe scară industrială, care s-au impus pe piaţa europeană, amintim: „BIOCAMPO"- compost produs de firmia italiană „ ITALCAMPO", încercat cu bune rezultate si la noi in ţară, de către IONESCU - ŞIŞEŞTI V. (1978). „BIO-VEGETAL"-îngrăşământ organico-biologic realizat de compania italiană „TERSANPUGLIA" si „SUDITALIA".

Reciclarea deşeurilor organice prin compostare şi utilizarea lor ca îngrăşământ este o strategie economică şi ecologică pe termen lung.

Asocierea marilor producători de deşeuri organice la un agroecosistem poate introduce în balanţa energetică a terenurilor agricole cantităţi însemnate si cunoscute de materie, la preţ accesibil. Trebuie avut in vedere şi dimensionarea agroecosistemelor în funcţie de disponibilul de deşeuri organice a zonei limitrofe şi dacă acestea nu dispun de resurse suficiente, înfiintarea sectorului zootehnic este remediul cel mai favorabil (după Man C., Ivan I., 1999.).

Biodegradarea (epurarea, stabilizarea) apelor reziduale menajere, industriale şi a dejecţiilor semilichide din fermele zootehnice

EPURAREA APELOR UZATE

Procedeele de biodegradare a apelor uzate de toate provenienţele, inclusiv a dejecţiilor semilichide sunt extrem de variate. Ele se pot desfăşura în mod natural (spontan, necontrolat), sau controlat (spaţii artificiale cu degradare forţată), în mod aerob sau anaerob; toate biotehnicile de epurare vizează recuperarea - reciclarea componenţilor valorosi, redarea în circuitul ecosferei a reziduurilor nevalorificabile şi protecţia mediului ambiant (Man si Ivan, 1999).

Treptele epurării apelor reziduale sunt următoarele:

- Preepurarea;
- Epurarea primară: mecanică si mecanico-chimică;
- Epurarea secundară: epurarea biologică (biodegradarea);
- Epurarea terţiară: dezinfecţia si dezodorizarea.

Preepurarea apelor uzate

În cadrul staţiilor de epurare a apelor uzate orăşeneşti si din industria alimentară există posibilitatea (si necesitatea) separării solidelor grosiere, a nisipului, a grăsimilor, uleiurilor si a altor substante grase care ar periclita funcţionalitatea treptelor ulterioare de epurare. În principal este vorha de următoarele aspecte:

• ***Îndepărtarea solidelor grosiere***: bucăţi de lemn, hârtie, resturi animale şi vegetale, bolovani etc. Reţinerea acestora se poate face trecând apa uzată prin **grătare metalice** cu spaţii între bare de **l0-200 mm.**

• ***Deznisiparea*** - constă în reţinerea si îndepărtarea nisipului prin sedimentare în bazine cu o lungime de **10-20 ori mai mare** decât adâncimea lor maximă.

• ***Separarea grăsimilor, a uleiurilor şi a altor materii grase***: separarea grăsimilor si a uleiurilor este necesară şi pentru că acestea pot fi reciclate avantajos în **industria săpunurilor**, iar pe de altă parte, **fiind insolubile şi nemiscibile cu apa**, îngreunează procesul de oxigenare şi biodegradare a apei. Procedeul este obligatoriu de utilizat în spaţiile de epurare a apelor fecaloid menajere orăşeneşti, a celor din abatoare, fabrici de conserve din carne, lapte, peşte, fabrici de uleiuri, fabrici de margarină şi in general din industria alimentară. Separatoarcle de grăsimi pot funcţioma pe baza de

sedimentare (apa intră si iese prin partea inferioară, grăsimile se adună la suprafaţă): pentru creşterea randamentului, unele tehnologii prevăd insuflarea de aer sub presiune sau chiar utilizarea unor substanţe chimice.

Epurarea mecanică şi mecanico-chimică a apelor uzate (epurare primară)

Treapta mecanică de epurare vizează eliminarea cât mai eficientă a materiilor în suspensie prin sedimentarea acestora în bazine de decantare: suspensiile depuse formează nămolul, iar apa decantată este reciclată ca atare sau trecută in alte trepte de epurare. Eficienţa sedimentării depinde de suprafaţa instalatiei, iar **timpul mediu este de 2-4 ore**. După sensul de circulaţie al apei, bazinele decantoare pot fi orizontale sau verticale iar pe secţiune rectangulare sau circulare: evacuarea nămolului se face intermitent în staţiile mici şi continuu în cele mari. Pentru a se grăbi procesul de sedimentare si a-i creşte eficienţa, in bazinele de sedimentare se pot introduce asa numitele **substanţe coagulante**, dintre care mai utilizate în ţara noastră sunt **sulfatul de aluminiu tehnic, hidroxidul de calciu, sărurile de fier, zgura de la fabricarea aluminei, polielectroliţi si chiar zeoliţi naturali** (MAN C. 1986).

In staţiile de epurare a apelor uzate din marile metropole, abatoare si fabrici de conserve, există modalităţi industriale, rapide, de separare a fazei lichide de cea solidă: **centrifugare, site vibratoare, bandă storcătoare filtrantă** etc. Din treapta mecanică de epurare **rezultă doi efluenţi**: ***apa de decantare*** ce poate fi utilizată pentru irigaţie-fertilizare a teremurilor agricole ori deversată in receptori naturali (cu pericol epizootologic şi epidemiologic), sau trecută în treptele următoare de epurare şi ***nămolul decantat***, ce este supus treptelor următoare de biodegradare-stabilizare in vederea reciclării (Man si Ivan, 1999).

Epurarea biologică a apelor uzate (epurare secundară)

Epurarea biologică a apelor uzate de toate categoriile vizează biodegradarea substantelor organice, fenomen extrem de complex, ce include mecanisme fizico-chimice, acţiunea microorganismelor, a macroorganismelor, in prezenţa sau absenţa oxigenului. Fenomenele se pot desfăşura in mod natural sau artificial, dar **apele uzate trebuie să îndeplinească anumite însuşiri calitative pentru a putea fi biodegradabile**. Vaicum L., 1974 (citat de Man si Ivan, 1999) introduce noţiunea de **tratabilitate**, care se referă la **raportul CBO_5 : CCO;**

- **un raport de 0.5 : 1 indică o bună tratabilitate,**
- **la un raport de 0,5 : 1- 0,3 : 1 flora microbiană are nevoie de timp de adaptare,**
- **raportul de 0,1-0,2: l, arată că apa uzată este nebiodegradabilă pe cale naturală.**
- **Raportul dintre CBO_5 : N : P trehuie să fie de cca 100 : 5 : 1.**

Epurarea biologică naturală.

Se bazează în esenţă pe capacitatea naturală de autoepurare a solului şi a apelor naturale. Asigură un **grad avansat de biodegradare-epurare (peste 85-90%)** dar reclamă suprafeţe mari de teren, luciu de apă şi timp mai indelungat.

Epurarea biologica naturală (Man si Ivan, 1999) se poate efectua in mai multe variante, depinzând de tipul de efluent, cantitatca, calitatea acestuia, terenul disponibil si condiţiile locale:

- **Câmpuri de infiltraţie-irigaţie** - unde epurarea apelor uzate este cuplată cu valorificarea lor pentru fertilizarea-irigarea culturilor vegetale. **În solurile aerate, igienice, permeabile, substanţele organice se mineralizează repede.** Se recomandă distribuirea apei uzate prin drenuri subterane; aspersiunea si şanţurile descoperite favorizează poluarea odorantă a mediului şi nu rezolvă inactivarea agenţilor patogeni.
- **Iazurile biologice** - sunt utilizate pentru epurarea simultană mecanico-biologică sau numai biologică a apelor epurate mecanic. **Se bazează pe puterea naturală de autoepurare a apei.** Viteza de circulaţie a apei este mică, adâncimea iazurilor are 0,5-1,5 m, suprafaţa totală de regulă mare şi timpul necesar este lung (zeci de zile).

Epurarea biologică artificială

Se vizează reducerea suprafeţelor de teren scoase din uz, creşterea debitului şi a eficienţei biodegradării, chiar dacă reclamă cheltuieli de investiţie şi consum energetic. Principalele modalităţi utilizate sunt următoarele:

- **Epurarea în biofiltre**: pe suporturi din materiale dure (piatră, zgură, mase plastice) se

dezvoltă o **membrană biologică alcătuită din microfloră** complexă si foarte activă, cu o extraordinară capacitate de biodegradare a suportului organic. Apa uzată este trecută peste aceste filtre şi debarasată de impurităţi organice cu un randament de cca 80%. **Oxigenarea** biofiltrelor este obligatorie. Desi au eficienţă bună, se utilizează în unităţile cu volume mici de apă uzată.

- **Bazine de aerare cu nămol activ**: procedeul se bazează pe amestecul apei uzate cu nămol activat, aerat si agitat în bazine speciale. Nămolul activ este o biocenoză complexă ce include bacterii, protozoare (flagelate, ciliate, metazoare (nematode, rotifere) si ciuperci. De remarcat că deşi biocenoza cuprinde cam aceleasi specii, ea prezintă **o compozitie relativ specială** pentru fiecare categorie de apă uzată. Preocupările din ultimii ani au ridicat eficienţa epurării si au scurtat timpul de actiune in acest sistem, prin îmbunătăţirea tehnicilor de aerare si selectionarea culturilor de microorganisme utilizate.
- **Filtre intermitente cu nisip**: sunt bazine umplute cu nisip si prevăzute cu fund drenant. Epurarea se face mecanic prin filtrare şi biologic, prin efectul biodegradant al peliculei de „zooglee" de pe suprafaţa nisipului. Procesul este eficient, dar randamentul scăzut; se utilizează numai unde există exigenţe excepţionale faţă de calitatea efluentului ce este dirijat în receptor natural.

Epurarea tertiară a apelor uzate

Epurarea avansată (sau tertiară) se foloseşte de regulă in continuarea celorlalte două trepte de epurare şi vizează un grad ridicat de epurare, mai ales în cazurile in care apa trebuie restituită unor **emisari** in care s-ar putea dezvolta procese de **eutrofizare (lacuri**) sau în legătură cu problema reciclării apei in circuitul tehnologic.

Epurarea tertiară (Man si Ivan, 1999) se bazează pe procese fizico-chimice folosite în tehnologiile chimice:

- **Adsorbţia,** fenomen de reţinere pe suprafaţa unui corp denumit **adsorbant**

a moleculelor unei alte substante, denumite **adsorbat**;

- **Neutralizarea**, operaţie aplicată apelor uzate acide sau alcaline in scopul aducerii pH-ului la valorile admise de norme, in primul caz folosindu-se ca **neutralizanţi laptele de var, dolomita calcinată**, iar in cel de-al doilea caz, **gazele de ardere (datorită continutului lor in CO_2), CO_2 îmbuteliat sau acizi reziduali industriali**;
- **Flotaţia**, proces de antrenare a particulelor solide de bulele de gaz care se ataşează de acestea;
- **Extracţia**, bazată pe solubilitatea selectivă a unor componenţi chimici ai apei uzate în care se introduce un solvent, care permite in final, după sedimentarea particulelor solide, realizarea a **două straturi lichide: rafinatul şi extractul**, extractul reprezentând componentul ce trebuie extras, in amestec cu solventul, strat care se separă prin procedee tehnice adecvate şi din care se recuperează apoi solventul ;
- **Distilarea** prin care pe principiul vaporizarii se separa apa de substanţele chimice si suspensiile continute, microorganismele continute fiind de asemenea distruse;
- **Îngheţarea,** bazată pe formarea de cristale de gheaţă, care conţin apa pură si care se pot separa din soluţia reziduală îmbogaţită în impurităţi:
- **Spumarea,** bazata pe formarea de spume în care are loc acumularea unor impurităţi prezente in apă: ea este stimulată prin procedee de insuflare de aer în masa apei uzate si dă rezultate in cazul substanţelor poluante superficial active, care au capacitatea de a micşora tensiunea superficială a apei, cum ar fi detergenţii, proteinele sau compuşii lor de descompunere:
- **Osmoza inversa,** constând în folosirea principiului osmozei directe, bazat pe trecerea apei printr-o membrană permeabilă pentru apă, dar impermeabilă pentru săruri, dinspre soluţia diltiată catre soluţia conccentrată sub efectul unei diferenţe de presiune, dar cu inversarea sensului - dinspre apa cu impurităţi catre soluţia diluată, printr-un joc corespunzator al presiunilor, permiţând obţinerea apei curate, dintr-una bogată in săruri;
- **Schimbul ionic**, bazat pe proprietatea unor materiale de a schimba, sub influenţa unor ape

mineralizate conţinand saruri ionizante, ionii din apa cu ionii proprii, realizând astfel demineralizarea apei. Procedeul este costisitor si se aplică în practică pentru tratarea apelor de alimentare, pentru eliminarea ionilor de metale grele si recuperarea unor materiale valoroase sau in zonele cu deficit mare de apă în care se impune o epurare completă a apei de substanţe reziduale neeliminate prin alte metode de epurare;

- **Oxidarea chimică**, reprezentand cea mai avansată formă de îndepărtare a impurităţilor, realizată prin **oxidarea lor completă**, până la produşi minerali simpli **(bioxid de carbon, oxizi de azot etc**); se utilizează pentru aceasta o gamă largă de produşi chimici cu proprietăţi oxidante (**ozonul, apa oxigenată si clorul cu produşii săi: bioxidul de clor, hipocloritul etc):**
- **Electro-dializa**, constând din electroliza apei impurificate introdusă într-un compartiment separat de electrozi prin membrane prin migrarea ionilor spre electrozii catre care au afinitati, in compartimentul central se realizează o scădere a concentraţiilor de saruri. Demineralirarea prin acest procedeu este numai parţiala si poate fi aplicată daca substanţele organice sunt îndepărtate în prealabil din apa supusă tratării;
- **Dezinfecţia**, definită ca ansamblul de măsuri menite să asigure distrugerea agenţilor patogeni, astfel încât apa tratată să îndeplinească condiţiile de calitate impuse; ea se realizează cu agenţi care să nu fie toxici pentru oameni şi animale, să nu denatureze caracteristicile organoleptice ale apei, convenabile totodată din punct de vedere al costului, iar manipularea, transportul şi stocarea să nu prezinte dificultăţi, aşa cum sunt, de exemplu, **clorul si compusii lui**, care sunt cei mai frecvent utilizaţi. Dezinfecţia apelor uzate se execută numai **in situaţii exceptionale**: când se impune o epurare avansată pentru neutilizarea apei, în cazurile certe de transmitere a unor boli infecţioase şi parazitare pe calea apelor uzate etc. Este de reţinut faptul că orice substanţă dezinfectantă utilizată, aduce prejudicii reciclării ulterioare a apelor si namolului decantat obţinute in staţiile de epurare
  Dintre dezinfectanţii utilizaţi, menţionăm: **clorul gazos, varu1 cloros, clorura de var, cloramina, formolul, soda caustică, acizii minerali (HCl, H_2SO_4**) etc. (MAN C. 1986, 1989). Pe plan mondial si national (COSTEA şi col. 1972) s-a experimentat si metoda utilizarii **radiaţiilor ionizante** in dezinfecţia apelor uzate, dar aceasta încă nu este perfect stapânită tehnic, economic si ecologic.

Cazul special al epurării apelor radioactive. Epurarea apelor reziduale de substanţele radioactive urmăreşte să împiedice ajungerea acestora în medii acvatice în concentraţii peste limitele admisibile, măsurate ca activitate specifică: **(C/g sau C/ml, C fiind unitatea Curie definită prin 3,7 x 10^{10} dezintegrări pe secundă)**. Activităţile specifice ale efluenţilor diferitelor surse de impurificare radioactivă se clasifică astfel: **activitate în urme** (10^{-4} mC/ml) ; **activitate mică** (10^{-4} - 10^{-1} mC/ml) ; **activitate medie,** până la mare (10^{-1} mC/ml - 10^{-1}C/ml); **activitate foarte mare** (>10^{-1}C/ml).

Apele din prima categorie pot fi manipulate direct, fără protecţie. Cele din categoria a doua permit staţionarea numai pe timp limitat a persoanelor in apropierea bazinelor de acumulare, iar cele din ultimele două categorii pot fi manevrate numai de personal protejat in mod corespunzător împotriva radiaţiilor.

Metodele de tratare a apelor reziduale radioactive (Man si Ivan, 1999) sunt:

- ***diluarea (dispersarea***), ***concentrarea şi stocarea***. Spre deosebire de diluare, posibilă in cazul apelor uzate cu radioactivitate depăşind cu puţin pe cea admisibilă, celelalte folosesc, de la caz la caz, diferite metode şi procedee adecvate, cum ar fi:
- ***fixarea concentratelor de ape uzate prin solidificare***, adică folosirea acestora la prepararea betoanelor, fixarea pe argile topite, apoi impreună cu alti constituienţi pentru fabricarea de sticlă şi ceramică (se inchid astfel reziduurile radioactive în forme solide, din care solubilizările se fac greu);
- ***tratarea chimică***, prin care se concentrează radionuclizii prezenţi într-un volum mic de nămol, usor separabil de lichidul continând o activitate suficient de mica pentru a fi dispersat în emisar;
- ***coagularea,*** componentă a tratării chimice si care merită o atenţie particulară , datorită

eficienţei ei (in special coagularea cu fosfat de calciu care permite îndepărtarea unor radionuclizi foarte periculoşi, cum ar fi stronţiul;

Epurarea cu ajutorul gelului de fosfat (Man si Ivan, 1999)		
Radionuclidul	**Coagulantul**	**Eficientă, %**
Strontiu	**Gel de fosfat de calciu în exces de Na~Pc4**	**97,8**
Ytriu	**Gel de fosfat de calciu în exces de KH~POa**	**99.9**
Ceriu	**Gel de fosfat de calciu in exces de Na3POa**	**99.9**
Stibiu	**Gel de fosfat de calciu in exces de Na3P0a**	**67.4**

- ***tratatrea prin schimbători de ioni***, folosibila la ape fară suspensii, coloizi sau slab saline (in principal, folosibile la apele uzate din circuitul primar de răcire al reactoarelor);
- ***evaporarea***, având mare eficientă în tratarea apelor cu activitate medie si mare si cu cantitati mici de suspensii (reziduurile concentrate lichide si/sau solide urmeaza a fi ulterior stocate);
- ***concentrarea biologică*** bazată pe capacitatea microorganismelor şi algelor de a concentra radionulizi (cu observatia că organismele distruse trebuie îndepărtate continuu, intrucat după moarte activitatea acumulată este redată mediului);
- ***îndepărtarea finală***, care foloseste diferite procedee de stocare, de la stocarca în bazine si rezervoare din metal inoxidabil (uneori protejate la exterior cu pereti de beton) si până la îndepartarea finală în teren (care se face în formatii geologice mai mutt sau mai puţin adânci, între care se remarcă cu avantaje salinele abandonate, datorită impermeabilităţii solului, a conductibilitătii termice mari si lipsa activitaţii seismice).

Stabilizarea nămolurilor de decantare

In vederca reciclării (utilizării, valorificirii) nămolurilor se utilizează mai multe metode de stabilizare: îngroşarea (concentrarea); fermentarea aerobă fermentarea anaerobă; dezhidratarea pe paturi drenate si în iazuri de nămol compostarea. Principial, procesele ce au loc în nămolul prelucrat sunt similarc cu cele din dejecţiile animaliere (Man si Ivan, 1999).

Biodegradarea (epurarea) dejecţiilor semilichide din fermele zootehnice

Epurarea dejecţiilor semilichide provenite din fermele zootehnice cuprinde cele 4 etape general valabile pentru toţi efluenţii cu ridicat conţinut biodegradabil:

- Colectare - stocare;
- Separarea fracţiei lichide de cea solidă;
- Tratare - stabilizare;
- Recuperare - valorificare - reciclare;

Varietatea procedeelor de epurare este însă enormă; se pot utiliza de la cele mai simple tehnici de epurare naturală, până la cele mai sofisticate procedee industriale.

Epurarea în ferme de mică capacitate

Biotehnicile utilizate în fermele de mică capacitate ca si in unităţi alimentare sunt de regulă cele naturale, amintite la epurarca apelor uzate, adică:

- Epurarea în câmpuri de irigare;
- Epurarea în câmpuri de înfiltrare;
- Epurarea în puţuri, lagune, gropi săpate sau depresiuni naturale în apropierea fermelor;
- Epurarea în iazuri;
- Epurarea în bazine şi fose;
- Epurarea prin filtrare;
- Compostarea.

Majoritatea acestor procedee utilizează suprafeţe mari de teren pe care le scot din circulaţie, poluează mediul ambiant, prezintă pericol epizootologic si epdemiologic, dar au avantajul cheltuielilor reduse.

Epurarea în ferme si complexe zootehnice de mare capacitate cu staţii de epurare.

Obiectivul staţiilor de epurare a apelor uzate din zootehnie si industria alimentară constă în separarea nepoluantă a fazei lichide de cea solidă, şi recuperarea, prin reintroducerea (reciclarea) acestora, in cicluri bioeconomice utile agriculturii si societăţii (Jurubescu. 1977; Man, 1986, după Man şi Ivan, 1999). În evolutia lor, staţiile de epurare au parcurs mai multe etape, existând la ora actuală 4 mari tipuri:

- ***staţia de epurare I***, cu separare pasivă a celor 2 faze si fermentare anaerobă. Se utilizează pentru reziduurile cu încărcătură organică redusă; au multe neajunsuri, printre care: ocupă teren mult, produc poluare odorantă, este o biodegradare lentă, necontrolabilă si efluentul nu corespunde de regulă, cerinţelor de protecţia mediului.
- **Staţia de epurare II**, cu separare activă, cu stabilizare anaerobă a fazei solide şi aerobă a fazei lichid. Epurarea este mai rapidă, mai completă, procedeul este mai scump.
- **Staţia de epurare III**, cu separare activă intercalată şi stabilizare aerobă forţată, are perfecţionări la toate treptele, stabilizarea este intens aerobă, fazele sunt separate prin procedee speciale: filtrare, stoarcere, centrifugare, biofiltrare etc.

Staţii de epurare speciale (IV) ce vizează obţinerea de produse finite: carbon pur, negru de fum, gaz metan, brichete si cuburi nutritive, concentrate proteice, panouri de prefabricate composturi complexe etc. (Man si Ivan, 1999).

Stabilizarea mirosurilor

Poluarea mediului ambiant prin emisiuni odorante datorate reziduurilor digestivo-metabolice si adăugate este frecvent menţionată in bibliografia de specialitate (MAN C.. 1986, 1994, 1995, 1997; BIENFAIT, 1984; JURUBESCU, 1977; SCHIRZ, 1975, etc): s-au depistat pâna in prezent peste **70 gaze si compuşi cu miros neplăcut**, **ce apar in platformele de dejectii, fose sau bazine de colectare si stocare**. În geneza poluanţilor odoranţi intervin numeroşi factori de influenţă: natura substratului, încărcătura cu microorganisme, temperatura, pH-ul, prezenţa sau absenţa oxigenului, etc.

Atenuarea degajărilor nocive de gaze odorante se poate face prin mai multe mijloace: depozitarea dejecţiilor solide în platforme si prelucrarea aerobă, anaerobă sau mixtă a acestora; acoperirea bazinelor şi foselor ce colectează dejecţii scmilichide; evitarea agitării mecanice a purinului şi dejecţiilor semilichide în fose; prelucrarea biologică a acestora.

Controlul chimic (stabilizarea) al mirosurilor poate fi făcută prin utilizarea a numeroase soluţii tehnice:

- Stabilizarea prin dezinfectanţi: NaOH, acizi minerali, formol, sau prin utilizarea unor reziduuri de antibiotice cu spectru larg care stopează fermentaţiile putride pe o perioadă de 1-3 săptămâni;
- Stabilizarea cu agenţi de mascare: amestecuri de uleiuri aromatice cu miros propriu puternic, care acoperă mirosul dejecţiilor;
- Stabilizarea cu agenti biodegradabili: preparate bacteriene sau enzimatice ce elimină mirosurile pe cale biologică;
- Stabilizarea cu agenţi absorbanţi: produse cu o suprafaţă de contact mare, care absorb mirosul înainte de a fi răspândit in mediu (se comercializează în Franţa, Germania, Suedia);

Stabilizarea prin deodoranţi chimici specifici: este o metodă de perspectivă şi constă in utilizarea unor agenţi oxidanţi puternici: clorul si produsele clorigene (45 g/porc/zi, $KMnO_4$, 1%, persulfat de amoniu (17 kg/t dejectii), superfosfat, var nestins, sodă caustică (0,9% din S.U. a dejecţiilor), paraformaldehida, sărurile metalelor grele şi o serie de preparate comerciale speciale. Dar există multe necunoscute si riscuri în utilizarea acestor stabilizatori (Man si Ivan, 1999).

Stabilizarea (neutralizarea) cadavrelor (ecarisarea teritoriului).

Din fermele zootehnice si întreprinderile de industrializarea carnii, pot apare cadavre si confiscate; unele provin în urma bolilor infecţioase şi parazitare, altele din alte cauze, dar toate sunt periculoase din punct de vedere igienico - sanitar si ecologic, motiv pentru care trebuiesc stabilizate.

Modalitatile frecvent utilizate după situaţia epizootologică şi dotarea tehnica, sunt urmatoarele: prelucrarea şi valorificarea în înreprinderi aparţinând S.C.Protan S.A., neutralizarea în cimitire de animale si puţurui seci, distrugerea prin ardere pe rug sau prin incinerare în crematorii.

În România, dacă până în anul 1989 situatia stabilizării cadavrelor şi confiscatelor era în oarecare măsură pusă la punct, după această perioadă ea s-a degradat continuu. Astfel, într-un studiu efectuat de DECUN L. şi col (1997) în 37 judeţe cu 2427 circumscriptii sanitar-veterinare, se constată următoarele: ***cimitirele de animale*** au mai rămas numai în 206 comune si ele nu respectă prevederile legislative; ***puţurile seci*** reprezintă forma cea mai raspândită de stabilizare (1,8%), deşi amenajările nu corespund in totalitate cerintelor de igienă; ***distrugerea prin incinerare în crematorii*** se practică numai în 1% din comunele investigate, iar prelucrarea în întreprinderi "Prottan" (economică, igienica, ecologică) se asigură doar pentru 14,4% din comunele studiate.

Autorii studiului (incluzând si Agentia Naţională Sanitar-Veterinară) constată un lucru grav: în 1094 comune din România 45%, din cele studiate) nu există o modalitate rezonabilă de ecarisare a cadavrelor, adică nu au cimitir de animale, puturi seci, crematorii şi nu se află pe traseul de colectare a cadavrelor de către S.C. Protan S.A. (Man si Ivan, 1999).

CAPITOLUL 4.

RECONSTRUCŢIA BIOTOPURILOR ŞI ECOSISTEMELOR DEGRADATE

RECONSTRUCŢIA ECOLOGICĂ - PRINCIPII, NOI ORIENTĂRI, PERSPECTIVE

Consideratii generale.

În România preocupările aplicative pentru recostrucţie ecologică, bazate pe cercetări fundamentale aprofundate şi de lungă durată asupra biodiversităţii, protecţiei mediului şi utilizării durabile a patrimoniului resurselor naturale sau antropizate, au constituit obiective importante ale institutelor de cercetare ştiinţifică şi de învăţământ superior, de-a lungul ultimelor trei decenii, sincronizate la nivel european şi mondial. Pe suportul formării profesionale universitare şi de cercetare, fondatorii şcolii româneşti de ecologie aplicată la mediu dar şi cercetătorii sau practicienii contemporani au abordat cercetării sistemice integrate zonal şi global (Botnariuc 1976, Botnariuc, Vădineanu, 1982, Stugren, 1994, Vădineanu, 1998, Cristea 1993, Cristea, Gafta, Pedrotti, 2004,), **pentru a soluţiona:**

- probleme practice de protecţie ambientală corelate cu productivitatea, conservarea şi dezvoltarea durabilă a ecosistemelor naturale, agricole, silvice, urbane etc.(Cristea, 2006, Dordea, Coman, 2005, Fabian, Onaca, 1999, Fiţiu, 2004, Malschi, 2003,2004,2005, Malschi şi colab. 2005, Munteanu şi colab.2005, Puia şi colab. 2001);
- probleme de management integrat a impactului de mediu în diferite activităţi economice poluante(Haiduc, Boboş, 2005, Ozunu, 2000, Ozunu, Teodosiu, 2002, Răuţă, Cârstea, 1983,) precum şi
- reconstrucţia ecosistemelor în urma distrugerii biocenozelor din zone afectate de dezastre naturale şi antropice, de poluare şi disfuncţii tehnologice, de schimbările climatice actuale etc. (Cristea 1990, 1993, Cristea, Gafta, Pedrotti, 2004, Kiss, Drăgan-Bularda, Paşca, 1993).

Efectul distructiv al factorilor perturbatori şi al dezastrelor ecologice asupra biocenozelor naturale sau antropizate, **impune reconstrucţia ecologică a zonei afectate sau denudate de vieţuitoare, în scop** ambiental, sanogenetic (parcuri, zone verzi), peisagistic, agricol sau silvic, antierozional sau protectiv faţă de schimbările climatice şi tehnologice actuale şi de perspectivă.

Reconstrucţia ecologică, aplicată pe substrate abiotice, biotopuri poluate, contaminate, halde de steril, materiale de descopertare si alte reziduuri rezultate din exploatari miniere si din alte activitati industriale, agricole etc., **operează cu metode tehnice şi biologice** care pot asigura ecogeneza sau sucesiunea ecologică secundară, respectiv:

- **înfiinţarea fito şi zoo-cenozelor de pionierat, concomitentă cu**
- **pedogeneza, refacerea microbiotei, humusului şi proprietăţilor solului;**
- **reconstrucţia fito şi zoocenotică, cultivarea , colonizarea speciilor şi stabilizarea relaţiilor interspecifice favorabile productivităţii şi echilibrului biocenotic al noului ecosistem.**

Funcţiile mediogene şi de reglaj ale fitocenozelor asigură reconstrucţia ecologică prin: fixarea reliefului antropic, reglajul pedogenezei şi protecţia solului, formarea zoocenozelor şi conservărea faunei, reglajul microclimatului, intercepţia precipitaţiilor şi reglajul hidric, atenuarea vitezei vântului, diminuarea scurgerilor de suprafaţă, a eroziunii de profunzime (alunecări de teren, ravene, ogaşe), a depunerii de aluviuni etc. (Cristea, 1993, Cristea, Gafta, Pedrotti, 2004).

Considerând că reconstrucţia ecologică este un domeniu actual deosebit de important pentru asigurarea calităţii mediului şi precizând **rolul fitocenologiei în reconstrucţia ecosistemelor,** Cristea (1993) accentuează că aceasta, îşi poate îndeplini „valenţele ecologice" pe baza documentaţia oferite de cercetările fitosociologice. Ele demonstrează că structurile eco-cenotice viabile, protective şi productive, sunt cele supuse selecţiei îndelungate în condiţiile biotopului particular, modelul lor putând fi urmat cu succes în reconstrucţia ecologică aplicată zonal.

Experienţa acumulată în domeniu argumentează o serie de **aspecte metodologice**:

- **fixarea şi înierbarea** digurilor, taluzurilor drumurilor, rupturilor de pantă etc. cu bune rezultate, prin utilizarea combinaţiilor de specii spontane, bazându-se pe însuşirile florei locale de a suporta condiţiile de mediu specifice zonei (Ziemiankowski, Şerbănescu, 1967 , citaţi de Cristea (1993);
- **terenurile degradate prin exploatările miniere** au fost reintegrate în circuitul ecologic şi economic, cu bune rezultate, prin utilizarea unui complex de specii ierboase şi lemnoase, apropiat de structura comunităţilor spontane (Marossz, Fekete, 1981, citaţi de Cristea (1993);
- **pădurea de luncă**, supusă la presiuni antropice îndelungate şi puternice, poate fi, parţial, reconstruită ecologic, prin măsuri care să aplice modelul de structură al fragmentelor de vegetaţie rămase de-a lungul apelor curgătoare (Spîrchez, Strîmbu, 1960); - eşecul înfiinţării **culturilor forestiere** de păduri monodominante şi simplificate structural, (Negulescu, 1997, după Cristea, 1993).

Colonizarea vegetaţiei pe steril - pe substratul abiotic rezultat prin alterarea profundă a mediului natural, în urma diferitelor activităţi economice, în industria extractivă şi în construcţii, prin acumularea sterilului după extragerea minereului, prin realizarea iazurilor de decantare, a autostrăzilor, barajelor, lacurilor de acumulare, etc. – se realizează prin etape particulare de ecogeneză.

Sterilul, iniţial abiotic, se populează cu speciile-pionier, care au o mare amplitudine de toleranţă ecologică la variaţiile fatorilor ambientali. La instalarea acestei vegetaţii pe steril, concurenţa interspecifică este mică sau nulă. Se formează asociaţii alcătuite dintr-un număr mic de specii, care fixează panta, cum sunt ***Rumex scutatum cu Galeopsis angustifolia,*** iar pe pantele nordice, umede, ***Rumex cu Tussilago farfara.***

Pe pantele mobile se instalează vegetaţie cu sistem radicular puternic ramificat de suprafaţă şi de adâncime, totodată, care rezistă la alunecările de teren, precum şi curpenul de pădure - ***Clematis vitalba.***

Pe substratele cu cărbune (care se încing la soare, având peste 38°C) se instalează o vegetaţie termofilă şi xerofilă. Pe sterilul cu conţinut de metale, se instalează specii metalofite specializate (pentru seleniu – o serie de ***Leguminoase***, pentru stronţiu – ***Graminee,*** pentru zinc – specii calaminare etc.) (Fabian, Onaca, 1999).

Colonizarea şi fixarea reliefului antropic de către fitocenoze depinde de capacităţile adaptative ale comunităţilor de plante, de variabilitatea ecotipică (biodiversitatea genetică) a speciilor componente, de proprietăţile fizico-chimice ale materialului de bază (Cristea, Gafta, Pedrotti, 2004).

Distribuţia pe verticală a speciilor ce colonizează haldele de steril de **la minele de cărbuni** este în funcţie de temperatura materialului depus (23-57°C), la bază fixându-se bioforme hemicriptofile (firuţa de livezi–***Poa pratensis,*** trifoiul-***Trifolium arvense***), urmând nivelul cu bioforme terofile anuale (***Vulpia, Daucus carota, Tunica prolifica***) şi nivelul cu bioforme camefile (iarba de şoaldină – ***Sedum acre***).

Distribuţia pe verticală a speciilor ce colonizează haldele de steril de **la minele de metale neferoase** (Pb, Zn, Cu) este în funcţie de expoziţia pantei.

Spre nord, de la bază spre vârf se instalează : ***1 Acer campestre, 2 Arrhenatherum elatius, 3 Luzula luzuloides, 4 Urtica dioica, 5 Agrostis tenuis, 6 Deschampsia flexuosa.***

Spre sud, de la bază spre vârf se instalează: ***1 Acer campestre, 2 Arrhenatherum elatius, 6 Deschampsia flexuosa, 7 Galium verum, 8 Dianthus carthusianorum şi Festuca ovina*** (după Acheroz, 1985, Banasova, 1988, citaţi de Cristea, Gafta, Pedrotti, 2004)**.**

"Reintegrarea în peisaj şi în circuitul economic al acestor forme de micro- şi mezorelief se poate accelera prin ameliorarea condiţiilor edafice, care însă presupune investiţii foarte mari, justificabile într-o perspectivă pe termen lung (strategie care trebuie să caracterizeze orice investiţie umană în gestionarea ecosistemelor)" **(**Cristea, Gafta, Pedrotti, 2004**).**

Reconstrucţia ecologică a haldelor de steril, a zonelor poluate şi degradate

Reconstrucţia ecologică a haldelor de steril *„presupune o stimulare şi dezvoltare a studiilor şi acţiunilor menite să armonizeze activitatea social-economică cu cerinţele marelui echilibru ecologic". „Studiile fitocenologice pot oferi o baza stiintifică în găsirea unor soluţii optime, corecte din punct de vedere ecologic şi economic avantajoase, de copertare şi fixare sau şi de utilizare a haldelor de steril în agricultură" (Cristea, 1990).*

În sprijinul ideii de reconstrucţie ecologică, pe voluminoasele halde de steril, acumulate la minele de cărbune, de sare, de metale feroase şi neferoase, la termocentrale şi alte activităţi industriale, **argumentele se referă la: toxicitatea sterilului, la aspectul inestetic, la pericolul alunecării reliefului antropic, la necesitatea reintegrării lor în circuitul economic.**

Model de reconstrucţie ecologică la iazul de decantare Anieş –Rodna, Bistriţa-Năsăud.

Studiul început din 1987 la iazul de decantare Anieş, aduce un model pentru metodele tehnice şi biologice aplicate. **Iazul de decantare**, rezultat din sterilul de la staţia de flotare a Exploatării Miniere Rodna (jud. Bistriţa Năsăud) **a fost infiinţat în anul 1973**. Aici s-au amenajat 11 nivele, cu terase de 3,8 - 4,0 m lăţime şi taluzuri de cca 2,5 m înălţime şi înclinaţie de 45-50°. Sterilul este lipsit de substante organice, are un pH de 8,5 şi conţine metalele grele Pb, Mn, Fe, Cu, Zn ce depăşesc valorile prevazute de normative**,** sulf, arseniu, cadmiu, magneziu etc. Aceste condiţi impiedică dezvoltarea spontană a vegetaţei, instalarea microbiocenozei şi afectează sănătatea populaţiei. **Pentru declansarea fitocenogenezei**, s-a efectuat consolidarea cu arocament la bază, copertarea cu glii înierbate, uniform sau în "romburi" şi plantări cu ***Pinus nigra*** şi ***Robinia pseudacacia***. La baza iazului, în condiţii de umiditate crescută, s-a instalat spontan o vegetaţie lemnoasă de arini, încadrată la asociaţia ***Aegopodio–Alnetum glutinosae.*** Vegetaţia ierboasă, instalată **pe taluzuri** aparţine la 2 asociatii: ***Fuestuco rubrae–Agrostietum tenuis*** şi ***Agropyretum repentis*** **(syn.** ***Agropyro-Convolvuletum arvensis***. Fitocenozele prezintă stadii diferite de evoluţie, în funcţie de vechimea nivelului, de gradul de intervenţie umană şi de expoziţie a terenului. Pe terasele III şi IV acoperirea generală a taluzurilor (50-95%) este superioară teraselor (15-40%). Diversitatea specifică este superioară pe taluzuri faţă de terase. Structura fitocenozelor pioniere de pe terase păstrează fondul floristic al taluzelor (50-70%), cu selecţia impusă de biotop. Pe terase, instalarea vegetaţiei se face dinspre marginea internă spre cea externă, pe fâşii de 0,5-1 m lăţime, datorită scurgerilor de suprafaţă ce antrenează mici cantităţi de sol. S-a constatat că instalarea vegetaţiei se poate realiza în timp optim prin acoperirea cu un strat de minimum 10 cm de sol, ceea ce devansează procesul de cenogeneză cu cel puţin două-trei decenii (Cristea, 1990).

Soluri tehnogene formate pe halde de steril miniere

(Bibliografia: Kiss Stefan, Daniela Paşca, Dragan-Bularda M., 1993. Enzimologia mediului înconjurător. Enzimologia solurilor tehnogene. Vol. II. Ed. Ceres, Bucureşti).

Modelele de reconstrucţie ecologică prin revegetare şi pedogeneză, prin refacerea microbiotei şi potenţialului enzimatic al solului, precizează rezultatele cercetărilor pentru realizarea solurilor tehnogene pe diferite halde de steril şi substrate poluate abiotice, în funcţie de textura haldei, tipul exploataţiei miniere şi de vegetaţia specifică zonei. Se prezintă schiţa tehnologiei aplicate şi speciile vegetale pedoformatoare (după Kiss, Drăgan-Bularda, Paşca, 1993).

Modelele de reconstrucţie ecologică prin bioremediere, revegetare şi pedogeneză
(după Kiss, Drăgan-Bularda, Paşca, 1993)

1. În cazul unei halde cu **textura de loess, de la o exploataţie de cărbune brun la zi din zona de Silvostepă, Ucraina, Jurkov,** s-au studiat:

- Recultivarea de 3 ani cu **Arin negru** ***(Alnus glutinosa)*** **+ Pin silvestru** ***(Pinus silvestris)***

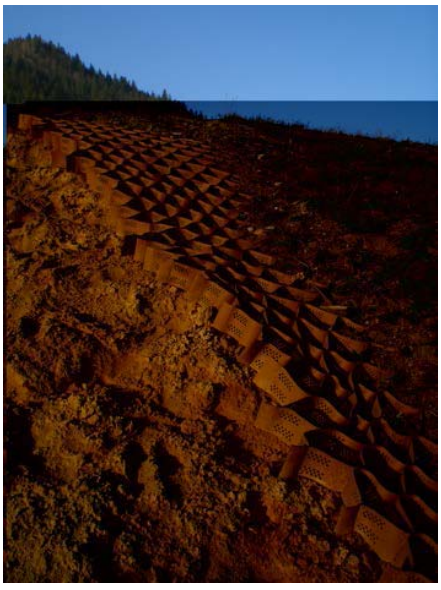
(Verbin, Keleberda, 1974 citaţi de Kiss şi colab., 1993). In plantatie mixta, arinul a stimulat cresterea pinului. Cele mai ridicate activitati enzimatice si continut de N la 0-20 si 20-30 cm, pe haldă, au fost în ordine: în parcele cu arin negru (zona nodozităţi radiculare) > în parcele cu arin negru + pin silvestru > în parcele cu pin silvestru.

- Recultivarea cu **salcâm** ***(Robinia pseudacacia***)-4 ani sau pin silvestru ***(Pinus silvestris)-***9 ani (Keleberda, 1976 citată de Kiss şi colab., 1993). Continutul de humus si de N total au crescut. Cresterea activitatii enzimatice in parcelele cu pin a fost apropiata de cea din solul cu lupin peren.
- Recultivarea cu arbori si arbusti: Pin silvestru ***(Pinus silvestris)-*****14 ani,** Salcâm ***(Robinia pseudacacia),*** **Cătina (*Tamarix ramosissima*)** sau arin negru ***(Alnus glutinosa)-*****9 ani** (Keleberda, 1978 citată de Kiss şi colab., 1993). Recultivate cu arbori si arbusti timp de 9-14 ani, haldele au devenit soluri primitive, având un strat de humus, un continut de N si un potential enzimatic ridicat.

Iazul de decantare Anieş-Rodna, revegetat şi plaja iazului, 2009

Iazul de decantare Valea Glodului, 2009, jd. Bistriţa-Năsăud

Halda de steril în reconstrucţie ecologică la Iazul de decantare Colbu, Baia-Borşa, jud. Maramureş, 2010



2. Modelul, de reconstrucţie ecologică pe luturi nisipoase, exploataţie de cărbune la zi, în zona forestiera centrala din Ucraina Strijev, prezintă ca metode:

- Recultivarea de 3 ani cu **lupin peren *(Lupinus perennis)şi* arin negru *(Alnus glutinosa)*** (Keleberda, Danko, 1975 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Recultivarea cu lupin peren măreşte fertilitatea solului tehnogen in timp scurt şi, mai puternic decat cea cu arin negru. Continutul de humus si de N total au crescut de 2,87 ori, respectiv de 3,3 ori in parecele cu lupin peren si de 1,95 ori, respectiv 1,81 ori, in parcele cu arin negru.
- Recultivarea cu **lupin peren**, ca ingrasamant verde + arbori: pin banksian, pin silvestru, mesteacan plângator ***(Betula verrucosa)*** si stejar pedunculat ***(Quercus pedunculata)***. (Keleberda, 1976 citată de Kiss şi colab., 1993). Pinul silvestru, mesteacanul plângator si stejarul pedunculat au crescut mai bine pe parcele ingrasate cu lupin peren.

3. Pe Loess, exploatatie de carbune brun la zi. Stepa nordica, Ucraina, Baidakov, s-au studiat:

- Recultivarea cu pin silvestru ***(Pinus silvestris)* 8 ani** (Keleberda, 1973 citată de Kiss şi colab., 1993). Posibilitatea cresterii speciilor forestiere pe steril poate fi evaluata prin masurarea activitatii catalazice;
- **Revegetarea spontana 23 ani** (Mihnovskaia, 1981, Eterevscaia si colab., 1985 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Activitatile enzimatice (invertazica, ureazica, proteinazica) si respiratia solului au crescut, cu vârsta vegetatiei spontane instalate pe halde, dar sub valorile din solul cernoziom zonal neafectat de minerit;
- **Revegetarea spontana 25 ani sau cultivarea 4 ani cu**: **lucernă *(Medicago sativa),* sparcetă *(Onobrychis viciifolia),* pir *(Agropyron intermedium)*** sau **obsiga *(Bromus inermis),*** (Mihnovskaia, Lapta, 1989 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Dupa 4 ani, valorile activitatii ureazice si proteinazice, au fost mai mari in parcelele cu lucerna decat in cele revegetate spontan, fiind in ordine: Lucerna>Sparceta>Pir >Obsiga >Vegetatia spontana.

4. Pe luturi, pH ≈7, exploatatie de carbune brun la zi. Silvostepa, Siberia centrala, Bazinul Nazarovo, s-au urmărit metodele de reconstrucţie ecologică :

- **<u>Fără copertare cu sol fertil.</u>** Varianta 1. Revegetare spontana 3-15 ani. Varianta 2. Recultivate cu pin ***(Pinus silvestris)***, larice ***(Larix decidua)***, salcie ***(Salix fragilis)*** sau sulfină ***(Melilotus officinalis)*** (Naprasnikova 1983, 1985, 1987, 1988 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Activitatile invertazica si fosfatazica din parcele recultivate cu pin, larice, salcii sau sulfina si parcele **revegetate spontan 15 ani**, s-au apropiat de valorile din sol nativ zonal. Activitatea proteinazica a fost mai mare in parcele recultivate cu pin, larice, salcii sau sulfina decat in cele cu vegetatie spontana, dar nu la nivelul din sol zonal. Polifenoloxidaza si celelalte enzime au fost mai active **in rizosfera speciilor cultivate**, evidentiind **avantajul recultivarii faţă de revegetarea spontană.**
- **<u>Recultivarea pe halde nivelate,</u>** 3-4 ani, cu trifoi rosu ***(Trifolium pratense),*** sulfina alba ***(Melilotus albus),*** păiuş de livezi ***(Festuca pratensis),*** (Naprasnikova, Makarova, 1992 citaţi de Kiss şi colab., 1993). **Efectul de rizosfera** (*raportul dintre numarul de microorganisme din solul rizosferic si cel din solul nerizosferic*), activitatea enzimelor hidrolitice si oxido-reducatoare au fost mai mari in solurile tehnogene noi decât in solurile native zonale. Stratul humic este mai bun in parcelele recultivate decat in cele revegetate spontan.
- Depozitarea in gramezi (4 m inaltime) a solului descopertat + **Copertarea** haldelor nivelate cu acest sol **+ Recultivare cu ierburi perene, 3-5 ani** (Sugalei si colab., 1984, 1985 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Activitatile catalazica si ureazica au fost la nivelul celor din solul native zonal (cernoziom levigat).
- Nivelarea haldelor, **fara copertare cu sol** de suprafata + **Cultivare 10 ani** cu pin ***(Pinus silvestris)***, larice ***(Larix)***, (Sugalei si colab., 1985 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Activitatile ureazica, proteinazica si catalazica, in stratul humic nou format sunt de 5-20 ori mai mari decat in solul nativ.

5. Pe luturi si nisipuri carbonatate, pH=7,6–8,3, exploatatie de carbune brun la zi. Silvostepa, Siberia centrala, Mina Berezovo s-a studiat **revegetarea spontana, 1-3, 3-5, 5-10 ani** (Snitko si colab., 1988, citaţi de Kiss şi colab., 1993). Activitatile enzimatice (invertazica, ureazica, proteinazica si fosfatazica, polifenoloxidazica) si biomasa plantelor, a bacteriilor, a nevertebratelor, continutul in humus, grosimea stratului humificat (de la 0,3-0,7-1,0 la 1,5 cm) au crescut cu vârsta vegetatiei spontane instalate pe halde.

6. Pe luturi nisipoase, şisturi argiloase calcaroase-alcaline, la o exploatatie de carbune la zi din Siberia, Kuzbass, Bazinul Kuznetk, în Taiga montana, Stepa şi Silvostepa s-au studiat **revegetare spontana sau recultivare forestiera,** care au durat în Taiga montana 18 ani şi în Stepa 8-12 ani (Naplecova si colab., 1982, 1983, Trofimov si colab., 1986 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Numarul si compozitia microflorei solurilor tehnogene se apropie de de cele din solurile zonale, ducand la cresterea fertilitatii. Are loc intensificarea respiratiei si activitatilor enzimatice (catalaza, dehidrogenaza, amilaza, fosfataza), a descompunerii celulozei si gelatinei, acumularii aminoacizilor. **În Silvostepa, s-a studiat vegetatia spontana** de leguminoase si graminee perene. (Naplecova si colab., 1985; Klevenskaia si colab., 1986 citaţi de Kiss şi colab., 1993). Creste coeficientul de humificare, procentual (raportul polifenoloxidaza/peroxidaza) in soluri sub leguminoase si graminee perene. Asociatiile dintre microorganisme si plante, prin acumulari enzimatice in rizosfera, mai ales a polifenoloxidazei si peroxidazei, accelereaza procesele pedogenetice.

7. Pentru o textura a haldei de prafuri fine, şisturi argiloase, incluziuni de carbune, cu pH=3,2-7,7 şi înălţime de 7-10 m, de la exploatarea subterana de carbune din stepa, Samara Donbass. Doneţ de vest, s-au studiat **: recopertarea** cu: a) loess 0,5 m + nisip 0,5 m, b) cernoziom 0,5m + nisip 0,5m + loess 0,5m şi **recultivarea** cu **salcâm *(Robinia pseudacacia),* 5-8 an**i. Activitatile enzimatice-ureazica, proteinazica, dehidrogenazica **din parcelele copertate si cultivate cu salcâm** au fost la nivelul celor din solul zonal, in straturile 0-2 si 2-10 cm. Activitatile invertazica, proteinazica, dehidrogenazica, peroxidazica, ureazica mai intense au fost in **litiera** parcelelor (Ghelţer, Ţvetcova,1982, Ţvetcova si colab., 1982, Ghelţer si colab., 1986, 1989, Ghelţer,1990 citaţi de Kiss şi colab., 1993).

8. La o exploatatie de carbune la zi din Bazinul Moscova, s-au studiat diferite nivele de fertilizare având ca tratamente de fond administrarea de calcar si faina fosforitica. Variantele de fertilizare au fost : $N_{150}P_{300}K_{300}$; $N_{300}P_{600}K_{600}$; $N_{300}P_{900}K_{600}$; $N_{150}P_{300}K_{300}$ + **gunoi de grajd 120 t/ha;** $N_{150}P_{300}K_{300}$ + **strat de sol fertil 240 t/ha;** $N_{150}P_{300}K_{300}$ + **carbune 6 t / ha** (Lukina, 1991, citată de Kiss şi colab., 1993). **Recultivarea** s-a făcut cu mazariche ***(Vicia villosa)*** si ovaz ***(Avena sativa)***, ca ingrasamant verde.

- Activitatea catalazica a crescut fata de halda martor de 7,5 ori in parcele cu **NPK+ strat de sol fertil;** de 10 ori in parcele **cu NPK+ gunoi de grajd,** de 3-5 ori in parcele cu calcar si faina fosforitica, in cele cu NPK, NPK+carbune; dar a fost de 5 ori mai mica decat in solul nativ zonal de cernoziom levigat. Cresterea maxima a activitatii ureazice s-a obtinut in cazul NPK+gunoi de grajd.
- Variantele cu NPK+ gunoi de grajd si NPK+ strat de sol fertil pe un fond de calcar si faina fosforitica, sunt cele mai eficiente in crearea de potential enzimatic pentru recultivare agricola.

9. Pe şist semiconsolidat si gresie, exploatatie de carbune la zi. SUA Dakota de Nord. S-a studiat : **Recopertarea haldelor** nivelate cu solul din descopertare, pastrat in gramezi 10-12 luni, în 3 variante. Varianta 1.- Recopertarea cu sol depozitat şi Varianta 2.- Recopertarea cu sol nativ, **au fost semanate cu pir *(Agropyron)* si loboda (*Atriplex canescens)*. V**arianta 3.– Martor cu vegetatie naturala, dominata de **loboda** (***Atriplex canescens)*** si **pelin** (***Artemisia absinyhium)*** şi revegetare spontana: ***Atriplex gardneri*** si ***A. confertifolia, Halogeton glomeratus, Salsola kali*** (Miller, 1978, citat de Kiss et al., 1993).

• In urma pastrarii solului descopertat in gramezi, 10-22 luni, potentialul enzimatic se micsoreaza. Activitatile ureazica, celulazica, dehidrogenazica descresc in ordine: Parcela martor cu vegetatie naturala > solul de suprafata depozitat > sol nativ, nedepozitat.
• Administrarea de materie organica (fân de lucerna, namol de ape reziduale) este mai eficienta pentru marirea potentialului enzimatic si microbian al haldelor decat inocularea acestora cu sol de suprafata depozitat. Pentru fertilizare s-au studiat: 1 - **inocul de sol** cu **ciuperci de micoriza** - ***Glomus fasciculatum;*** 2 - fân de graminee + namol rezidual; şi 3 - radacini de sorg ***(Sorghum vulgare)*** ce contine ***Glomus mosseae***.
• **Recultivarea** s-a făcut cu arbusti şi ierburi (***Atriplex canescens, Sporobolus aëroides).***

Fertilizarea cu fân sau namol a marit cel mai mult activitatea enzimatica si microbiologica. **Azotobacter** a fost prezent in numar mare in rizosfera de ***Sporobolus aëroides (Poaceae),*** fiind stimulat de ferilizarea cu fân sau namol. Inocularea de sol cu ciuperci de micoriza nu a dat rezultate.

10. Pe halde acide, exploatatie de carbune la zi. SUA Virginia de Vest, variantele testate au fost:
• **Plantatie de salcâm** pe lut nisipos -9 ani, pe lut argilos -11 ani, pe argila lutoasa -11 ani şi argila - 20 ani. S-au practicat: **Revegetarea cu salcâm şi ierburi**: sânziana ***(Galium verum)***, mur ***(Rubus caesius),*** păiuş ***(Festuca sulcata)*** sau cânepa codrului ***(Eupatorium cannabinum);*** **Recultivarea cu graminee si leguminoase**: păiuş ***(Festuca* arundinacea*) cu*** ghizdei comun ***(Lotus corniculatus) sau*** păiuş cu golomăţ **(Dactylis glomerata)** şi trifoi, pe: lut, pe argila si nisip sau argila calcarizata, fertilizata; Pe lut fin sau lut fin calcarizat, fertilizat organic si chimic, s-a **recultivat cu** : **- Stejar rosu** (mălin american- **Quercus falcata**); **- Porumb; - Vegetatie ierboasa si plantatie de salcâm** pe fond de plante legu**minoase** (Kiss şi colab., 1993).

11. Pe halde acide cu textura lutoasa, exploatatie de carbune la zi. SUA Virginia de Vest, variantele testate au fost: soluri neamendate, soluri amendate cu calcar si fertilizate; cu cenusa zburatoare; cu cenusa zburatoare si calcar. **Recultivarea** s-a făcut cu **:** bărboasă ***(Andropogon virginicus),*** ghizdei ***(Lotus corniculatus)* si** păiuş ***(Festuca* arundinacea*).*** Covorul vegetal a avut sub 1% in zonele neamendate si 80% in cele amendate cu calcar si fertilizate. pH a crescut de la 3 la 6,8; de la 2,7 la 6,4 in cele amendate cu cenusa si calcar. Amendamentele si fertilizarea au dus la cresterea activitatii enzimatice, a numarului de bacterii, mucegaiuri, drojdii, a numarului de bacterii reducatoare de nitrati, a capacitatii nitrificatoare (Kiss şi colab., 1993).

Soluri tehnogene din halde de steril de la mine de fier

1. Activităţile catalazică şi invertazică ale haldelor de steril revegetate la exploatarea minieră la zi Lebedin (zona **zăcământului de fier Starooskol,** regiunea Anomaliei Magnetice de la Kursk) au fost determinate de S v i r i d o v a şi P a n o z i ş v i l i ,1979 (după Kiss şi colab., 1993) pe 3 tipuri de halde: **nisipoase, lutoase şi cretacice-marnoase.** Ele au fost **revegetate cu ierburi spontane şi introduse sau cu plante forestiere (cătină, salcâm, sălcioară).** După 8-10 ani, haldele revegetate cu ierburi au fost acoperite cu un **gazon** de 1,5-2 cm, care le protejează faţă de eroziune şi deflaţie. In plantaţiile forestiere de 8-l0 ani, masa litierei a ajuns la 0,5-0,9 t/ha. Activitatea catalazică a fost măsurabilă în toate haldele revegetate. Această activitate, ca şi respiraţia (producerea de CO_2) şi acumularea de humus, a fost mai intensă sub vegetaţia ierboasă decât sub pădure. Activitatea invertazică a fost influenţată nu numai de natura vegetaţiei, dar şi de natura haldelor de steril. Această activitate a fost **maximă în rizosfera cătinei** crescând pe halda de tip cretacic-marnos.

2. Z a s o r i n a ,1985 (după Kiss şi colab., 1993) a studiat, enzimologic, haldele de steril existente la exploatarea minieră de fier la zi de la **Stoilensk** (situată în regiunea Anomaliei Magnetice de la Kursk). Aceste halde sunt de două tipuri: nisipoase sau cretacice. Vârsta vegetaţiei spontane de pe halde variază între 3 şi 20 de ani. Activităţile invertazică, ureazică şi catalazică au crescut în stratul de 0-5 cm al solului haldelor în **paralel cu vârsta vegetaţiei**.

Creşterea a fost **mai pronunţată în solul haldelor nisipoase** decât în cel al haldelor cretacice. In cursul perioadei de vegetaţie, valorile maxime ale activităţilor s-au obţinut în mijlocul verii. Atât în haldele noi cât şi în eele vechi, supuse **fitoameliorației cu un amestec de 6 plante leguminoase şi graminee (sparcetă, lucernă, trifoi, obsigă, păiuş şi pir),** activităţile enzimatice au crescut de 1,5-3 ori.

3. Cercetările descrise de Ş c e r b a k o v şi colab. (1991) (după Kiss şi colab., 1993) sunt legate de **recultivarea haldei de steril „Berezovîi log" (Talveg de mesteacăn)** de la exploatarea minieră **Lebedin**. Parcelele materialelor de haldă au fost copertate cu sol de suprafaţă (**cernoziom**), redepozitat fie în stare uscată - (parcelele I), fie în stare umedă (pomparea amestecului de sol şi apă) (parcelele II). Pentru **revegetare s-a folosit lucernă**. In cel de al 3-lea an de la revegetare, s-au colectat probe din adâncimile de 0-10, 10-20, 20-30 şi 30-40 cm ale solului tehnogen din parcelele I şi II şi ale solului zonal (cernoziom tipic) neafectat de exploatarea minieră. Probele de sol au fost analizate chimic (humus, N total etc.), enzimologic (activitatea ureazică) şi microbiologic (respiraţia - producerea de CO_2 şi capacitatea de nitrificare). In cazul parcelelor II, probele de sol luate din zona centrală s-au examinat separat de cele din zona periferică a acestor parcele. Producţia de lucernă în parcelele I şi II de asemenea a fost înregistrată.

Toţi parametrii menţionaţi mai sus au arătat o tendinţă de micşorare în funcţie de adâncimea din care s-au colectat probele de sol. Activitatea ureazică, respiraţia şi capacitatea de nitrificare in stratul de 0-40 cm al solului tehnogen au avut valori medii mult mai mari, în parcelele I decât în parcelele II. Totodată, valorile medii obţinute în solul parcelelor I au fost asemănătoare celor înregistrate în solul zonal. De aici se poate deduce că **redepozitarea solului de suprafaţă în stare uscată este o metodă mai favorabilă din punct de vedere biologic decât redepozitarea lui în stare umedă.** S-a mai stabilit că activitatea ureazică şi capacitatea de nitrificare în solul parcelelor I şi II s-au corelat semnificativ cu conţinutul de N total; activitatea ureazică din solul tehnogen s-a corelat semnificativ şi cu producţia de lucernă.

ÎN ROMANIA, B 1 a g a şi colab. (1979, 1981, 1988) citaţi de Kiss şi colab., 1993 au comparat activităţile dehidrogenazică, catalazică şi invertazică în haldele de steril nipoase sau argile calcaroase (pH în H_2O = 7,7-8,3), nivelate cu scopul recultivării lor agricole in zona nordică a **exploatării miniere de fier la zi de la Căpuş** (jud. Cluj) şi în solurile adiacente. În soluri, activităţile s-au micşorat cu adâncimea (0-70 sau 0-80 cm), in timp ce în haldele de steril, ele au fost aproximativ aceleaşi in straruile de 0-20 şi 50-80 cm. In stratul de 0-20 cm, fiecare activitate a fost de mai multe ori mai scăzută în halde decât în soluri .

Intr-un alt studiu efectuat în aceeaşi zonă de către B u n e s c u şi B 1 a g a (1980), citaţi de Kiss şi colab., 1993, s-au obţinut rezultate similare. **Activităţile s-au corelat cu conţinutul total de N din halde şi soluri.**

Pe haldele de steril nivelate în zona sudică a exploatării de fier la zi de la Căpuş, au fost instalate şi **parcele de recultivare**. Unele parcele au fost **recultivate cu sparcetă** (***Onobrychis viciaefolia)*** şi altele cu **golamăţ *(Dactylis glomerata).*** După 3 ani de recultivare, materialul de haldă din aceste parcele a fost analizat enzimologic de către Dr ă g a n-B u 1 a r d a şi colab. (1983). Pentru comparare, s-a analizat şi stratul de 0-15 cm al unui sol nativ adiacent (rendzină), precum şi acelaşi strat al materialului de haldă dintr-o parcelă care nu a fost supusă recultivării.

Rezultatele arată că recultivarea a dus la activităţi enzimatice crescute in haldele de steril în cursul transformării lor în soluri tehnogene. Activitatea dehidrogenazică potenţială a crescut într-o măsură mai mică decât activitatea fosfatazică. Această activitate din urmă a atins valori similare cu cea găsită in solul nativ. Ambele activităţi au fost mai ridicate in parcela cu sparcetă decât in cea recultivată cu golomăţ. Stratul de 0-20 cm a fost mai activ decât cel de 20-40 cm.

In zona **Şatra** de la aceeaşi exploatare minieră de fier, B 1 a g a si colab. (1984) citaţi de Kiss şi colab., 1993, au găsit valori foarte scăzute ale activităţilor dehidrogenazice, catalazice şi invertazice in straturile de 0-20 şi 50-80 cm a 3 profiluri de halde nivelate în vederea recultivării lor.

In noiembrie 1985, acest an fiind al 9-lea an al unui experiment de fertilizare si rotaţie a culturilor in zona sudică a exploatării de fier de la Căpuş, s-au colectat, pentru analize enzimologice, probe din adâncimea de 5-20 cm a parcelelor reprezentând 5 variante de fertilizare: V_1 - nefertilizată (martor); V_2 - fertilizată cu gunoi de grajd (40 t/ha); V_3 - fertilizată complex, organic şi mineral (40 t/ha +$N_{100}P_{60}K_{40}$); V_4 - fertilizată cu NPK in doza de $N_{100}P_{60}K_{40}$; V_5 - fertilizată cu NPK in doza de $N_{300}P_{180}K_{120}$. Fertilizanţii minerali s-au administrat sub formă de NH_4NO_3, superfosfat şi sare potasică. Fiecare variantă a cuprins parcele care în 1995 au fost cultivate cu porumb, ovăz sau sparcetă. Potenţialul enzimatic şi catalitic neenzimatic (activităţile dehidrogenazică, invertazică, fosfatazică, ureazică), ca şi recolta celor 3 plante, a fost cel mai ridicat în solul parcelelor fertilizate complex şi cel mai scăzut in solul parcelelor nefertilizate. S-au evidenţiat corelaţii semnificative intre activitatea invertazică şi recolta de porumb şi între activitatea fosfatazică si producţia de sparcetă. Dar sub influenţa fertilizării de lungă durată, **capacitatea productivă** a solului tehnogen studiat a crescut într-o măsură mai mare decât potenţialul său biologic reflectat prin activităţile sale enzimatice. Fertilizarea de lungă durată este capabilă de a mări capacitatea productivă a solului tehnogen (D r ă g a n-B u l a r d a şi colab., 1987).

B l a g a şi colab. (1991) citaţi de Kiss şi colab., 1993 au descris un experiment, în care **pentru fertilizare s-a folosit nămolul fermentat şi uscat,** provenit de la o statie de epurare a apelor uzate orăşeneşti. Pe solul tehnogen de la **Căpuş** a fost amplasat, in anul 1986, un câmp experimental care, cu 3 ani în urmă, a fost nivelat in vederea recultivării agricole. Parcelele experimentale au fost tratate cu **20-140 t nămol/ha**. Pentru comparare au servit **parcele netratate şi parcele fertilizate mineral**, cu $N_{150}P_{80}K_{60}$ sub formă de NH_4NO_3, superfosfat simplu şi sare potasică. Nămolul, respectiv, superfosfatul şi sarea potasică s-au administrat în toamna anului 1986, printr-o arătură adâncă, dar NH_4NO_3 s-a aplicat în primăvara anilor 1987, 1988 şi 1989, odată cu executarea lucrărilor de pregătire a patului germinativ. Planta test a fost **porumbul.** Producţia de porumb (boabe) a fost înregistrată în fiecare an. La sfârşitul perioadei de vegetaţie din anul 1989, s-au colectat probe de sol pentru analize enzimologice (dehidrogenază, catalază şi invertază) şi pentru alte analize.

In fiecare an, producţiile de boabe au fost cele mai mici în parcelelc martor netratate. Producţiile cele mai mari au fost obţinute în parcelele tratate cu 80 şi 100 t nămol/ha (în 1987), în parcelele tratate cu 120 t nămol/ha şi în cele fertilizate cu NPK (în 1988) şi în parcelele fertilizate cu NPK (în 1989). Este de adăugat că în 1989 în parcelele tratate cu nămol s-a observat un **paralelism între doza de nămol administrată şi producţia de boabe.**

Activităţile enzimatice au furnizat valorile minime în parcelele martor netratate. In solul parcelelor tratate cu nămol, aceste activităţi au crescut în paralel cu doza de nămol administrată (şi cu producţia de boabe). **Activităţile au crescut şi în solul parcelelor fertilizate cu NPK, dar în măsură mai mică decât în solul parcelelor tratate cu nămol.**

Luându-se în consideraţie aceste rezultate, precum şi constatările, după care sub acţiunea nămolului a crescut în sol cantitatca de humus, N şi P, iar creşterea conţinutului solului în metale grele a rămas mult sub limitele maxime admise, s-a tras concluzia că, pentru fertilizarea solului tehnogen de la Căpuş, nămolul poate fi administrat în doze de până la 120 t/ha, o dată la 3 ani (Kiss şi colab., 1993).

Soluri tehnogene din reziduuri de la mine de plumb şi zinc

În Marea Britanie, studiind descompunerea resturilor vegetaţiei de pe reziduul unei mine de Pb şi Zn, W i 11 i a rn s şi colab. (1977) citaţi de Kiss şi colab., 1993, au efectuat analize enzimologice. Reziduul studiat se afla în jurul minei abandonate din Y Fan (Powys, Tara Galilor) şi conţinea concentraţii ridicate de Pb şi Zn. După abandonarea minei (1928), reziduul a fost parţial colonizat în mod natural cu ***Agrostis tenuis*** **tolerant la metale**. Pentru studii, a fost selectat un teren colonizat în mod egal. Drept martor a servit un teren similar, dar necontaminat, situat pe o

păşune la circa 500 m de la mină. Vegetaţia terenului martor este alcătuită mai ales de ***A. tenuis şi Festuca ovina***. Cele două terenuri au fost comparate în privinţa activităţii ureazice din sol, a populaţiilor microbiene din litieră şi sol şi a microfaunei din litieră. Acumularea litierei a fost mai pronunţată pe reziduu care a conţinut semnificativ mai puţini acizi humici şi fulvici în solul situat imediat sub stratul de litieră. Şi activitatea ureazică a fost semnificativ mai mică în solul de mină decât în solul de păşune învecinat. Numărul microorganismelor în litiera celor două terenuri nu a fost remarcabil diferit, deşi numărul de ciuperci a fost mai scăzut în litiera de la solul de mină, în timp ce numărul bacteriilor şi actinomicetelor a fost mai ridicat. In contrast, numărul tuturor grupelor de microorganisme din solul de mină a fost considerabil mai mic decât cel din solul de păşune.

Activitatea ureazică a unui sol de mină şi a unui sol de păşune de la Y Fan, Powys (Williams şi colab., 1977, după Kiss şi colab., 1993)

Amestec de reacţie	**mg NH_4 eliberat din 100 g sol uscat la aer, în urma incubării la 37°C timp de 3 ore**	
	Sol de mină	**Sol de păşune**
Sol + apă	**1,97 ± 0,25**	**3,32 ± 0,58**
Sol + soluţie de uree	**2,55 ± 0,14**	**42,62 ± 2,38**
Activitatea ureazică	**0,58 ± 0,19**	**39,31 ± 2,17**

- **Valorile medii obţinute la cele două soluri sunt semnificativ diferite (p = 0,05).**

In mod similar, în litiera de pe solul de mină s-au găsit mai puţine animale. Scăderea activităţii biologice a litierei şi solului terenului cu reziduu, cauzată de concentraţiile ridicate de Pb şi Zn, explică descompunerea întârziată a resturilor vegetaţiei crescând pe acest teren.

După Kiss şi colab., 1993, Clark şi Clark (1981) au aplicat şi metode pedoenzimologice pentru a stabili cauzele diferenţelor ce există în flora a două zone adiacente, una săracă şi alta bogată în specii de pe o terasă de calcar din complexul minier de Pb pe Grassington Moor, în Yorkshire Pennines (Anglia). Jumătatea nordică a terasei primeşte apă de drenaj şi reziduu fin texturat conţinând Pb şi Zn de la mina abandonată situată pe pantă. In această zonă, vegetaţia este rară, floristic săracă şi compusă din specii tipice pentru regiunile minelor de metale grele din Insulele Britanice, si anume: ***Minuartia verna, Agrostis tenuis şi Festuca ovina***. Jumătatea sudică a terasei nu este afectată de reziduul de mină. Aici vegetaţia este floristic bogată şi continuă, exceptând locurile cu afloriment de calcar. Valoarea medie a numărului de specii pe 0,25 m^2 a fost 2,4 in zona săracă în specii şi 10,1 în zona bogată în specii.

Solurile zonei sărace în specii au **pH-uri mai scăzute** şi conţin mai **puţin humus, N-NO_3^-, N-NH_4^+, P asimilabil şi K schimbabil**, în comparaţie cu cele ale zonei bogate în specii. Conţinutul total de **Pb** în solurile din zona săracă, respectiv bogată în specii a fost în medie de 78 000 şi respectiv 8 000 µg/g sol, cu mult peste **valoarea limită de 350 µg/g,** peste care conţinutul de Pb este considerat anormal de ridicat.

In consecinţă, solurile ambelor zone erau de asteptat să fie **toxice pentru toate plantele, exceptând formele tolerante.**

Valoarea medie a plumbului extractibil cu acetat de amoniu a fost de 21 800 µg/g sol în zona săracă in specii şi numai 311 µg/g sol in zona cealaltă. **Cantitatea zincului** a fost mult mai scăzută decât a plumbului în ambele zone si diferenţa dintre zone in privinţa cantităţii de Zn total şi Zn extractibil cu acetat de amoniu a fost mai putin marcată decât în privinţa plumbului.

Activităţile fosfatazică acidă, dehidrogenazică şi ureazică şi respiraţia -producerea de CO_2 - au fost măsurate în probe de sol colectate din zona radiculară, **la 2-9 cm** sub nivelul suprafeţei. În fiecare jumătate a terasei, s-au obţinut **corelaţii semnificative între densitatea speciilor, cantitatea nutrienţilor şi activităţile enzimatice şi toate acestea au fost în relaţie inversă cu cantitatea plumbului extractibil**.

S-a tras **concluzia** că îmbogăţirea în nutrienţi este implicată în formarea zonei bogate în specii pe Grassington Moor; activităţile enzimatice mai ridicate în solul zonei bogate în specii arată că detoxifierea de metale a avut loc aici şi că materia organică mai abundentă în această zonă este în legătură cu activităţile enzimatice (după Kiss şi colab., 1993,).

In România, cercetările enzimologice asupra reziduurilor crude şi revegetate la **mina Săsar** (Baia Mare, jud. Maramureş), ale cărei minereuri conţin Pb şi Zn, precum şi Cu, Cd şi câteva alte metale grele, au fost efectuate de S o r e a n u (1983), citat de Kiss şi colab., 1993.

1. Pentru comparare a servit un sol nativ adiacent de pajişte. Experimentul de revegetare a început în 1975 şi a cuprins parcele nefertilizate şi ferti1izate cu NPK care au fost însămânţate cu un **amestec de graminee şi leguminoase perene** sau cu specii individuale de graminee şi leguminoase sau cu floarea-soarelui. In 1980, s-au colectat probe din stratul de 0-20 cm al fiecărei parcele şi al solului nativ pentru determinarea a 4 activităţi enzimatice (invertazică, dehhidrogenazică, fosfatazică şi ureazică) in reziduuri şi respectiv in sol. S-a constatat că revegetarea a dus la creşterea fiecărei activităţi in comparatie cu activităţile măsurate în reziduul crud, dar, exceptând activitatea ureazică, celelalte activităţi nu au atins valorile găsite în solul nativ. Parcelele fertilizate şi revegetate cu amestecul de graminee-leguminoase au dat rezultatele cele mai bune in privinta procentajului de acoperire cu plante, a biomasei ierboase şi a activităţilor enzimatice din reziduuri.

2. Analize enzimologice au fost efectuate şi în cadrul experimentelor de recultivare a solului **iazului de decantare de la mina de plumb şi zinc Rodna**, jud. Bistriţa-Năsăud (K i s s şi colab., 1989, 1990). In iunie **1987**, pentru recultivare s-au instalat 14 parcele mici (de 7 m^2), din care câte 7 cu expoziţie sud-vestică, respectiv, sud-estică pe terasele (etajele) VIII (de 2 ani), V (de 7 ani) şi III (de 10 ani) din totalul de 9 terase ale haldei cu solul iazului de decantare.

Cele 14 parcele au cuprins următoarele tipuri de variante experimentale:

a) **copertate** cu un strat de 10 cm de pământ lutos + **fertilizate** cu **gunoi de grajd** (40t/ha)+$N_{150}P_{250}K_{100}$+**însămânţate c**u raigras***(Lolium multiflorum)***(25 kg seminţe/ha) şi trifoi ***(Trifolium pratense)****(60 kg* seminţe/ha);

b) fertilizate cu gunoi de grajd + NPK + însămânţate;

c) fertilizate cu NPK + însămîntate;

d) fertilizate cu NPK.

Îngrăşămintele minerale au fost: azotatul de amoniu, superfosfatul simplu şi sarea potasică. Pe fiecare terasă, **zone netratate** din vecinătatea parcelelor au servit drept martori. Parcelele au fost sistematic **udate** cu apa din râul Someşul Mare care curge la o distanţă de 25 m de 1a baza haldei.

În iulie **1988** s-au instalat două parcele mari (50 m^2) pe terasa VI. Ambele au fost **copertate cu pământ lutos (10 cm) şi fertilizate cu NPK**. Una din parcele a fost însământată cu raigras şi trifoi, iar cealaltă a fost tratată cu ~50 kg **sol de pe terasa 1 (veche de 15 ani),** conţinând seminţe ale plantelor din flora spontană. S-au folosit aceiaşi fertilizanţi şi în aceleaşi doze, precum şi aceleaşi cantităţi de seminţe de raigras şi trifoi şi aceeaşi sursă de apă ca şi la parcelele mici. Zone netratate de pe terasa VI au servit ca martori.

In perioada iunie **1987-octombrie 1989** s-au colectat de 6 ori probe de sol din adâncimea de 0-10 cm a parcelelor mici şi a zonelor lor martor pentru analize enzimologice. In acelaşi scop, din solul parcelelor mari şi al zonelor lor martor s-au luat probe de 4 ori, in perioada iulie 1988-octombrie 1989. Din probe s-au determinat activităţile: fosfatazică, catalazică, catalitică neenzimatică, dehidrogenazică actuală şi dehidrogenazică potenţială. Pe baza vadorilor de activităţi s-a calculat, pentru fiecaree parcelă şi zonă martor, indicatorul enzimatic, considerat un indice al calităţii biologice a solului.

Rezultatele au arătat că activităţile enzimatice (dar nu şi activitatea catalitică neenzimatică), indicatorii enzimatici calculaţi pe toată perioada de studiu (1987-1989) şi masa ierboasă pe anul 1989 au furnizat valorile cele mai mari **în parcelele copertate cu pământ, fertilizate organic şi mineral sau numai mineral şi însământate cu raigras şi trifoi sau cu plante din flora spontană.** Tratamentul complex al parcelelor mici a fost mai eficient în crearea unui potenţial enzimatic şi productiv în solul iazului de decantare decât fertilizarea minerală singură sau ferti-

lizarea minerală şi însămânţarea de raigras şi trifoi. Copertarea cu pământ s-a dovedit o măsură mai importantă în comparaţie cu fertilizarea organică.

Indicatorii enzimatici ai zonelor martor au arătat o tendinţă de creştere cu vârsta teraselor. Totuţi, chiar pe terasa III, veche de 10 ani, zonele martor au manifestat un potenţial enzimatic mai slab decât parcelele mici şi mari copertate cu pământ numai cu ~2,5, respeetiv ~1,5 ani în urmă.

S-a mai constatat că expoziţia sud-vestică sau sud-estică a parcelelor supuse aceluiaşi tratament nu a afectat semnificativ valoarea indicatorilor enzimatici şi producţia de masă ierboasă.

Soluri tehnogene din halde de steril de la minele de sulf

P e t e r s o n şi colab. (1976, 1979) citaţi de Kiss şi colab., 1993, au determinat activităţile dehidrogenazică actuală şi catalazică, numărul microorganismelor şi respiraţia (producerea de CO_2) din haldele de steril de la o exploatare la zi a sulfului (mina Podorojnen, Rozdol, Ucraina), haldele fiind supuse recultivării agricole. Pentru recultivare s-au folosit: **grâu de primăvară, mazăre, borceag + ovăz, orz de primăvară, sulfină şi trifoi** in parcele nefertilizate şi în parcele fertilizate cu NPK. Halde de steril nefertilizate (argile şi luturi nisipoase; pH in soluţie de KCl=**4,6-5,6**), aflate sub vegetaţie ruderală au servit drept martor. Datele analitice publicate au fost obţinute cu probe de materiale de haldă colectate primăvara, vara şi toamna în cursul primilor 3 ani de recultivare (1974-1976),

În primul an, activitatea dehidrogenazică a lipsit din haldele martor. In parcelele recultivate, activitatea a fost măsurabilă in probele din vară. In anii al doilea şi al treilea, activitatea a apărut vara şi toamna în haldele martor, în timp ce ea a fost prezentă şi primăvara în pancelele recultivate, valorile maxime fiind înregistrate vara. In general, fertilizanţii aplicaţi primăvara au cauzat descreşterea activităţii primăvara şi creşterea ei vara şi toamna. Dintre plantele testate, **sulfina** a dat rezultatele cele mai bune în privinţa creşterii activităţii dehidrogenazice a haldelor de steril. Această activitate a fost în strânsă legătură cu **numărul microorganismelor heterotrofe** crescând pe mediul cu extract de sol-agar (Kiss şi colab., 1993).

Soluri tehnogene din halde de steril de la mine de argile refractare

K e l e b e r d a şi D a n k o(1975) citaţi de Kiss şi colab. 1993, au studiat halda de steril Dneprov ruzultată din exploatarea la zi a argilelor refractare de la Ciasov-Iar (regiunea Donetk). Această haldă, care are textură luto-nisipoasă, a fost **recultivată cu sulfină *(Melilotus volgicus*)** folosită drept plantă de îngrăşământ verde. Parcele necultivate au servit pentru comparare. S-a constatat că activităţile invertazică, ureazică şi catalazică şi respiraţia (consumul de CO_2), ca şi conţinutul de humus şi N total, au crescut semnificativ în straturile de 0-5 şi 10-20 cm ale haldei de steril recultivate, în comparaţie cu parcelele martor. Activitatea invertazică a stratului de 20-30 cm a fost de asemenea mai ridicată în parcelele cu sulfină decât în cele martor. Şi activitatea proteinazică a crescut in stratul superior al parcelelor cu sulfină. (K e l e b e r d a, 1976, 1977 după Kiss şi colab., 1993).

Impădurirea unor parcele ale haldei de steril din această zonă a fost realizată cu **salcâm şi sălcioară**. S-a stabilit (K e l e b e r d a, 1978, citată de Kiss şi colab., 1993,) că după 11 ani materialele de haldă din aceste parcele s-au transformat în **soluri primitive**, caracterizate printr-un conţinut crescut de humus şi N şi prin activităţi enzimatice (invertazică, ureazică şi catalazică) crescute în stratul de 0-20 cm, în comparaţie cu parcela martor necultivată .

În aceeaşi zonă a fost studiată (K e le b e r d a, 1979; D[l]a n k o şi colab., 1980; K e l e b e r d a şi D r u g o v, 1984, citaşi de Kiss şi colab.,1993) şi **influenţa salcâmului** asupra dezvoltării altor specii de arbori: **frasin verde *(Fraxinus viridis),*** tei pucios ***(Tilia cordata)*** şi ulm ***(Ulmus pinnato-ramosa).*** Dacă aceste specii au fost **plantate în rânduri având contact cu salcâmi**, ele au crescut mai bine, chiar în primii ani de la plantare, decât plantele care nu au avut contact cu salcâmi. Dezvoltarea, lor mai bună, care a devenit foarte evidentă **după 9 ani** de la plantare, a fost

însoţită de creşterea conţinutului de N total şi clorofilă în frunzele lor, precum şi de creşterea activităţii lor invertazice, ureazice şi proteinazice, a continutului de humus, N total şi hidrolizabil, P mobil şi K din solurile lor (mai ales în stratul de 0-5 cm).

K e l e b e r d a şi D r u g o v (1984) citaşi de Kiss şi colab., 1993 au descris şi un alt experiment, în care în locul salcâmului s-a folosit **arinul negru** ***(Alnus glutinosa)*** drept plantă fixatoare de N_2 prin simbioză, iar ca arbore test a servit **mesteacănul plângător** ***(Betula verrucosa).***

Conţinutul de humus şi N activităţile enzimatice in solurile primitive de sub vegetaţie forestieră dezvoltată pe o haldă de sterii rezultată din exploatarea la zi a argilelor refractare de la Ciasovlar (K e l e b e r d a, 1978, după Kiss şi colab., 1993)

Vegetatia şi vârsta ei	Adâncime (cm)	Humus (%)	N (%)	N în humus (%)	Invertază*	Urează*	Proteinază*
Salcâm	0-5	2,23	0,23	10,3	26,40	2,02	0,76
(11 ani)	5-10	0.87	0.11	12.6	10.00	0.82	0.35
	10-20	0.60	0.04	6.6	7.15	0.49	0.26
	20-30	0,54	0,03	5,4*	4,20	0,42	0,20
Sălcioară	0-5	2.61	0.41	15.7	39.30	3.92	1.09
(11 ani)	5-10	1.03	0.17	17.0	16.70	1.60	0.81
	10-20	0.46	0.05	10.8	8.31	0.77	0.22
	20-30	0,33	0,03	9,0 -	2,32	0,73	0,14
Martor (necultivat)	0-5	0.98	0.08	8.1	10.80	1.06	0.36
	5-10	0.67	0.06	8.9	5.30	0.57	0.15
	10-20	0.57	0.02	3.5	3.25	0.34	0.04
	20-30	0,49	0,02	4,0	0,20	0,16	0

*** Activitatea invertazică se axprimă în mg zahăr invertit/g sol/40 ore, activitatea urează în mg N-NH_4 (g sol/40 ore, şi activitatea proteinazică în mg N-NH_2(g sol/72 ore.**

Activităţile enzimatice in solurile tehnogene rezultate din recultivarea haldelor de steril la exploatarea la zl a argilelor refractare de la Cinsovlar (K e l e b e r d a, 1979/Kiss şi colab., 1993)

Specli de arbori	Contact cu salcâmi	Adâncime (cm)	Invertază*	Urează*	Proteinază*
Frasin verde		0--5	24,8	1,97	0,69
	+	5- 10	5,1	0,78	0,32
		10-20	1,3.	0,52	0,09
			2,9	0,72	0,02
	-	5-10		56	0.07
		10-20	2,1	47	0,02
		0-5	28;9	1,79	0,68
Tei pucios	+	5-10	5.5	0.66	1.32
		_	,4	0,6	0,24
	-	0-5	17,9	1,10	0,51
		5-10	7,2	0,64	0,10
		10-20	6,3	0,64	0,03
Ulm	+	0-5	21,9	1,79	0,68
		5-10	14,7	0,71	0,31
		10-20	11,7	0,65	0,09
	-	0-5	19,8	1,14	0,45,
		5-10	10.0	0.67	0:35
			9,6	0,63	0,09
Salcâm	Plantaţie pură	0- 5	26,4	1,89	0,76
		5-10	10,0	0,74	0,26
		10-20	7,2	0,50	0,35

*** Activitatea invertazică se axprimă în mg zahăr invertit/g sol/40 ore, activitatea urează în mg N-NH_4 (g sol/40 ore, şi activitatea proteinazică în mg N-NH_2(g sol/72 ore.**

După 7 ani de la plantare, s-au înregistrat rezultate similare celor obţinute în experimentul cu salcâmi şi frasin verde, tei pucios sau ulm.

Soluri tehnogene din aluviuni de pe talpa carierelor de nisip şi din halde de steril de la exploatari de nisip la zi

H a z u k (1967) citat de Kiss şi colab., 1993, a fost primul cercetător care a aplicat metode enzimologice pentru studierea recultivării aluviunilor de pe talpa carierelor de nisip, folosite în prealabil pentru exploatare de nisip de umplutură (necesar umpluturilor hidraulice din minele de cărbune). Zona studiată – fost carieră de nisip Szczekova - este situată în partea vestică a Deşertului Mic Bledowska (regiunea Cracovia). In scopul recultivării solului, s-a efectuat un experiment de fertilizare în 5 variante, constatându-se că fertilizarea cu un **sorbant pe bază de bentonit + NPK** fără sau cu adaos de **turbă** a dus la creşterea activităţilor enzimatice din sol; activitătile invertazică, ureazică şi asparaginazică au crescut de ~ două ori, iar activitatea catalazică de 2-4 ori, faţă de solul nefertilizat.

Aceste cercetări au fost continuate, lărgite şi descrise detaliat de către Greszta şi O l s z o w s k i (1974) citaşi de Kiss şi colab., 1993. Ei au studiat 7 variante experimentale (fiecare cu câte 4 parcele): 1. martori (fără fertilizare); 2. fertilizanţi minerali; 3. humus 60 tone/ha + fertilizanţi minerali; 4. sorbant cu fertilizanţi 30 t/ha; 5. sorbant cu fertilizanţi 60 t/ha; 6. sorbant cu fertilizanti 60t/ha + praf de turbă 12 t/ha şi 7. cenuşă 60 t/ha + fertilizanţi minerali.

După aceste tratamente, un amestec de seminţe de plante perene, predominant **leguminoase** a fost semănat în toate parcelele. Inainte de semănat, seminţele plantelor leguminoase au fost tratate cu „Nitragina" (cultură de *Rhizobium* specifică). Amestecul a constat din: ***Lupinus luteus 100, Lupinus polyphyllus 10, Melilotus albus 10, Lotus corniculatus 5, Trifolium repens 5, Anthyllis vulneraria 3, Festuca ovina 1 şi Bromus inermis 1 kg/ha.***

RECULTIVAREA BIOLOGICA A TERENURILOR DEGRADATE

(După OROS V., 2002. ***Reabilitarea ecologica a siturilor degradate industrial***. Ed. Agrosilvică de Stat, Bucureşti. Cap.IV. Recultivarea biologica a terenurilor degradate p.43-75.

Cuprins:

Scopul propus şi posibilităţile de realizare
Stabilirea utilizării finale a siturilor degradate
Plante utilizate în recultivarea terenurilor degradate
Plante ierboase
Arbori şi arbuşti
Testarea plantelor in vederea recultivarii

BIBLIOGRAFIE

Bradshaw A.D., Chadwick M.J., 1980. The Restoration of Land. The Ecology and reclamation of Derelict and Degragaded Land. Blackwell science publisher, Oxford./ Bradshaw, 1995,
Fodor D. ,1980. Exploatări miniere la zi. Ed. Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
Oros V. 2002. *Reabilitare ecologica a siturilor degradate industrial.* Ed.Univ.Transilvania, Brasov
Prodan I., Buia A., 1958. Flora mică ilustrată a Republicii Populare Române. Ed. Agrosilvică de Stat, Bucureşti.
Todor I., 1968. Mic atlas de plante din flora Republicii Populare Române. Ed. Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
Tarnavschi E.T., Andrei M., 1971. Determinator de plante superioare. Ed. Didactică şi pedagogică, Bucureşti.
Iancu I., Iancu V., Mehedinţi V., Niâu C., Pătrăţcoiu N., 1982. Mică enciclopedie a pădurii. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică. Bucureşti.
Traci C., 1985. Împădurirea terenurilor degradate. Ed. CERES, Bucureşti.
Traci C., Costin E., 1966. Terenurile degradate şi valorificarea lor pe cale forestieră. Ed. Agrosilvică, Bucureşti.

RECULTIVAREA BIOLOGICA A TERENURILOR DEGRADATE

1. Scopul si realizarea lucrarilor de recultivarea biologică

1.1. Stabilirea utilizării finale a siturilor degradate

Acoperirea cu vegetaţie este metoda cea mai economică şi acceptabilă ecologic pentru **stabilizarea, remedierea, reabilitarea terenurilor degradate, reducerea poluării.**

Terenurile degradate sau/şi poluate prezintă o largă varietate ca **proveniență şi condiţii oferite pentru instalarea vegetaţiei pe ele**.

În activitatea de reabilitare este necesară stabilirea unui **scop final** către care se tinde **în previnţa utilizării ulterioare a zonei degradate,** .

Procesul de remediere şi reabilitare trebuie integrat in context ecologic şi economico-social.

Din punct de vedere ecologic, situl trebuie să devină un anumit **ecosistem**, care să atingă prin dezvoltare:

- **structură proprie,**
- **o funcţionare cu autointreţinere şi autoreglare,**
- **un echilibru dinamic cu o anumită dezvoltare in timp.**

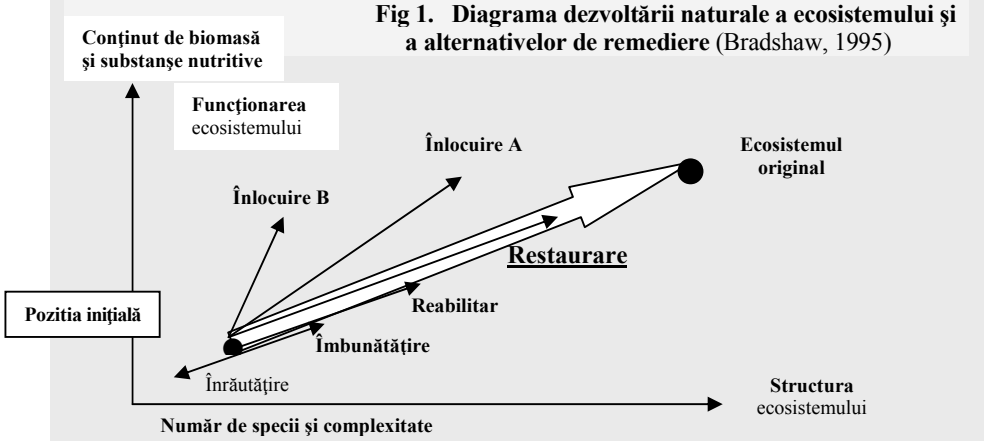


Fig 1. Diagrama dezvoltării naturale a ecosistemului şi a alternativelor de remediere (Bradshaw, 1995)

1. Dacă nu se intervine, situaţia se poate **inrăutăţi** datorită faptului ca materialele neprotejate pot provoca **alunecări, eroziuni sau vehiculări ale poluanţilor**.

Această inrăutăţire nu va stopa **succesiunea naturală** a proceselor de instalare a vegetaţiei şi ecosistemul va incepe să **progreseze lent către ecosistemul original, dezvoltat**.

In absenţa altor factori limitativi, acest proces durează circa 100 de ani in regiunile temperate şi numai după această perioadă se poate aştepta la realizarea unui ecosistem echilibrat. In condiţii de prezenţă a altor factori limitativi precum **aciditate mărită sau/şi metale toxice,** este posibil ca nici după 50 - 100 de ani să nu se realizeze o colonizare vegetală semnificativă.

2. Dacă remedierea se face activ, sunt posibile trei scopuri diferite.

- ***1. Restaurarea*** prin care se incearcă **refacerea exactă a ecosistemului original** (ecosistemul dinainte de degradarea sitului). Atingerea acestui ţel este improbabilă intrucât ecosistemul original s-a realizat in sute sau mii de ani, dar se pot obţine uneori rezultate remarcabile. Dacă terenul iniţial a fost **arabil**, ecosistemul fiind unul artificial, acesta nu este dificil de refăcut.
- ***2. Reabilitarea*** adică refacerea unui **ecosistem asemănător cu cel original**, dar ceva **mai puţin decât o restaurare completă.**
- ***3. Înlocuirea*** care nu-şi propune nici o restaurare ci **o inlocuire a ecosistemului original cu un altul diferit.** Acesta poate fi un ecosistem mai simplu dar **mai productiv *(un ecosistem agricol, o pajişte sau păşune)*** ori poate fi mai simplu şi **mai puţin productiv *(o pădure este inlocuită cu o pajişte cu scop de zonă de agrement).***

Utilizarea termenilor de ***reconstrucţie ecologică*** şi de ***refacere a mediului***.

- Termenul de **reconstrucţie ecologică** se poate suprapune peste oricare dintre termenii ***restaurare***, ***reabilitarea,*** ***înlocuire,*** insă **reconstrucţia ecologică inseamnă o înlocuire activă şi dirijată (inginerească) a ecosistemului iniţial cu altul in scop bine definit.**

Din punct de vedere al fazelor practice, **posibilităţile de reutilizare** a terenurilor sunt extrem de variate. Scopurile propuse pot fi mai mult sau mai puţin corelate cu posibilităţile practice oferite de specificul sitului. **Posibilităţile de reutilizare** a terenurilor trebuiesc puse in acord cu condiţiile concrete ale sitului, cu posibilităţile materiale şi financiare şi cu solicitările comunităţilor locale.

Tabelul 1. ***Posibile utilizări ale diferitelor tipuri de terenuri degradate*** dupa A Bradshaw 1995
(xx = cel mai posibil; x = posibil; ? = posibil in funcţie de circumstanţe)

Utilizări posibile	Vechea utilizare						
	Teren deteriorat	Cariere uscate	Cariere umede	Deşeuri miniere	Gropi de gunoi	Dărâmături de locuinte	Demolări industrie
Agricultură	xx	x	-	x	x	-	-
Păduri	x	x	-	x	-		-
Locuinţe	x	x	-		-	xx	-
Industrie	x	x	-	?	x		xx
Agrement	x	x	x	x	xx	xx	x
Sport	x	x	-	x	x	x	x
Sporturi acvatice	?	-	xx	-	-	-	-
Conservarea naturii	x	xx	xx	x	x	-	x
Depozit de deşeuri	x	xx	-	x	x		x

1. **Terenul care este doar deteriorat** este in fapt un sol bun, fertil, astfel incât cu unele mici lucrări de remediere a suprafeţei, terenul poate fi **redat agriculturii**.

2. Carierele şi haldele uscate provin de la exploatarea în carieră a rocilor sau minereurilor. Atunci **când nu conţin substanţe toxice (metale, aciditate)** carierele sunt colonizate de către plante care reprezintă o floră interesantă din punct de vedere ştiinţific.

- **Stâncăriile** rezultate pot fi utilizate ca **parcuri sau rezervaţii** de protecţie a naturii intrucât speciile instalate aici nu sunt concurate de către alte plante mai viguroase.
- **Carierele,** mai ales cele situate in apropierea oraşelor, se pot utiliza in calitate de **depozit de gunoaie**, la care, după umplerea completă, suprafaţa trebuie **acoperită şi revegetalizată.**

3. Carierele umede provin de la exploatarea pietrişului şi nisipului. Acestea se pretează in special pentru **amenajarea unor zone de agrement, baze pentru sporturi nautice** sau/şi a unor **parcuri rezervate pentru protecţia naturii** (zone de baltă cu o viaţă sălbatică deosebit de interesantă). **Viaţa sălbatică se instalează singură**, dar unele **intervenţii** asupra topografiei, unele construcţii şi chiar diseminarea plantelor pot fi utile.

4. Deşeurile miniere prezinta probleme specifice de reabilitare. Adesea haldele de deşeuri miniere sunt **colonizate incet in mod natural de către vegetaţie**. Aceasta depinde foarte mult de materialul din care a fost construită halda.

- **a. Multe halde miniere nu prezintă limitări pentru creşterea plantelor** inafară de **lipsa azotului şi eventual a fosforului.** Astfel, se poate instala uşor o vegetaţie care include obligatoriu **plante fixatoare de azot**. Pentru astfel de halde poate fi luată in considerare o **gamă largă de utilizări de la păduri până la câmpuri agricole**. De exemplu in Northamptonshire (Anglia) pe haldele provenite de la **exploatarea fierului** s-au plantat in urmă cu 45 de ani **arbori** iar proprietarii actuali ai terenului exploateaza pădurile formate [Bradshaw, Chadwick, 1980.].
- **b. Multe halde miniere au** însă un conţinut mai mic sau mai mare de **pirită,** iar prin oxidarea acesteia se formează **acid sulfuric**. Aceste halde prezintă restricţii atât

pentru instalarea naturală a vegetaţiei, cât şi pentru o serie de alte utilizări.

- **Când conţinutul de pirită este mic**, există şansa instalării lente a unei flore compuse din **plante tolerante faţă de aciditate**, care poate prezenta chiar interes ştiinţific. Adesea, instalarea vegetaţiei trebuie ajutată prin **tratamente cu var.** Astfel de terenuri **nu pot fi utilizate pentru agricultură** intrucât costurile de reabilitare ar fi prea mari iar eficienţa lor agricolă ar fi redusă.
- **c. Haldele cu conţinuturi de metale neferoase şi pirită sunt mai dificile.**

  Aici, aciditatea vehiculează şi ionii de metale grele care sunt **toxici pentru vegetaţie şi pentru microorganisme.**

  Haldele vechi, provenite de la exploatarile de minereuri neferoase au conţinuturi adesea ridicate de metale, datorită eficienţei slabe a tehnicilor de extracţie a metalelor utilizate in acele vremuri. Deseori aceste halde mai conţin **1%** şi chiar mai mult metal.

  Haldele mai noi conţin in general peste **0,1 % metale** printre care şi **metale insoţitoare deosebit de toxice** (**ex. Cd**).

    - **Aceste halde rămân necolonizate de vegetaţie şi sunt expuse la fenomene de eroziune şi alunecări, constituind un permanent şi real pericol pentru mediu.**
    - Orice utilizare publică a acestor terenuri necesită **acoperirea cu un material inert** pentru a izola suprafaţa de toxicitate, ceea ce este destul de costisitor.
    - Dupa asemenea tratare, hălzile se pot utiliza pentru **zone de agrement**.
        - Spre exemplu la Spike Island, Widnes - Cheshire s-a amenajat un **parc** pe fostele terenuri ale primelor **exploatări de cupru** din Marea Britanie. Haldele s-au acoperit cu **material dragat din canale**.
        - Acelasi tratament s-a realizat şi pentru haldele de **la minele de plumb-zinc** din nordul Ţării Galilor, dupa ce terenul a fost **acoperit cu piatră de carieră** [Bradshaw, Chadwick, 1980].

5. Haldele de gunoi reprezintă o problemă din ce in ce mai stringenta datorita cantităţilor crescânde de **gunoaie menajere** depozitate in apropierea localităţilor urbane. În privinţa depozitării acestora legislaţia este diferită de la stat la stat.

- Aceste aceste depozite trebuie cel puţin **acoperite cu un strat de sol vegetal**. **Peste acesta se poate instala vegetaţia şi terenul poate fi amenajat pentru agrement.**
- Terenul nu prezintă stabilitate şi prin urmare **nu se pot amenaja nici un fel de construcţii**.
- Există însă **limitări datorită gazelor** care se formează în interior prin descompunerea materiei organice care este prezentă în cantitate mare. Gazele, dacă nu sunt **drenate şi colectate**, îşi creează ieşiri prin fisuri ale solului şi produc mirosuri neplăcute şi zone prohibite de vegetaţie. Cu o bună **drenare şi captare a gazului,** se pot lua în considerare **utilizări pentru agrement sau agricultură**.

6. Terenurile de la demolarea clădirilor prezintă materiale fizic şi chimic stabile. Ele pot fi utilizate pentru **construcţii civile sau industriale, parcuri de agrement**, etc. Instalarea vegetaţiei este limită de lipsa de azot, dar aceasta poate fi suplinită prin **fertilizare.**

7. Deşeurile industriale sunt extrem de diverse ca şi problemele pe care le ridică.

- Utilizarea terenurilor va trebui fixată în concordanţă cu aceste probleme specifice.
- Se va avea în vedere un **domeniu limitat de utilizări şi tratamente corespunzătoare**, în concordanţă şi cu necesităţile zonei şi cu posibilităţile materiale ale sitului.

Tratamentele in tehnologiile de reconstructie ecologica a siturilor degradate sau poluate industrial

In privinţa **costurilor tratamentelor necesare, siturile pot fi împărţite în trei grupe** (Bradshaw, Chadwick, 1980):

1. Situri care necesită tratament puţin, costurile fiind cuprinse între **825 - 1650 USD/ha**. Din această categorie fac parte **carierele şi deşeurile industriale** ce sunt **colonizate în mod natural de cître plante plante.**

2. Situri care necesită un tratament suplimentar unei simple curăţiri, cum ar fi **lucrări de plantare şi fertilizare**, dar fără deplasări importante de pământ. Costurile sunt cuprinse intre 3 300 + 8 250 USD/ha,(ex. **haldele de cărbune neutre, zone de demolări** etc.)

3. Situri care necesită un tratament considerabil, inclusiv **mutări de pământ**. Acestea sunt in general terenurile ce conţin materiale poluate. Costurile sunt cuprinse intre 16 500 – 49 500 USD/ha. Aceste costuri reflectă ceea ce ar fi trebuit să se facă şi nu s-a făcut atunci când s-a format situl. Haldele au fost lăsate în **stare de instabilitate, materialele toxice au fost lăsate descoperite sub influenţa factorilor atmosferici**.

Tratamentul unui sit se compune în general din două părţi.

1. **Un tratament imediat** care are drept obiectiv
   - îmbunătăţirea însuşirilor fizice, chimice,
   - topografice,
   - de toxicitate,
   - de stabilitate ale sitului

   în scopul asigurării condiţiilor pentru **tratamentul pe termen lung**.
2. **Tratamentul pe termen lung** constă în
   - instalarea şi
   - intreţinerea vegetaţiei pe sit etc.

Pentru ameliorarea structurii fizice a terenului se fac prin tratament imediat:

- **lucrări de scarificare** sau de **discuire** - dacă structura este prea compactă;
- **de compactare şi acoperire cu materiale fine**-dacă structura este afânată;
- **lucrări de stabilizare** prin tratamente cu diverse materiale stabilizatoare;
- **lucrări de drenare;**
- **de umezire** pentru imbunătăţirea stabilităţii şi a umidităţii.

Alte lucrări de tratare pot fi realizate in vederea

- asigurării condiţiilor cerute de **instalarea eficientă a vegetaţei**:
  - se pot realiza **lucrări de fertilizare** (adaosuri de ingrăşăminte si de amendamente),
  - de **corectare a pH-ului cu var** ;
  - **lucrări de neutratizare şi fixare a unor substanţe toxice** (ex.metalele grele).

Scopul reabilitarii ecologice

Ţinta oricărei reabilitări este **realizarea unui ecosistem cu o robustă autointreţinere**.

- **Instalarea vegetaţiei** şi **intreţinerea acesteia** este o etapa decisivă în această acţiune şi de ea depinde reuşita intregii acţiuni de reabilitare.
- Dacă aceasta nu reuşeşte, atunci toate cheltuielile, inclusiv cele din etapele anterioare, au fost degeaba.
- De aceea, chiar dacă **cheltuielile** pentru această etapă sunt **mult mai mici** raportat la tratamentele anterioare (raportul costurilor este de 50:1 in favoarea operaţiilor mecanice),

recultivarea biologică este deosebit de importantă şi de mare responsabilitate.

Realizarea cu succes a ecosistemului autosustenabil necesita in mod obligatoriu ca **toate problemele subliniate la analiza sitului original să fie rezolvate, fie ele fizice, nutriţionale, ori legate de toxicitate.** Dacă una dintre ele este numai parţial rezolvata (tratată parţial), atunci aceasta problema va reaperea, şi, de regulă, apare foarte repede. Este dificil şi foarte costisitor să se revină a doua oară pentru a trata o problemă nerezolvata.

- De exemplu **dezvoltarea de aciditate din pirita** continută in materialul haldat poate face ca noul ecosistem proaspăt instalat să intre rapid in degenerare. **Singura soluţie** este să se adauge cantităţi suficiente de **carbonat de calciu (calcar, creta**) şi să se urmarească orice nouă generare de aciditate.

Durata lucrarilor.

- Nu se va putea realiza un ecosistem complet într-o perioadă de **un an**, chiar dacă acesta ar fi un **ecosistem simplu** precum o pajişte de iarbă verde.
- Este foarte **dificil de creat un sol totalmente fertil, complet biologic**, intr-un singur an pornind de la deşeuri,
  - cu exceptia cazurilor când există **un strat substanţial de sol vegetal adăugat peste deşeurile preexistente,**
  - ori de **material organic adus din altă parte** (nămol de canalizare, compost). Asemenea adaosuri se pot realiza insa numai la scară mică.
- **Solul trebuie sa se construiască pe o perioadă de caţiva ani**, **acordându-se o atenţie deosebită proceselor formatoare de sol.**

Cerinţa

- nu este formarea unui sol care să fie complet dezvoltat **in sensul pedologic** (ceea ce poate lua mii de ani)
- ci **un sol complet dezvoltat in sensul biologic.**

Aceasta inseamnă ca el să posede

- **continuturi adecvate de materie organica** si in special de **azot**,
- asociate cu **procese active de mineralizare**.

- Ecosistemele normale in regiunea temperată necesită circa **150 kg azot/ha** anual. De obicei **acesta poate fi produs** numai **dacă in sol capitalul de azot este de 10 ori mai mare**, rezultand un capital minimal de azot necesar în sol de 1000 kg/ha, legat de o mare cantitate de materie organică.
- Un astfel de sol se poate constitui numai dacă in ecosistemul in dezvoltare printre speciile de plante exista **leguminoase** ori alte plante **fixatoare de azot**. Acestea pot sa nu mai fie necesare in partea finala a dezvoltarii ecosistemului, dar **in partea iniţială, speciile fixatoare de azot**
  - trebuie sa fie nu numai prezente printre cele **semanate sau plantate**,
  - sa fie adecvate condiţiilor concrete, astfel incât ele sa se menţină, iar **contributia lor la fixarea azotului sa fie durabilă.**
- Pe de altă parte, trebuie acordata atentie **tratamentelor cu fertilizatori** şi
- de asemenea **acţiunilor de cosire, sau păşunat a ierbii**.
- În cazul **ecosistemelor de padure**, aceleasi lucruri trebuie avute in vedere , plus **actiunile de proptire şi de rărire a puieţilor**.

Toate acestea vor asigura :

- **rata satisfăcătoare a creşterii** in ecosistemul in dezvoltare ;
- **o producţie satisfăcătoare de materie organică** atat la suprafată cat şi in interiorul solului in formare (**circa 10 000 kg/ha/an)**.

Aceasta **materie organica,** impreună cu penetrarea actuală a **radacinilar in sol** şi cu **activitatea animalelor din sol** ce se hranesc cu materie organica, vor fi deosebit de importante in **dezvoltarea unei structuri adecvate a solului** care reprezinta cel mai adesea o problemă în terenurile degradate.

Ameliorarea structurii, impreuna cu **covorul de plante de la suprafată** vor diminua **eroziunea terenului**.

Vor fi ameliorate;

- **Densitatea** solului, care va fi redusă,
- **porozitatea,** care va fi îmbunătăţită in solurile grele şi compacte,
- **infiltrarea apei** in sol şi
- **capacitatea de retinere a apei disponibile**.

La terenurile proaspat inierbate se constată adesea că după un start foarte bun, **rata de creştere scade** in perioada următoare la nivele deosebit de mici datorita unei **inadecvate ingrijiri ulterioare**. Ca rezultat, intregul ecosistem este in pericol de a disparea. Nici un tip de vegetaţie nu scapa acestei probleme, desi unele specii sunt **mai tolerante decat altele la lipsa de intreţinere**. Astfel de **specii mai tolerante** sunt in zona temperată leguminoasele ***Sarothamnus scoparius*** şi ***Ulex europeus*** (tolerante la aciditate şi lipsă de fosfor). Aşadar, **necesităţile de intretinere ulterioara a vegetaţiei** fac parte integranta din acţiunea de reabilitare şi chiar din luarea deciziei privind felul reabilitării.

În **concluzie,** daca se **lucreaza cu natura** şi se ia **exemplu de la natură**, intr-o perioada de caţiva ani se poate realiza o **reabilitare** satisfăcătoare. Tot in acest sens se poate actiona şi pentru **reducerea costurilor** de reabilitare a terenului.

Toate aceste etape necesită imaginaţie şi ştiinţă.

Ştiinţa trebuie sa fie una practica, o **ecologie constructiva** asociata mai mult cu **ingineria** decat cu o **biologie moderna analitică**. In plus mai este necesara o mare putere de convingere pentru a obtine suportul financiar şi participarea activă a tuturor factorilor locali implicati in realizarea proiectului , după Oros, 2002.

Fig. 2. Demersul actiunilor in proiectul de reabilitare (după Bradshaw, 1995)

Realizarea terenului util si a ţelului ecologic
↑
Intreţinere (fertilizare, cosit, păşunat)
↑
Monitoring (creşterea plantelor şi dezvoltarea solului)
↑
Semănare/Plantare
↑
Pregătirea terenului
Planificarea lucrărilor
Intocmirea programului de ameliorare | **Alegerea speciilor si a metodelor de plantare (semanare), iutreţinerea lor**
↑
Proiectarea sau reproiectarea operaţiilor miniere (pentru a asista realizarea scopului ecologic si de utilizare a tereuului)
↑
Formularea scopurilor ecologice de revegetalizare (luarea in considerare a cerintelor ecosisteutului dorit, inclusiv iutretinerea ulterioara)
↑
Decizia finala a utilizarii terenului (ţinând cont de cerintele planificarii teritoriului si de amortizarea cheltuielilor)
↑
Stabilirea necesitatilor regiunii si populatiei (necesitaţi sociale si de mediu, probleme ce apar)
↑
Studiul sitului si a substratului (climat, proprietati fizice, fertilitate,toxicitate, vegetatie)
↑
Terenul degradat (lucrare miniera existenta sau proiectată)

1.2. Plante utilizate în recultivarea terenurilor degradate

1.2.1. Plante ierboase

În mai toate cazurile de reabilitare a unor terenuri degradate **formarea unui covor vegetal ierbos** este o ţintă finală sau o etapă intermediară pentru atingerea ţelului final care poate fi o pădure, un teren arabil sau un parc.

De regulă printre ierburile care trăiesc pe o pajişte există şi **leguminoase** care au o mare capacitate de a fixa azotul atmosferic iar printre acestea, **trifoiul** este cel mai răspândit.

In fiecare zona climatică există un numar mai mare sau mai mic de **plante ierboase** care pot fi utilizate in lucrările de recultivare a zonelor in curs de reabilitare.

In Marea Britanie, Bradshaw şi Chadwick, 1980, citează

- **140 de specii de ierburi si**
- **70 specii de leguminoase**

dintre care se pot alege speciile adecvate pentru recultivare.

Problema ce se ridică este **care specii sunt adecvate** pentru reabilitarea terenurilor, cum se face **alegerea** şi care sunt **metodele** cele mai bune de insămânţare?

Din punctul de vedere al recultivării unei zone degradate, cea mai importantă insuşire de luat in considerare trebuie să fie **adaptarea plantelor la condiţiile terenului (solului).**

Pe de altă parte, unele dintre aceste plante sunt uşor de obţinut prin **seminţele produse** de producători specializaţi; altele insă se găsesc numai **sub formă de plante sălbatice**.

Plantele sălbatice nu trebuie ignorate intrucât pot avea o serie de insuşiri extrem de favorabile şi pot aduce servicii foarte utile **in activitatea de instalare şi de permanentizare a covorului vegetal.** In tabelul 2 sunt prezentate o serie de **specii de graminee** ţinand cont de criteriile amintite înainte.

În cadrul fiecărei specii există de obicei foarte multe soiuri şi varietăţi cu însuşiri diferite privind rezistenţa, modul de iernare, cerinţele fată de condiţiile solului şi climatului etc. Căutarea soiurilor celor mai adecvate constituie o cheltuială de timp utilă pentru că o alegere corectă trebuie să ia în considerare toate diferenţele cu privire la persistenta si la intretinerea uşoara a covorului vegetal final.

Tabel 2. ***Graminee posibil de utilizat in recultivarea terenurilor degradate****(Oros,2002)*

Specii	Cerinţe de fertilitate	Toleranţa la pH	Toleranţa la secetă	Toleranţa faţă de temperatură	Cultivatori
Agrostis gigantea **(iarba câmpului)**	**medii**	**neutru, calcaros**	**medie**	**rece, cald**	**putini**
Agrostis stolonifera **(iarba câmpului)**	**medii**	**neutru, calcaros**	**mica**	**rece, cald**	**putini**
Agrostis tenuis **(iarba câmpului)**	**mici**	**acid, neutru**	**medie**	**rece, cald**	**multi**
Alopecurus pratensis **(coada vulpii)**	**medii**	**neutru, calcaros**	**medie**	**rece, cald**	**putini**
Dactylis glomerata (golomăţ)	**mari**	**neutru, calcaros**	**medie,**	**rece, cald**	**multi**
Deschampsia caespitosa **(târsă)**	**medii**	**neutru, calcaros**	**medie**	**rece, cald**	**Specie salbatica**
Deschampsia flexuosa **(târsă mica)**	**mici**	**acid**	**mare**	**rece, cald**	**Specie salbatica**
Festuca arundinacea **(păiuş de livezi)**	**mari**	**neutru, acid**	**mica**	**rece, cald**	**multi**
Festuca ovina **(păiuşul oii)**	**mici**	**acid, neutru**	**mare**	**frig, rece, cald**	**putini**
Festuca rubra **(păius rosu)**	**mici**	**neutru, calcaros**	**mare**	**frig, rece, cald**	**multi**
Festuca pratensis **(păiuş de livezi)**	**medii**	**neutru, calcaros**	**medie**	**rece, cald**	**putini**
Lolium perenne **(zâzanie) (raigras)**	**medii**	**neutru, calcaros**	**medie**	**rece, cald**	**multi**
Phleum pratense**(timoftică)**	**medii**	**neutru, calcaros**	**medie**	**rece, cald**	**multi**
Poa pratensis**(firuţă de livezi)**	**mici**	**acid, neutru, calcaros**	**mare**	**frig,rece, cald**	**multi**

Leguminoasele reprezintă o componentă de importanţă crucială in aproape toate mixturile de ierburi deoarece ele contribuie la menţinerea unui influx adecvat de azot şi asigură furnizarea unui capital adecvat de azot organic în interiorul solului nou, în formare. Ele înlătură necesitatea tratamentelor cu azot pentru intreţinere prin marirea cantităţii de azot mineralizabil. Astfel, trifoiul este un **fertilizator** mai bun decât tratamentele cu fertilizatori chimici, intrucât furnizează azotul in mod gradual şi continuu. In tabelul 3. se prezintă rezultate comparative obţinute de Bradshaw şi Chadwick (1980).

Tabelul 3. Comparaţie privind metodele de intreţinere a covorului vegetal pe o pajişte formata pe deşeuri de calcar in Yorkshire

(după Bradshaw şi Chadwick,1980, Oros 2002).

Indicatori	Tratamente de întreţinere			
	Fără tratamente	Numai azot (azotat de amoniu 40 kg/ha)	NPK complet (17:17:17; 300 kg/ha)	Trifoi alb (cu superfosfat 250 kg/ha)
Productivitate (kg/ha/an)	176	1594	1456	321
Materie organică (%)	0,96	3,24	2,55	2,55
Azot total (%)	0,01	0,03	0,02	0,02
Azot mineralizabil (ppm după 14 zile incubare)	+0,9	+2,7	+4,5	+ 14,3
Acoperirea cu pajişte (% la finele sezonului)	20	70	70	40
Culoarea pajiştii (după tratare)	1	5	5	4
Culoarea pajiştii (la finele sezonului)	1	1	1	2

Tabelul 4. Leguminoase perene cu utilitate deosebită in reabilitarea terenurilor (Oros 2002).

(A= acid; N = neutru; C = calcaros)

Specii de leguminoase	Preferinţe pentru sol	Preferinţe pentru climat	Existenţa în flora Romaniei
Amorpha fruticosa (tufa de indigo)	*N,C*	cald	-
Centrosema pubescens	A,N	cald	-
Coronilla varia(coronişte)	AN	rece, cald	++
Desmodium uncinatum	A,N	cald	-
Lathyrus sylvestris (lintea pratului)	N,C	cald	+
Lespedeza bicolor	A,N	cald	ornamentală
Lespedeza cuneata	A,N	cald	-
Lespedeza japonica	A,N	cald	-
Lotus corniculatus (ghizdei)	N,C	rece, cald	++
Lupinus perrenis (lupin)	A,N,C	rece, cald	cultivată
Medicago sativa (lucernă)	*N,C*	rece, cald	++
Melilotus alba (sulfină albă)	A,N,C	rece, cald	++
Melilotus officinalis (sulfină)	A,N,C	cald	++
Phaseolus vulgaris (fasole)	A,N,C	cald	cultivată
Stylosanthes humilis	A,N	cald	-
Trifolium pretense (trifoi roşu)	N,C	rece	++
Trifolium hybridum (trifoi)	A,N,C	rece	++
Trifolium repens (trifoi alb)	*N,C*	rece, cald	++
Ulex europeus	A,N,C	rece	-

Tabel 5. Plante leguminoase ierboase din flora Romaniei (Oros 2002).

Specii	Răspândire
Lupinus	
(Lupinus luteus, L. albus, L. varius, L. angustifolius)	-plante anuale cultivate
Lupinus perennis	-plantă perenă cultivată ornamental
Genista (drog, grozamă):	
G. germanica	-legumă mică perenă în păduri şi tufişuri
G. sagitalis (grozamă)	-prin tufişuri mărunte, pajişti uscate din câmpie până in zona de munte
G. tinctoria (drobiţă)	-prin fâneţe umede
G. ovata	-prin tufişuri pe coaste in partea de sud a ţării
(G. trifoliata, G. pilosa, G. albida, G. oligosperma, G. triangularis, G. spathulata)	-specii mai puţin comune
Trigonella (molotru)	
T. procumbrens	-in pajişti umede sărate
T. monspeliaca	-in locuri uscate stepice
T. coerulea (sulcină albastră)	-subspontanee şi cultivată
T. foenum - graecum	-cultivată
T. gladiata	-mai puţin comună
Medicago (lucerna) :	
M. lupulina (trifoi mărunt)	-foarte comună in pajişti uscate de câmpie şi deal, pe marginea semănăturilor
M. orbicularis	-in pajişti uscate, plantă anuală
M. sativa (lucerna)	-cultivată ca plantă de nutreţ. Sălbatică in fâneţe
M. falcata (culbecească)	-perenă in locuri uscate
M. prostrata	-perenă in locuri pietroase
M. marina (lucerna demare)	-planta anuala, in locuri uscate
M. rigidula	-plantă anuală, ţepoasă, in pajişti uscate de deal şi câmpie, pe coaste insorite şi pe nisipuri

M. minima (lucerna mică)	-in fânețe umede din sudul țării
Melilotus (sulfina):	
M. albus (sulfina alba)	-foarte comună prin pârloage, la marginea drumurilor, apelor, pe coaste insorite, in locuri nisipoase, pe dune maritime. Plantă anuala.
M. officinalis (sulfina)	-plantă anuală robustă foarte comuna pe marginea drumurilor, in semănături, fânețe până in zona montană
M. arenarius (sulfina de nisipuri)	-pe dunele de nisip de pe litoral
M. dentatus	-prin fânețe umede și sărate
M. altissimus, M. taurians	-mai puțin comune
Trifolium (trifoi)	
T. repens (trifoi alb târâtor)	-plantă perenă cu tulpina culcată cu înrădăcinare la noduri, foarte răspândită de la câmpie până la munte prin păduri şi fânețe mai umede sau mai uscate, dar şi in locuri uscate la marginea drumurilor
T. pratense (trifoi roşu)	-plantă perenă, formează tufe cu tulpini ascendente, foarte comună in pajişti până in zona alpina. Se cultivă ca plantă furajeră.
T. hybridum (trifoi corcit)	-planta perenă cu tulpina flexuoasa şi flori alb-roz.Comună prin fânețe şi paşuni mai mult sau mai puțin umede, lunci, pârloage, până in zona subalpină.
T. fragiferum (trifoi dragut)	-tulpina lunga târâtoare, cu flori palid roşii sau roşii. Comună prin fânețe, păşuni umede, nisipoase, pe malul râurilor. Mai frecventă in zona de câmpie şi deal
T. alpestre	-planta paroasă, frecventă in pajişti si in poienile pădurilor până in zona subalpină
T. angulatum	-tulpini in formă de tufe cu flori rozalii. In pajişti semisărate, uşor umede.
T parviflorum	-planta mica cu flori alb-roşietice. In pajşti semisărate
T. campestre (trifoiaş)	-palnte mici, ramificate, cu flori galben brun deschis. Prin pajişti, păşuni, locuri cultivate de la câmpie până la munte
T. strepens	-plante inalte (până la 1 m) cu flori galbene. In finețele şi poienile de pădure.
T. montanum (trifoi de munte)	-tulpină relativ inalta, păroasă sub formă de tufe cu flori albe. Frecventa in zona alpina in pajişti. Component principal al fâneților şi paşunilor.
Trifolium rubans	-tulpini tufoase erecte, inalte (20 - 80 cm) cu flori purpurii. Sporadica până în regiunea montană prin pajişti, tufarişuri, rarişti de păduri
T. badium (trifoi galben)	-in locuri pietroase şi ierboase
Alte specii din flora României: T. medium, T. dubium, T. ochroleucum, T. pannonicum, T. incarnatum, T. arvense, T. striatum, T. angustifolium, T. michelianum, T. ornitopodiodes, T. pallescens, T. purpureum, T. resupinaum, T. scabrum, T. subterraneum,T. suffocatum, T. echinatum, T. vesiculosum.	
Antyllis (vătămătoare):	
A. vulneraria	-in păşuni şi fânețe calcaroase până in regiuni subalpine
A. polyphylla	-in locuri calcaroase
Dorycnium herbaceum (sulițică)Alte specii: D. germanicum, D. sericeum	-perenă, frecevntă in locuri uscate pe dealuri, coaste insorite, râpe, tufărişuri, pe substrat calcaros
Lotus (ghizdei):	
L. corniculatus (ghizdei)	-comună înpajişti umede şi uscate, tufarisuri din zona de câmpie până la munte
L. tenuis (ghizdei de sărătură)	-comună in pajiştile umede sărate
L. siliquosus	-in locuri umede (livezi)
Galega officinalis ciumarea	-frecventă in lunci, livezi, şanturi umede
Astragalus (coşaci):	
Astragalus alpinus	-pe stâncării
A. asper	-in regiunea de câmpie şi dealuri pe coaste insorite, in tufărişuri, la margini de păduri
A. glycyphyllus (unghia găii)	-comună în tufişuri şi in păduri de fag şi stejar până in zona montană
A. onobrychis (coşaci)	-foarte comună până in zona subalpină pe coline şi fânețe uscate
A. virgatus	-pe dunele de nisipuri maritime
A. monspessulanus	-coline aride, locuri calcaroase
A. dasyanthus	-m locuri uscate
A. cicer	-comund in fânețe şi tufişuri
A. australis	-in regiunile pietroase, ierboase din munți
A. vesicarius	-pe coline calcaroase
Alte specii din flora României : A. dolichopyllus, A. pseudohirsutus, A.glaucus, A. excapus, A. pendiliflorus, A, austriacus, A.contortuplicatus, A. cornutus, A. depressus, A. frigidus, A. sulcatus,A. subulatus.	
Oxytropis (lunfricica):	
Oxytropis pilosa (luntricica)	-pe coline aride şi ierboase, in câmpie in locuri uscate, insorite, pe aluviuni, dune nisipoase,
O. campestris (luntricica galben)	-in păşuni pe bolovaşuri calcaroase
O. sericea (luntricica mătăsoasă)	-plantă cu radăcină pivotantă lungă şi rizom scrut foarte ramificat la suprafața solului. Prin pajişti uscate, pe stâncării, bolovănişuri.
Glycyrrhiza:	
Glycyrrhiza echinata (lemn dulce)	-tulpina inalta (1-1,5 m), rizom lemnos. In livezi umede, pe marginea râurilor. Comună in regiunea Dunării.
Glycyrrhiza glabra	-in fânețele umede din Dobrogea. Uneori cultivat.
Ornnithropus:	
Ornithopus sativus (seradela)	-cultivată in terenuri nisipoase
O. perpusillus	-rară în câmpuri
Coronilla varia (coronişte)	-planta robustă, tufoasă (30-120 mm). Comună in regiunea montană prin fânețe, livezi, tufişuri, la margini de păduri.

Alte specii: C. coronata, C. cretica, C. emerus, C.elegans, C. vaginalis, C. scorpioides	
Hippocrepis comosa	**-tufişuri pe dealuri calcaroase**
Hedysarum (dulcişor) :	
Hedysarum hedysaroides (dulcişor)	**-planta cu inrădăcinare adancă şi cu rizon gros, tulpinaă erectă (10-15 cm). în locura ierboase şi stâncoase pe substrat calcaros in Carpaţi**
Hedysarum grandiflorum	**-in Dobrogea**
Onobrychis (sparceta) :	
Onobrychis viciifolia (sparceta)	**-frecventa prin livezi, fâneţe, până in zona montana superiora**
O. transilvanica (sparceta de munte)	**-pe coaste stâncoase calcaroase**
Alte specii: O. arenaria, O. alba, O. gracilis	
Cicer arietinum (năut)	**cultivat**
Arachis hypogaea	**cultivat**
Vicia (măzăriche):	
V. sativa (măzăriche de primavara)	**-spontană prin semănături, pe lângă drumuri, fâneţe. Cultivată in amestec cu ovăz (borceag)**
V. striata (landră)	**-frecvente pe coaste insorite, in semănături**
V. villosa (măzăriche)	**-frecventă in locuri necultivate, la margini de păduri, in mărginişuri, pe sub garduri şi in locuri cultivate**
V. sepium	**-comunA in regiunea montana m paduri şi tufişuri. Rară in locuri cultivate.**
V. hirsuta (cosiţa)	**-comună pe lângă drumuri, in porumbişte**
V. tetrasperma	**-in locuri cultivate şi in tufisuri**
V. cracca	**-pe sub graduri, in terenuri acultivate, in tufişuri**
V. faba	**-cultivată**
V. sordida	**-prin livezi, pomării**
V angustifolia	**-prin semănături**
Alte specii din ţară: V. grandiflora, V. cassubica, V. dumetorum, V. lutea, V. ervilia, V. lathyroides, V. narbonensis, V. mnathos, V. peregrina, V. picta, V. pisiformis, V. pseudovillosa, V. serratifolia,V. silvatica, V. sparsiflora, V.dalmatica, V. tenuifolia, V. truncatula, V. dasycarpa.	
Lens esculenta (linte)	**cultivata**
Lathyrus (orăstică) :	
Lathyrus pratensis (lintea pratului)	**-frecventă în fâneţe şi tufişuri până in zona subalpina**
L. aphaca (orăştică)	**-sporadica pe marginea drumurilor, in semănături, mai rar in fâneţe**
L. hallersteinii (orăştică)	**-prin paduri şi tufişuri până in regiunea montană**
L. niger (orăştică)	**-prin paduri de fag şi stejar până in regiunea montană**
L. tuberosus (orăştică)	**-foarte comună in lanuri de grâu, mirişti, tufişuri, fâneţe până in regiunea montană mijlocie**
L. venetus (orăştică)	**-in păduri frecventă de la câmpie până in regiunea montană**
L. vernus (pupezele)	**-comună în păduri şi tufişuri până in regiunea montana**
L. hirsutus	**-in semănături, in vii**
L. sylvester	**-in păduri de stejar**
L. latifolius, L. versicolor	**-in tufişuri (de stejar)**
L. levigatust	**-in pădurile de munte**
Alte specii din flora României: L. transsilvanicus, L. aureus, L. montanus, L. nissolia, L. paluster, L. pannonicus, L. satirus, L. setifolius, L. sphaericus, L. cicera, L. odoratus	
Pisum (mazăre):	
Pisum sativum (mazare)	**-cultivată**
Pisum arvense (mazare de câmp)	**-prin semanaturi, cultivata pentru nutret**
Alte specli: P. elatius	
Glycine hispida (soia)	**-cultivata**
Phaseolus (fasole) :	
Phaseolus vulgaris (fasole)	**-cultivată pentru uz culinar**
Phaselous multiflorus(fasole mare)	**-cultivată ornamental**
Vigna sinensis (fasoliţă)	**-cultivată in special pe nisipuri**
Dolichos	**-cultivată ornamental**
Alte specii leguminoase, mai puţin raspandite in flora României: Ceratonia siliqua (roşcove), Sarothamnus scoparius, Psoralea bituminosa, Psoralea plumosa, Calycotome infesta, Cytisanthus radiatus.	

Şi in cazul leguminoaselor, **alegerea speciilor** depinde de condiţiile de sol şi de climat. De obicei leguminoasele cele mai adecvate sunt cele **utilizate in agricultură** intrucât acestea au o rată mare de fixare a azotului. O lista a leguminoaselor utilizate în toata lumea este prezentata in tabelul 4., iar in tabelul 5. se da o lista a speciilor de leguminoase din flora României [după Prodan şi Buia, 1958, Todor, 1968, Tarnavschi şi Andrei, 1971].

Se poate uşor constata că există o gamă enormă de leguminoase, iar in ultima perioada s-au mai realizat un număr foarte mare de soiuri şi varietaţi de plante ca rezultat al cercetărilor biotehnologice din domeniul agrotehnicii. Cea mai bună cale de urmat in alegerea speciilor şi

soiurilor celor mai adecvate de leguminoase in activitatea de reabilitare a terenurilor degradate, este colaborarea cu autorităţile agrotehnice locale.

Leguminoasele sunt adecvate datorită simbiozei cu bacteria ***Rhizobium*** ce se fixează in radăcini şi formează nodozităţile fixatoare de azot. Pentru realizarea acestei simbioze este necesar ca intre specia şi varietatea de plantă leguminoasă şi tulpina de bacterie existentă in sol să existe o compatibilitate. Este posibil ca intr-un sol tehnogen nou, să nu existe tulpina de *Rhizobium* compatibilă cu planta leguminoasă semanată. De aceea se practică cel mai des utilizarea de **seminţe deja infectate cu *Rhizobium* compatibil**. De asemenea, se poate utiliza sol in care au fost deja cultivate leguminoasele respective, pentru a aduce un aport de bacterii *Rhizobium* adecvate.

Uneori se realizeaza aşa numite **culturi - doică**. Speciile utilizate in acest scop trebuie alese în funcţie de ţelul urmărit. Chiar dacă aceasta aduce cu sine o competiţie pentru nutrienţi, utilitatea sa se dovedeşte în protejarea culturii contra unor factori precum eroziunea, instabilitatea, etc. Ea trebuie să lase suficientă lumină la nivelul solului pentru a asigura creşterea ierburilor nou semănate.

Pregătirea terenului şi însămânşarea se fac de regulă prin aceleaşi metode care sunt utilizate in mod obişnuit in agricultură şi cu aceleaşi utilaje. Uneori este insă necesar să se utilizeze cultivatoare speciale, puternice pentru a invinge textura dificilă a materialului suport. La fel, maşinile obişnuite de semănat pot intâmpina dificultaţi in care caz este mai bine să se utilizeze **impraştierea**. Pe unele pante abrupte ar putea fi imposibilă utilizarea oricărei maşini de semănat, in acest caz se apelează la vechea tehnică de **semănat manual** care este mai ieftină decât hidrosemănatul. Au aparut deja unele maşini speciale pentru lucrările de remediere. Acestea sunt combinaţii intre cultivator-semănătoare special proiectate pentru terenuri (materiale) dificile şi maşini de adunat pietrele. Ele sunt foarte scumpe, dar in anumite situatii sunt inevitabile.

Rata de însămânţare (cantitatea de seminţe la hectar) poate varia în funcţie de teren şi de sit, dar şi aici este bine să se urmeaze practica din lucrările agricole. Nu se justifică ratele de însămânţare, cu valori ridicate din horticultură (500 kg/ha) in timp ce in agricultură se aplică 40 kg/ha, in ideea ca sămânţa multă asigură succesul. Aceasta nu este adevărat, succesul este asigurat numai prin asigurarea condiţiilor corecte de creştere. Bradshaw şi Chadwick (1980) consideră ca normală pentru zona tempezată o rată de însămânţare de 50 - 100 kg/ha şi ceva mai puţin pentru climatul tropical. In timp cc pentru pregătirea terenului inainte de însămânţare trebuie să se acorde mare atenţie şi să se facă conform lucrărilor agricole obişnuite, **lucrarea de consolidare a seminţelor in teren** după semănat nu este atăt de importantă, putându-se face abstracţie de aceasta, considerându-se suficientă fixarea lor datorită ploilor. **Lucrările de amelioare prin fertilizare şi tratare cu amendamente** trebuiesc făcute cu cea mai mare atenţie. Cantităţile utilizate vor depinde foarte mult de materialul şi de situl tratat, insă aproape de fiecare dată nutrienţii cu probleme critice vor fi azotul şi fosforul. Aplicarea acestora se va face după metodele obişnuite.

Propagarea vegetativă este o alternativă importantă la metoda semănatului, mai ales in locurile unde stabilizarea seminţelor este dificilă. De exemplu, iarba de plaja ***(Ammophila arenaria şi A. breviligulata)*** utilizate pentru **stabilizarea zonelar nisipurilor de coastă**, se plantează manual in smocuri de 3-4 fire la intervale de circa 30 cm [13].

Daca s-a putut identifica material vegetativ special adaptat la condiţii particulare, precum cele din **hălzile metalifere**, de exemplu, atunci clonarea şi propagarea vegetativă reprezintă o metodă eficientă de stabilizare, aceasta asigurând prezervarea caracteristicilor genetice nemodificate ale materialului adaptat.

Materialul vegetativ plantat in teren va necesita aceeaşi atenţie in privinţa lucrărilor de ameliorare şi intreţinere ca şi materialul semănat. Chiar dacă materialul de start este mai mare (plantule) şi are o mai mare rezervă de nutrienţi pe termen scurt, pe termen lung el va necesita aceleaşi adaosuri de azot şi alţi nutrienţi ca şi terenul însămânţat.

Arbori şi arbuşti

Alternativa la metoda de stabilizare prin însămânţarea de iarba este cultivarea de arbori sau arbuşti. Arborii pot ajunge sa dea o **producţie comercială** dacă speciile sunt bine alese. Ei pot fi plantaţi pe terenurile unde nu se poate face agricultură, in carierele abandonate sub formă de dealuri sau văi. Conturul acestora poate fi aranjat astfel încât sa contribuie pozitiv la **peisaj.** Pe ele se pot realiza zone împădurite pentru agrement chiar dacă sunt situate in mijlocul unei regiuni industriale. Totuşi, pe termen scurt, ele sunt mai puţin eficiente decât iarba in stabilizarea solului împotriva eroziunii.

Alegerea speciilor. Ca şi în cazul plantelor ierboase, posibilitatea de alegere este imensă. Pentru plantarea pe terenurile degradate, este necesar să se aleagă specii cunoscute a fi bine **adaptate la mediul local**, cu acordul inspectoratului silvic. In general, speciile cele mai valoroase sunt cele care reprezintă **pionierii naturali**. Este posibilă identificarea de specii care sunt adaptate in mod particular la condiţiile dificile de **deficienţă de nutrienţi**, carenţa care este prezentă în succesiunea naturală timpurie a vegetaţiei pe terenurile degradate.

Ca şi în cazul ierburilor, speciile trebuie alese şi în funcţie de **însuşirile particulare ale sitului precum pH-ul şi climatul**. In tabelul nr. 6. se dă o **listă a speciilor de arbori** cei mai utilizati pentru terenurile degradate in zona temperată. Deşi unele din speciile prezentate in listă nu sunt prezente in flora din România, există alte specii din aceleaşi genuri care pot fi utilizate cu aceleaşi rezultate în reabilitarea terenurilor degradate şi a hălzilor de deşeuri.

Există un număr de **arbori** din familia Leguminoase în zona temperată precum ***Robinia pseudacacia*** (salcâmul), ***Cercis siliquastrum, Gleditschia triacanthos*** (plătică), ***Gymnocladus dioica, Sophora japonica,*** iar în climatul cald speciile genului ***Acacia,*** precum si alte specii de arbori, care nu sunt leguminoase, şi care **au capacitate de a fixa azotul** ex. specific de ***Alnus*** (anin), ***Hippophaë rhamnoides*** (cătina albă). Aceste specii cresc relativ repede fară adaos de fertilizatori (azot) şi reprezintă instrumente valoroase in reabilitarea terenurilor degradate sau a celor tehnogene, deşi uneori necesită adaos de alţi nutrienţi.

Tabel 6. ***Arborii cei mai utilizaţi in recultivarea terenurilor degradate in zona temperată (Oros,2002)***
((N)=fixatoare de azot, N = neutru, A= acid, C = calcaros)

Specii de arbori	Cerinţe de fertilitate	Toleranţă la pH	Cerinţe de umiditate	Toleranţă la climat	Răspândire in România
Acer pseudoplatanus (paltin de munte)	medic	NC	uscat	rece, cald	++
Acer negundo (arţar american)	medie	NC	uscat	cald	
Alnus glutinosa (anin negru)	slabă (N)	ANC	umed	rece	++
Alnus incana (anin alb)	Slabă (N)	NC	umed	rece	++
Betula papyrifera (mesteacăn)	slabă	ANC	umed,	cald	-
Betula pendula (mesteacan)	slabă	NC	umed,	rece	-
Betula pubescens (mesteacan pufos)	slaba	ANC	umed,	rece	+
Coriaria arborea	slaba (N)	AN	uscat	rece, cald	-
Eleagnus sylvatica	slaba (N)	NC	uscat	rece, cald	-
Eleagnus umbellulata	slabă (N)	NC	uscat	rece, clad	-
Eleagnus angustifolia (sălcioară)	slaba (N)	NC	uscat	cald	+
Fagus sylvatica (fag)	medie	ANC	uscat	rece	++
Fraxinus americana (frasin american)	medie	NC	umed,	cald	-
Fraxinus excelsior (frasin)	medie	NC	uscat	rece	++
Juniperus virginiana (ienupar de Virginia)	slaba	ANC	uscat	rece,cald	cultivat
Larix leptolepis (zadă, larice)	slaba	ANC	uscat	rece	-
Pinus banksiana (pinul bancsian)	slaba	AN	uscat	rece	cultivat
Pinus echinata	slaba	AN	uscat	cald	-
Pinus nigra (pin negru)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Pinus rigida (pinul rigid)	slaba	AN	uscat	rece, cald	-
Pinus strobus (pinul strob)	medie	ANC	uscat	rece, cald	cultivat
Pinus sylvestris (pinul silvestru)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Pinus tolda	medie	AN	uscat	cald	
Pinus virginiana	slaba	AN	uscat	cald	-
Platanus occidentalis (platan)	medie	NC	umed	rece, cald	cultivat
Populus nigra (plop negru)	*medie*	N	umed	cald, rece	++
Populus tremula (plop tremurator)	medie	ANC	umed	rece	++
Robinia fertilis	slaba	ANC	uscat	rece, cald	-
Robinia pseudacacia (salcam)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Salix caprea (salcie capreasca)	slaba	ANC	umed, uscat	rece	++
Salix cinerea (zălog)	slaba	ANC	umed, uscat	rece	++
Salix daphnoides (salcie brumarie)	slaba	NC	umed	rece	++
Salix purpurea (rachita rosie)	slaba	ANC	umed	rece	++
Salix viminialis (rulaje)	medie	NC	umed	rece	++
Sorbus aucuparia (scoruş)	slabd	ANC	uscat	rece	+
Thuja occidentalis	medie	NC	umed, uscat	rece	cultivat

Posibilitatea de alegere pentru **arbuşti** este de asemenea imensă. Aici nu se pune problema unei utilizări comerciale, specific alese vor fi cele care au insuşirile cele mai **adecvate faţă de condiţiile terenului şi care indeplinesc bine rolul de fixare.**

Dintre arbuştii foarte valoroşi, cu capacitatea de a **fixa azotul sunt leguminoasele** ***Ulex, Sarothamnus*** *şi* eleagnaceele ***Eleagnus*** (sălcioara) **şi *Hippofaë rhamnoides*** (cătina albă**).** Alţi arbuşti utilizaţi adesea pentru fixarea terenurilor degradate şi pentru halde sunt sângerul ***(Cornus sanguinea),*** cornul ***(Cornus mas),*** lemnul câinesc ***(Lygustrum vulgare),*** drobul ***(Cytisus nigricans),*** dârmozul *şi călinul* ***(Viburnum lantana, Viburnum opulus),*** etc.

Din experienţa acumulată in diferite ţăari cu condiţii fitoclimatice asemănătoare cu cele din România, precum şi din experimentările efectuete in ţara noastră se constată că **majoritatea haldelor miniere pot fi impădurite** dacă

- se iau in prealabil măsurile corespunzătoare de pregatire a terenului,
- de ameliorare a solului şi
- dacă se folosesc procedee de împădurire adecvate.

Sortimentul de specii forestiere care asigură rezultate bune pe halde este bogat, speciile utilizate depinzând de condiţiile staţionale existente sau create prin lucrările de ameliorare.

Speciile amelioratoare de sol (fixatoare de azot) precum

- **salcâmul *(Robinia pseudacacia),***
- **aninul *(Alnus),***
- **sălcioara *(Eleagnus)* şi**
- **cătina albă *(Hippofaë rhamnoides)*** au dat rezultate bune in toate cazurile. Ele au contribuit şi la ameliorarea materialului de sol din halde in timp relativ scurt şi au stimulat creşterea altor specii lemnoase când au fost cultivate in amestec cu acestea.

Dintre celelalte **specii forestiere folosite pe halde** au dat rezultate bune sau satisfăcatoare (Traci,1985):

- pinii, in special **pinul silvestru *(Pinus sylvestris),*** pe haldele miniere şi industriale cu depozite grosiere şi nisipoase, **cu pH sub 7,** şi
- **pinul negru *(Pinus nigra)*** pe hălzile calcaroase sau argiloase cu pH **peste 7;**
- plopii, mai ales **plopul alb *(Populus alba)*** şi **plopul tremurător *(Populus tremula), şi* sălciile *(Salix alba, Salix caprea, Salix incana,*** etc.) pe hălzile formate din depozite nisipoase, din regiuni mai umede sau cu posibilităţi de irigare;
- **frasinul *(Fraxinus excelsior),* paltinul *(Acer),* cireşul pădureţ *(Cerasus avium),* ulmul *(Ulmus)* şi frasinul de Pensylvania *(Fraxinus pensylvanica),* arţarul tătăresc *(Acer tataricum)*** *şi* altele, pe hălzile cu condiţii staţionale ceva mai favorabile sau pe care s-a aşternut un strat de **pământ fertil;**
- **stejarul şi stejarul roşu *(Quercus robur şi Quercus borealis)*** pe hălzile cu cele mai bune condiţii de sol;
- **mesteacanul *(Betula verrucosa),* oţetarul fals (cenuşerul) *(Ailanthus altissima),* arţarul american *(Acer negundo),* mojdreanul *(Fraxinus ornus),****etc.*** pe hălzile cu condiţii staţionale mai dificile (mesteacanul in zone mai umede pe hălzile acide, iar celelalte specii pe hălzile din zone mai calde şi secetoase - mai ales mojdreanul);
- **lemnul câinesc *(Ligustrum vulgare),* sângerul *(Cornus sanguinea) şi* a1ţi arbuşti**, pe diferite tipuri de hălzi, **in amestec** cu speciile menţionate mai inainte.

Metode de instatare.

In activitatea inspectoratelor silvice din România, la fel ca in toate celelalte ţări, una dintre preocupările de bază o reprezintă **combaterea prin impăduriri a fenomenelor de degradare a terenurilor.** In general, această activitate se rasfrânge asupra **terenurilor degradate prin fenomenele naturale de eroziune, alunecări, sărăturare, inmlăştinire, deşertificare,** insă in ultima perioadă atenţia silvicultorilor s-a indreptat şi către **terenurile degradate antropic.**

Ca urmare, s-a acumulat in acest domeniu o anumită experienţă şi o literatură tehnică destul de bogată.

Activitatea de impădurire a terenurilor degradate se realizeza in cadrul unor programe naţionale, regionale sau locale, organizate ştiinţific, pe baza condiţiilor stationale se **proiectează şi se organizează execuţia lucrărilor**. Noi vom prezenta doar unele aspecte ale acestor lucrari legate in special de impădurirea haldelor.

Analiza situaţiei unor hălzi din România şi a datelor din literatura de specialitate l-au condus pe Traci,1985 la concluzia că pentru

caracterizarea codiţiilor staţionale ale hălzilor şi pentru clasificarea staţiunilor de halde, trebuie să se ia in considerare următorii **factori principali:**

• **condiţiile generale fitoclimatice**, cu distingerea următoarei serii de **tipuri de staţiune** de halde:

- **halde din regiuni de câmpie şi coline, din stepă şi silvostepă;**
- **halde din regiunile de dealurii din subzonele stejarului şi gorunului;**
- **halde din regiuni montane din subzonele fagului şi molidului;**

• **provenienţa materialului component**, distingându-se:

- **hălzi miniere,**
- **hălzi industriale,**
- **hălzi menajere, etc.;**

• **caracteristicile depozitelor din hălzi**, distingandu-se:

- **hălzi din fragmente de rocă grosiere (pietriş, pietre, bolovani cu sau fara material fin),**
- **hălzi din materiale fine de rocă (nisip, pulberi),**
- **hălzi din materiale foarte fine (argilă),**
- **hălzi din cenuşă,**
- **hălzi din zgură,**
- **hălzi din deşeuri menajere.**

La acestia se mai adauga o serie de alţi factori ce trebuie luaţi in considerare precum: petrografia rocilor şi compozitia mineralogiecă, pH-ul, prezenţa unor săruri solubile sau / şi compuşi toxici, configuraţia microreliefului halzilor (valuri sau movile, platforme, bălti).

Toate acestea vor sta la **baza proiectării şi aplicării soluţiilor tehnice** diferenţiate pentru stabilizarea şi impădurirea hălzilor.

Utilizând parţial aceste caracteristici, el a facut şi o clasificare staţionala a hălzilor din care extragem cateva **tipuri de staţiuni** (după Oros, 2002):.

•**Staţiunea Hmc1** = hălzi miniere **(Hm)** formate din materiale grosiere de **roci acide** (bolovani, pietre, pietriş şi puţine materiale fine de riolit, din galeriile de **exploatare a aurului**), sub formă de ***movile şi valuri, inalte de 20-30 m, cu pante de 20-30°, stabile, situate in subzona de vegetaţie a fagului şi molidului*** **(c).**

• **Staţiunea Hmb3** = hălzi miniere **(Hm) carbonifere** formate din fragmente de rocă şi lignit, sub forma de ***valuri şi movile, înalte de 10-30 m, cu pante de 20-30°, semistabile, neînţelenite, din subzona de vegetaţie a gorunului*** **(b).**

• **Staţiunea Hmb4** = hălzi miniere **(Hm)** formate din materiale fine de rocă (nisip de la **flotaţia minereurilor de plumb-zinc**), cu pH 7-8, sub formă de ***platforme inalte de 7-15 m, cu panta versanţilor de 20-25°, semistabile, din subzona de vegetaţie a gorunului*** **(b).**

• **Staţiunea Hib2** = hălzi industriale **(Hi)** formate din cenuşa de la centrale electrice de termoficare, cu pH= 9,7 , cu conţinut ridicat de Fe, Mg, Pb, Ca şi conţinut redus de nitraţi, sub forma de ***dune inalte de 40-50 m, cu pante de 25-30°, nestabile, situate in subzona de vegetatie a stejarului*** **(b).**

• **Statiunea Hda1** = hălzi de deşeuri menajere **(Hd)** alcatuite predominant din materiale organice (hârtie, materiale plastice, resturi alimentare) şi puţine fragmente de sticlă, ceramică, obiecte metalice, etc., sub forma de ***platforme inalte de 5-10 m, situate în zone de câmpie şi coline din stepă si silvostepă*** **(a).**

Lucrări de ameliorare a condiţiilor pentru instalarea şi dezvoltarea vegetaţiei forestiere

In general, hălzile ofera condiţii staţionale dificile, de aceea, în majoritatea cazurilor sunt necesare **lucrări de ameliorare** a acestor condiţii pentru a permite instalarea vegetaţiei forestiere şi dezvoltarea ei corespunzătoare.

Printre cele mai general aplicate **categorii de lucrări** (Oros, 2002) se pot mentiona:

• **lucrări de consolidare a hălzilor contra alunecărilor** prin micşorarea pantei şi reamenajarea taluzurilor, ziduri de sprijin, drenaje şi lucrări de combatere a eroziunii prin garduleţe liniare sau rombice, banchete de zidărie uscată, etc.;

• **lucrări de pregătire a terenului**.

- In cazul hălzilor cu suprafaţa foarte tasată (foarte adesea este cazul halzilor miniere şi industriale) **afânarea terenului** este indispensabilă pentru instalarea vegetaţiei forestiere.
- Pe suprafaţa terasei la hălzile de steril de flotaţie, afânarea se realizează prin **aratură la 30-40 cm adâncime şi/sau discuire**, iar
- în cazul hălzilor din materiale grosiere (hălzi de mină) prin **scarificare cu scarificatoare cu dinţi până la 30-40 cm.**
- Pentru instalarea vegetaţiei forestiere, această pregătire se poate executa şi in fâşii de 1,0-1,5 m lăţime alternând cu **fâşii nelucrate de 0,75-1,0 m laţime**, sau chiar pe tablii cu dimensiunile stabilite de la caz la caz.
  Pe versanţii hălzilor, pregătirea terenului se va face în **terase** late de 26 m amplasate la distanţe de 3-6 m. Terasele pot fi sprijinite cu garduleţe (la materialele nestabile) sau nesprijinite in cazul materialelor stabile;

• **lucrari de ameliorare a condiţiilor de sol** Aproape in toate cazurile, hălzile de deşeuri industriale prezintă carenţe in substantele nutritive şi in special pentru azot. Prin urmare, sunt necesare lucrări de fertilizare şi alte lucrări de imbunătăţire a insuşirilor fizico-chimice ale materialelor de solificare, în special in privinţa capacitaţii de reţinere a apei şi a nutrienţilor.

- **Acoperirea cu un strat de sol fertil de 20-25 cm grosime** este o metoda general valabilă, utilă şi in cazul impăduririlor, insă foarte rar este utilizabilă din considerente de costuri şi posibilităţi de procurare a cantitaţilor de sol necesare.
- Acoperirea cu alte materiale, inlocuitori de sol, precum **namoluri dragate** din canale de irigaţie sau de desecare ori din canalele portuare, etc., nămoluri de la staţiile de epurare municipale a apelor menajere, este o alternativă adesea fezabilă. Fiind bogate in materie organică, acestea ameliorează insuşirile materialului superficial din haldă şi aduce un aport de elemente nutritive.
- **Mulcirea** cu paie, ramuri, scoarţe, frunze, rumeguş sau turbă este o altă posibilitate de ameliorare a materialelor, având efect pozitiv şi in prevenirea eroziunii.

Alte lucrari de ameliorare a condiţiilor de sol sunt cele de **combatere a aciditătii** prin tratare **cu var sau calcar** şi de fixare sau neutralizare a substanţelor nocive, fie prin **spalarea sărurilor solubile**, fie prin **fixare cu gips, fosfogips sau alte tratamente**.

Tehnici de execuţie a impăduririlor pe terenurile degradate.

Privind soluţiile tehnice de execuţie a **impăduririlor pe terenurile degradate** există o literatură tehnică bogată. Traci şi Costin, 1966, prezintă:

metodele generale de execuţie a lucrărilor de impăduriri pe terenurile degradate, iar in 1986, prezintă **metode pentru impădurirea diferitelor tipuri de halde in funcţie de condiţiile staţionale, stabilind speciile forestiere recomandate, pregătirea şi consolidarea terenului şi procedeele de ameliorare şi de plantare**.

Ca procedee de impădurire se indică **plantarea de puieţi** prin două metode,

- plantarea cu utilizare de **pământ vegetal adus** din altă parte (12-20 dm^3 la fiecare groapă), respectiv
- utilizarea de **puieţi crescuţi in pungi de plastic** umplute cu amestecuri de substraturi nutritive (mai ales pentru răşinoase) şi plantarea acestor pungi in gropile pentru puieţi.

Exista **trei metode principale prin care arborii sau arbuştii pot fi instalaţi**:

1.**prin insământare,**
2.prin puieţi sau transplanţi şi
3. prin sădire standard.

Cea mai utilizată metodă este cea prin **plantare de puieţi mici sau transplanţi**.

Astfel, se plantează arborii şi arbuştii sub forma unor **puieţi de 1-3 ani, 10-30 cm inalţme** după ce au fost crescuţi intr-o pepinieră. Aceştia se plantează uşor şi rapid in mod manual (circa 60 / ora) cu ajutorul unui hârleţ. Aceşti arbori transplanţi au radăcinile goale, neacoperite cu sol şi de aceea trebuie evitată uscarea lor inainte de a fi făcută plantarea. La plantare, rădăcinile trebuie acoperite cu cel mai bun material disponibil.

O metodă alternativă este **utilizarea unor puieţi foarte mici**, mai tineri de un an, crescuţi in tuburi mici de fibre ori in alţi recipienţi. Aceştia sunt mai uşor de manipulat şi se prind mai uşor datorită faptului că au radăcinile protejate.

In anumite locuri se fac **sădiri standard de puieţi** in gropi de 30 x 30 x 30 cm sau de 40 x 40 x 30 cm. Densitatea culturilor va fi de 5 000 - 6 700 puieţi la hectar (distanţa de 0,8 – 1 m pe rand şi 1,5 până la 2,5 - 3 m intre rănduri.

In cazuri mai deosebite, pentru a produce un efect imediat sau pentru a evita stricăciunile prin vandalism ori cele datorate animalelor, se fac **sădiri de copăcei tineri de 100 - 200** cm inălţime. Aceasta **lucrare de plantare** este costisitoare, deoarece necesită gropi de 30 x 30 cm pana la 1 m^2 şi protejarea tulpinilor de vătămări. De obicei, aceste sădiri se fac cu introducerea in gropi de pământ de calitate bună adus din altă parte. Această metodă se utilizeaza mai ales atunci când se plantează copăcei de dimenisuni mai mari.

In prezent există **utilaje** care permit plantarea de arbori semi-maturi (**4 m** inalţime sau mai mult). Aceasta se justifică numai atunci când este necesar un efect vizibil imediat (ex. În apropierea unei construcţii). Experienţa a arătat că după o perioadă de 5 ani, un copac mai tânar il va depăşi pe cel semimatur, intrucât acesta din urmă a avut mai mult de suferit la transplatare (Oros, 2002).

La reabilitarea unor terenuri degradate, dar cu material bun pentru solificare (sau chiar sol existent), cu puţina vegetaţie, instalarea arborilor sau arbuştilor se poate realiza cu succes şi **prin insământare directă** intrucât nu există competiţie cu vegetaţia acompaniatoare. Această metodă a fost utilizată pe larg in America de Nord, deşi pare că ea poate avea succes numai acolo unde există condiţii bune pentru insămânţare. Sămânţa este impraştiată cu mâna, cu un ciclon sau cu helicopterul la o rată de 1 kg/ha pentru pin.

Daca seminţele nu germinează repede, există şansa ca ele să fie mâncate de către animale. Perioada de insămânţare trebuie bine aleasă, de obicei aceasta se determină prin experinţe. Seminţele pot fi recoltate direct de la vegetaţia naturală prin scurtarea ramurilor in perioada adecvată sau prin prelevarea ramurilor in totalitate şi trecerea lor printr-o tocătoare de lemn, iar rumeguşul obţinut se foloseşte pentru insămânţare. Suprafaţa terenului poate fi cea originală (nepregătită) ori poate fi grăpat, discuit, arat pentru a realiza microzone favorabile in care seminţele căzute vor putea germina.

Densitatea de plantare trebuie să fie un compromis intre două ţeluri divergente: obţinerea unei acoperiri timpurii şi necesarul foarte mare de a face răririle. Un asemenea compromis conduce la 2 000 arbori/ha pentru un stadiu in care copacii au 5-10 m înălţime. Dar, **important nu este numărul copacilor plantaţi ci acela al densităţii care face ca arborii să crească normal pe o lungă perioadă de timp**.

La organizarea activităţii de instalare a vegetaţiei forestiere se recomandă ca din speciile tipice pentru fiecare staţiune de halde să se aleaga **2 - 3 specii** intre care să fie cel puţin una dintre cele **amelioratoare de sol** (fixatoare de azot), respectiv **salcâm, anin sau catina albă.** Amestecul de plante indicat este cel ***in buchete de 50 - 100 m^2 sau in benzi pure alterne, late de 5-10 m.***

Cătina albă şi alţi arbuşti pot fi folosiţi şi in culturi în ***amestec intim cu speciile de talie mare sau in rânduri pure alterne cu acestea***.

Se va evita amestecul intim, in rânduri alterne sau in buchete mici **de pin cu salcâm**, **anin sau salcioară**, deoarece foioasele menţionate, având creşteri mai mari in primii ani, ***copleşesc şi elimind pinul din cultură***. Unele specii ca salcâmul şi aninul pot fi folosite şi in **culturi pure**.

Pentru **taluzuri,** după realizarea lucrărilor de consolidare specifice, se va realiza plantarea puieţilor. Din sortimentul de specii recomandat se va alege **o singură sp**ecie, evident, cea mai potrivită condiţiilor staţionale. Cu deosebire, se utilizează in aceste cazuri specii **fixatoare de azot** precum **cătina albă, salcâmul şi aninii**. Foarte rar, pentru a realiza efecte peisajistice, se utilizeaza combinaţii de două specii. Desimea culturilor va fi 0,3-1m x 2-3m, cea mai mica desime va fi in cazul plantaţiilor de salcâm (0,8-1m x 2-2,5 m) iar cea mai mare in cazul plantaţiilor in cordon de cătină albă (0,3-0,5m x 2-2,5m) (Oros, 2002).

Gazonarea prealabilă sau concomitent cu plantarea este foarte recomandată pentru prevenirea eroziunii, utilizându-se in special **lupinul peren** pentru inverzirea taluzurilor.

Intreţinerea. *Fertilizare şi amendare.* Acestea sunt la fel de importante pentru arbori ca şi pentru ierburi şi leguminoase. Dacă deficienţele şi pH-ul nu sunt corectate la inceput şi menţinute la valori normale in continuare, creşterea arborilor va fi slabă. După mai mulţi ani, copacii vor inrădăcina suficient de adânc pentru a ajunge să furnizeze nutrienţi in cantităţile necesare, dar creşterea iniţială slabă poate conduce la moartea copacilor prin vandalism, datorită animalelor ori prin competiţia cu vegetaţia inconjurătoare. Dacă stocul de sol fertil de la plantare este bine fertilizat şi aduce un aport de nutrienţi pentru primul an, principala grijă va fi acordată pentru anii al doilea şi al treilea. Nutrienţii limitativi vor fi, ca şi in cazul ierburilor, azotul şi fosforul.

Vegetaţia însoţitoare. Intrucât copacii sunt plantaţi la densitate mică, o mare parte din teren ramâne neprotejată şi atunci un covor vegetal poate fi important. Acesta nu este necesar dacă terenul este plat, dar in pantele expuse la eroziune, covorul vegetal devine esenţial. Acesta poate fi realizat dintr-un **amestec de graminee cu leguminoase** sau numai leguminoase, acestea din urmă sunt valoroase şi prin fixarea azotului. Dar covorul vegetal va intra in competiţie pentru nutrienţi şi apa cu tinerii arbori şi chiar pentru lumină dacă arborii sunt foarte mici. Astfel, speciile ierboase trebuie alese cu grijă, iar rata de însămânţare trebuie să fie foarte mică, mult mai mică decât in cazul pajiştilor. Chiar şi aşa, poate deveni necesar ca vegetaţia să fie ***combătută in jurul arborilor***, prin tăiere sau erbicidare in anul al doilea şi al treilea.

Alte lucrări de intreţinere ale plantaţiilor de arbori şi arbuşti pot fi cele de

- completare (replantări in locul puieţilor uscaţi sau distruşi de animale ori prin vandalism),
- lucrări de revizuire a culturilor prin despotmoliri,
- reingroparea puieţilor dezgropaţi prin eroziune,
- lucrări de afânare a solului, etc.

Astfel de lucrări sunt obişnuite pentru plantaţiile forestiere pe terenurile erodate, la acestea se vor adăuga şi alte lucrări de intreţinere specifice in funcţie de insuşirile staţiunii de haldă. (Oros, 2002).

Testarea plantelor in vederea recultivarii

Rezultatele **investigarii terenului** dau informaţii cu privire la potenţialul materialului din deşeuri in calitate de mediu, substrat pentru plante. Adevaratul test insa este acela de a determina cum vor creşte plantele pe acest material şi cum va fi el alterat in procesul de solificare, pentru a imbunataţi creşterea plantelor.

Aceste verificări se pot realiza uşor prin **teste in ghivece**, in cutii sau prin experimentari la scară mica in câmp. Dacă sunt bine concepute şi corect conduse, experimentarile pot aduce informaţii foarte precise şi foarte preţioase.

Această practică de prelevare a unor cantităţi mici de material deşeu din câmp pentru a fi utilizat ca mediu pentru creşterea experimentală a plantelor in mici ghivece sau cutii este extraordinar de utilă pentru cercetările de reabilitare.

Insă in final vor fi necesare **teste in câmp** pe parcele ca ultima etapa a cercetării. Oricare metodă s-ar utiliza, intotdeauna experimentarile trebuie facute in dublu exemplar pentru fiecare variantă.

O mare atenţie se va acorda prelevarii probelor astfel încât acestea să fie reprezentative atât pentru material cât şi pentru distribuţia sa in teren. Unele experimente este preferabil să fie efectuate in condiţii de mediu uniforme, pe cât posibil.

Materialele testate vor fi, in multe variante, tratate cu adaos de unul sau mai mulţi nutrienţi principali (N, P, K). Daca experimentul îşi propune să stabilească nutrientul limitativ, atunci este necesar să se asigure că ceilalţi doi macronutrienţi nu sunt limitativi.

Variantele testelor pentru nutrientul limitativ.

Tratamente critce	Tratamente utile
1- fără azot $N_0P_+K_+$	6 - $N_+P_0K_0$
2- fără fosfor $N_+P_oK_+$	7 – $N_0P_+K_0$
3- fără potasiu $N_+P_+K_0$	8 - $N_0P_0K_+$
4- fără adaosuri $N_0P_0K_0$	
5- complet $N_+P_+K_+$	

Comparaţia rezultatelor creşterii plantelor la variantele (1), (2) şi (3) cu cele de la (4) şi (5) vor arăta care este nutrientul cel mai serios limitativ. Dar este mai bine să se facă toate combinaţiile posibile, iclusiv (6), (7) şi (8). Şi alţi nutrienţi pot fi limitativi astfel incât trebuie facute incercări şi cu mici adaosuri de elemente care se consideră a fi necesare.

Cel mai adesea se testează nu numai limitarea cauzată de un singur element ci se urmareşte să se stabilească sub ce formă şi in ce cantitate acesta trebuie adăugat (Oros, 2002).

Experimentări similare se realizează asupra **pH-ului sau toxicităţii materialului**, acestea putând necesita adaosuri de diferite cantităţi de var ($Ca(OH)_2$) sau amelioratori organici.

Intrucât diferitele specii de plante răspund in mod diferit la cantitaţile de macronutrienţi, micronutrienţi şi elemente toxice, **testele in ghivece ori in câmp** la scara mica ofera o modalitate economicoasa pentru evaluare a materialului precum şi a speciilor şi varietătilor de plante mai promiţătoare pentru a fi utilizate in actiunea de reabilitare.

Experimentarile in camp pe materialul deseu şi pe halzile de steril ridica probleme particnlare. Adesea, heterogenitatea substratului este o problema majora şi atunci dublurile loturilor experimentale şi distribuirea lor in teren prezinta o mare importantă. Testarea pe parcele experimentale mici poate estompa dificultatile datorita heterogenitatii, dar efectele cauzate de apropierea marginilor loturilor pot fi resimtite daca dimensiunile loturilor sunt prea mici.

Cu toate acestea, unii factori precum pregatirea terenului, cultivarea şi semanarea pot fi verificate eficient numai in camp. Singura metoda practică poate fi subâmparţirea loturilor experimentale pe un al doilea nivel de tratare, proiectarea unor astfel de experimente poate fi efectuată ca in fig. 4.3, in care lotul experimental este impărţit in patru ***parcele (A, B, C, D) tratate cu diferiti fertilizatori***, şi apoi fiecare parcela este subâmparţita in ***10 parcele cultivate cu diferite varietăţi de ierburi***. Lotul astfel impartit are înca două loturi paralele, identic organizate (dubluri).

Testarile în ghivece, cutii sau pe loturi mici in camp reprezinta un instrument deosebit de util in activitatea celor ce realizeaza lucrari de reabilitare a terenurilor cu deşeuri miniere şi industriale. Ele sunt utilizate frecvent in agricultura, horticultură, silvicultură, ca metode ştiinţifice tradiţionale, iar in activitatea de reconstructie - reabilitare a terenurilor degradate vor permite efectuarea de judecăţi fundamentale în vederea deciziilor cc urmeaza a fi luate (Oros, 2002).

.

RECULTIVAREA DEPOZITELOR DE DEŞEURI URBANE INDUSTRIALE

După OROS V., 2002. REABILITAREA ECOLOGICA A SITURILOR DEGRADATE INDUSTRIAL. Ed.Univ.Transilvania, Brasov. Cap.IV. Recultivarea biologica a terenurilor degradate p.134-153

Cuprins:
Recultivarea depozitelor de deşeuri urbane industriale
1. Deşeurile urbane.
2. Cenuşile de cărbune de la termocentrale.
3. Deşeuri chimice
Bibliografie

Recultivarea depozitelor de deşeuri urbane industriale

In societatea moderna munca devinde relativ mai scumpă decât materialele, astfel în ciuda conditiilor actuate de reciclare, se aruncă tot mai multe materiale.

- În societăţile urbane actuale fiecare individ produce între 180 - 300 kg de materiale deşeuri solide anual (domestice şi comerciale).
- In România se estimează 315 kg/pers./an,
  - in Constanţa 235 kg/pers./an,
  - in Timişoara şi 230 kg/pers./an,
  - in Braşov, (Oros,2002).
- Productia medie de deşeuri menajere la nivelul Uniunii Europene este de 277 kg/pers./an iar
  - în SUA de 676 kg/pers./an, (Oros,2002).

Deşeurile din procesele industriale provin de la fabricarea otelului, a chimicaleler şi a altor produse importante. Unele dintre aceste deşeuri sunt total nepericuloase, altele sunt deosebit de toxice şi necesită tehnici speciale de depozitare. Cenuşile termocentralelor prezintă importante probleme de depozitare.

Toate aceste deşeuri vor fi depozitate de regulă pe terenuri prin metode care să nu fie niciodată periculoase pentru sănătatea publică şi distructive pentru mediu.

1. Deşeurile urbane solide

O problemă foarte reală.

Aproximativ jumătate din gunoiul menajer este compus din materiale uşor combustibile (hârtie, produse din hârtie, lemn şi plastice). Restul este sticlă, ceramică, metale feroase şi neferoase, cenuşă de cărbune şi lemn, resturi de textile, deşeuri de bucătărie (in principal vegetale) şi resturi de grădină. În general este compus numai din materiale inerte şi materiale biodegradabile, rarerori sunt prezente şi unele toxice. Compoziţia este foarte variabilă, această variatie fiind în functie de nivelul de dezvoltare a ţării sau zonei respective şi al nivelului de trai diferit chiar în diferite cartiere ale aceluiaşi oraş. De exemplu în Braşov s-a estimat la 48% continutul de materiale putrescibile pentru gunoiul menajer din zona centrală şi la 58% pentru cel din zona periferică a oraşului, în timp ce pentru Uniunea Furopeană, acest conţinut este estimat la 30% (Negulescu, 1995, Oros, 2002.

La început, depozitele de deşeuri urbane erau amplasate în gropi naturale, în mlaştini, in albiile râurilor sau direct pe sol. Aceste depozite erau amplasate în gropi artificiale rezultate prin exploatarea anterioară a lor pentru producerea de cărămizi, ceramică sau piatră de constructii.

Compoziţia gunoiului menajer comparativ în România şi în UE.
(Oros, 2002, preluat după Negulescu, 1995)

Categorii componente	In UE (%)	În România (%)
Materiale putrescibile	30	60
Hârtie şi carton	25	8
Materiale plastice	7	4
Textile	10	5
Sticlă	10	8
Metale	8	4
Altele	10	11

În multe aglomerări urbane depozitarea gunoaielor a devenit o problemă de mari proporţii. Pentru multe autorităţi locale nu mai există terenuri pe care să poată fi depozitate deşeurile urbane şi comerciale. De aceea, s-au adoptat şi alte metode de depozitare, acestea incluzând

- depozitarea în mare,
- în subteran, însă,
- depozitarea pe teren rămâne încă metoda cea mai comună.

În prezent s-au elaborat şi se implementează **sisteme manageriale integrate** pentru gestionarea deşeurilor urbane care includ

- **minimizarea cantităţilor de deşeuri,**
- **reducerea volumului deşeurilor,**
- **colectarea selectivă, reciclarea şi reutilizarea materialelor reciclabile,**
- **tratarea deşeurilor prin diverse procedee precum**
  - **incinerarea (inclusiv utilizarea drept combustibil),**
  - **tratarea microbiană şi**
  - **tratarea chimică,**
  - **compostarea.**

Ca urmare, **în aşezările dezvoltate** şi cu un bun management al deşeurilor, in prezent se depozitează numai deşeurile care nu pot fi revalorificate, denumite şi **"deşeuri ultime".** Cu toate acestea, în cele mai multe locuri deşeurile menajere înca se depozitează, după o **sortare** mai mult sau mai puţin avansată, în aşa numitele **"rampe de gunoi"** sau **gropi de gunoi special amenajate.**

Este foarte dificil a face specificatii cu privire la compozitia unei halde de gunoi, atât de mult depinde aceasta de originea materialului. Dar **amestecul de materiale minerale** precum cenuşile şi deşeurile de la constructii asigură un mediu satisfăcător pentru creşterea plantelor. Acesta este adesea diluat cu materiale inerte precum cutii de plastic şi fier, sticlă, ceramică, dar astfel de materiale nu vor împiedica, plantele să înrădăcineze în materialul fin. Aceasta se observă din vegetaţia care se stabileşte pe grămezile de gunoi scoase din funcţiune. Varietatea speciilor arată că de obicei există puţini factori limitativi iar vigoarea lor arată o aprovizionare abundentă cu nutrienti. Colonizarea ia puţin timp pentru a se desfâşura dar curând se dezvoltă o flora bine definită.

Primii colonizatori pe aceste halde sunt

- **Algele albastre - verzi fixatoare de azot *(Nostoc, Oscillatoria),*** urmate de
- **Licheni, Muşchii, Fungii** colonizează materia organică în putrefacţie .

Apoi sunt **colonizatorii timpurii** precum **ierburile anuale**: ***Poa annua* (firuţa), *Capsella bursa pastoris* (traista ciobanului), *Senecio vulgaris* (spălăcioasă); *Chenopodium album* (spanac sălbatie) şi** multe alte specii iubitoare de umiditate.

Speciile perene care apar curând, includ :

- **Specii composite ca**
  - ***Cirsium vulgare* (pălămida),**
  - ***Leontodon sp.* (capul călugărului) *şi***
  - ***Hieracium* sp (vulturică).**
- **Specii leguminoase, care sunt extrem de comune,**
  - **unele fiind specii cu rizomi**
  - **altele stolonifere.**

Acoperirea vegetală devine adesea completă în doi ani, proportia speciilor anuale scăzând pe măsură ce se instalează cele perene.

Aceste plante sunt însoţite de o bogată **faună a solului**.

- **Râmele, viermii roşii** şi **alte nematode** precum şi alte grupe de viermi formează **fauna primară** in sol.
- **Insectele zburătoare** (albine, viespi, muşte, fluturi şi bondari) sunt de asemenea comune şi pot contribui la râăspândirea unor boli.
- **Pescăruşii** sunt bine cunoscuti în zonele haldelor de gunoi, mai ales in timpul iernii

din zonele litorale sau din apropierea lacurilur. Astfel, enorma creştere a pescăruşilor în Marea Britanie în zonele urbane a depozitelor de rezidii a fost atribuită hrănirii lor pe seama acestor gunoaie, putine dintre ele fiind suficient de repede acoperite pentru a preveni hrănirea pescăruşilor (Bradshaw, Chadwick, 1980 citaţi de Oros, 2002).

Un potential pentru noi terenuri.

În România se estimează la **500 ha** suprafeţele de teren ocupate de gunoaiele menajere. Problemele trebuiesc rezolvate prin adoptarea unor proiecte de depozitare adecvate pe terenuri autorizate şi bine pregătite. Dar există o constrângere tot mai mare privind locurile de depozitare, atât prin limitarea condiţiilor geologice şi de amplasament cât şi prin diminuarea suprafeţelor disponibile.

O cale de reducere a suprafeţei de depozitare este **compostarea materialului** după ce sau selectat materialele reciclabile şi cele nebiodegradabile grosiere. Gunoiul, după selectare, este mărunţit, aerat şi încălzit în camere de fermentare sau în paturi de fermentare în aer liber. Rezultă un compost mai fin care poate fi utilizat ca **fertilizator de sol** în ciuda raportului său ridicat de carbon/azot. Când acest compost este adăugat ca **fertilizator pe halda de steril de flotaţie** el dă o producţie de iarbă mai scăzută decât alte surse de azot, dar rezultatele sunt satisfăcătoare şi arată potenţialul acestui material pentru creşterea plantelor.

Recolta de raigras pe un iaz de decantare unde azotul este furnizat din diverse materiale (Bradshaw, Chadwick, 1980, dupa Oros, 2002).

Material		N aplicat (ppm)		
		50	100	200
Compost de gunoi menajer	Producţie (kg/ha)	1498	1291	1589
	% N recuperat	9,5	4,8	3,2
Nămol de canalizare fermentat	Producţie (kg/ha)	1570	1821	3120
	% N recuperat	9,6	6,9	4,6
Sulfat de amoniu	Producţie (kg/ha)	1849	2089	1652
	% N recuperat	15,0	9,2	5,3
Conţinut initial de N (%): - compost de gunoi menajer: 0,85 ; - nămol de canalizare fermentat: 1,55 ; - sulfat de amoniu: 21,1				

Depozitarea deschisă a gunoaielor menajere este foarte sever reglementată în majoritatea ţărilor. Ea se poate face numai în zonele în care există un **strat impermeabil de argilă deasupra pânzei freatice.** Dacă acest strat natural nu există, atunci el poate fi **realizat artificial** pentru a proteja apele subterane, sau poate fi utilizată o altă **metodă eficientă de hidroizolare a terenului.**

Amplasarea rampei de gunoi.

Situl trebuie să fie amplasat

- la **distanţă de 1000 - 1500 m de aşezările umane** şi
- la **distantă de 500 m faţă de sursele de apă.**

De asemenea, trebuie să aibă

- **drumuri adecvate de acces** iar
- apele de şiroire de pe sit să fie drenate în **şanţuri de drenaj amenajate** .

Pentru **realizarea depozitului**,

- solul superficial şi subsolul sunt descopertate de pe zona sitului şi depozitate.
- Suprafaţa pregătită trebuie să nu fie mai mare decât cea necesară pentru a uşura activitatea.
- Dacă subsolul de la fundul gropii este de textură argiloasă şi poate fi bătătorit pentru a forma un **strat impermeabil**, acesta este cazul ideal.

Deşeul este apoi **depozitat**, de obicei cu ajutorul camioanelor

- **în straturi orizontale**, pe cât posibil **compactate.**
- Dacă deşeul poate fi **măruntit**, aceasta dă o serie de avantaje: este mai uşor controlat

şi manevrat, este mai puţin producător de riscuri, mai putin atractiv pentru insecte şi rozătoare şi necesită o acoperire ulterioară mai puţin groasă decât deşeul netratat.

- **Grosimea stratului depus este recomandat a fi de 1,5 - 1,8 m.**
- În cazurile în care gunoiul se depune în **straturi mai mari de 3 m** se produce
  - o **autosortare** a gunoaielor după granulaţie, respectiv, gunoaiele mari se rostogolesc la piciorul pantei unde
  - se pot forma canale de aerisire (tiraj) care favorizează răspândirea **mirosului urât** şi pericolul de autoaprindere ca urmare a **producerii gazului metan** şi a prezenţei aerului.
  - Compactarea acestor strate groase nu se poate realiza in mod corespunzător.

Zona de lucru trebuie să fie **împrejmuită cu garduri adecvate** (cu plasă de sârmă unde este posibil) pentru a reţine deşeurile uşoare (precum hârtia şi polietilena) suflate de către vânt. Adesea se utilizează **garduri mobile** in acest scop.

După fiecare strat de 1,5 - 1,8 m acesta trebuie să fie

- **acoperit cu materiale inerte** (de exemplu moloz din demolări) sau pământ. Astfel se crează **un strat de subsol**, care poate fi din deşeuri de constructii sau alte materiale inerte pentru a realiza o acoperire adecvată înainte de
- **formarea ultimului strat mai compact**.
- În scopul **prevenirii alunecărilor ulterioare a gunoaielor depozitate**, **depunerile trebuiesc realizate**
- în **straturi succesive separate prin materiale inerte**,
- sub forma unor **parcele** sau sub forma de **alveole**, fiecare parcelă sau alveolă fiind încojurată de un **strat (un dig) din material inert.**

Încâ pe parcursul depozitării este necesară realizarea unui

- **sistem de drenaj a lichidelor** din interiorul depozitului şi a unui
- **sistem de colectare a gazelor** ce se vor forma în interiorul depozitului.
- În funcţie de condiţiile locale, depozitarea se va organiza in aşa fel încât **apele din precipitaţiile atmosferice să poată fi colectate prin scurgeri în şanţuri de colectare sau in tuburi de drenaj plasate în pământ**.

În final reglementările cer să fie **reamplasat un strat de sol vegetal de 30 cm** grosime, pentru buna utilizarea ulterioară a terenului. In comparaţie cu alte tipuri de restaurare, aceasta pare **excesivă din punct de vedere al solului vegetal**.

- Pentru spaţii publice ar fi suficient un strat de **10 cm de sol** amplasat peste un strat de **subsol consistent**, iar
- pentru agricultură, ar fi adecvat un strat de **1 m subsol acoperit cu 20 cm de sol vegetal.**

Rezultatele reabilitării ecologice a depozitelor de gunoaie menajere

In cazul când lucrările nu se realizează în manieră ideală, compactarea fiind mai slabă decât cea adecvată sau acoperirea realizată fiind prea subţire şi prea târzie, rezultatele reabilitării ecologice a depozitelor de gunoaie menajere sunt nemultumitoare:

- hârtiile şi alte materiale sunt suflate de vânt de pe sit ori
- apar focuri accidentale.
- Terenul umplut cu gunoi menajer şi acoperit cu sol, poate fi sursa unei producţii considerabile de gaze: **CO_2, hidrogen şi în final, concentratii relativ ridicate de metan şi hidrogen sulfurat**.
- Când **gazele** se preling către suprafaţă, fără un sistem de colectare a acestora, ele pot cauza **moartea naturală a vegetaţiei plantate**.
- Problema este mai rea atunci când nu este inclus suficient material inert.

Au fost realizate însă, unele suprafeţe de teren remarcabil pe situri de depozite de gunoi menajer, terenuri bune de utilizare **ca spaţii de agrement**. Un astfel de exemplu este Otterspool

Promenade lângă River Mersey la Liverpool: **4 mile de teren de joacă, arbustării ornamentale şi terenuri de promenadă** cu o vedere peste râu către munţii Wales (Bradshaw, Chadwick, 1980 citaţi de Oros, 2002).

Pentru utilizarea ulterioară a terenului **în scopuri agricole**, stratul de sol acoperitor poate fi **amestecat cu compost** obtinut prin compostarea aceluiaşi gunoi menajer.

Pentru **împădurirea terenurilor** respective, trebuie evitată utilizarea unor specii arboricole cu înrădăcinare adâncă, întrucât după putrezirea rădăcinilor se vor forma o serie de canale prin care apele freatice pot fi poluate.

Pentru utilizare finală a acestor terenuri ca **parcuri de agrement sau parcuri sportive** cu plantarea şi întreţinerea unei vegetatii corespunzătoare, **realizarea parcurilor trebuie proiectată de la început (de la amenajarea depozitului) şi să fie prevăzută incadrarea în peisajul de ansamblu al zonei.**

Utilizarea terenului **pentru construcţii industriale sau de locuinţe** trebuie serios limitată (de regulă este prohibită), având în vedere că pot apărea fenomene de coroziune (datorate gazelor şi acizilor organici formati în interior), tasări sau alunecări care ar pune în pericol construcţiile respective. În nici un caz nu se va permite realizarea pe aceste terenuri a unor **clădiri de locuit cu mai multe nivele**, ori **hale industriale care necesită fundaţii adânci** şi capacitate portantă mare. Dacă se doreşte utilizarea terenului pentru constructii se vor amenaja doar constructii uşoare sau diferite depozite.

2. **<u>Cenuşile de cărbune de la termocentrale.</u>**

Peste jumătate din energia electrică produsă în lume utilizează cărbunele drept combustibil primar. In SUA aproape jumătate din energia electrică este produsă pe cărbune, iar in Uniunea Europeană în majoritatea ţărilor sursa principală de producere a energiei este cărbunele. Staţiile moderne de producere a energiei electrice prin arderea cărbunelui, utilizează eărbune măcinat până la **pulbere (75% este sub 75 µm diametru**). Acest combustibil fin este suspendat într-un curent de aer care este insuflat în cuptorul de ardere. Carbuncle este ars, iar **produsele rezultate sunt gazele de ardere, zgura şi cenuşa** (Oros, 2002)..

<u>Cenuşa</u> este separată de gazele de combustie in precipitatoare ciclonice şi electrostatice şi apoi poate fi depozitată.

O metodă de depozitare este prin

- **amestecarea cenuşii cu apă în proporţie de 1 : 1,5** (în raport de masă) şi
- transportarea ca tulbureală prin conducte la un **iaz de decantare**.
- Cenuşa sedimentează, iar apa se evaporă ori este drenată şi reciclată.

O alternativă este **adăugarea** unei **cantităţi mult mai mici de apă** (circa **15%** - in raport de masă) pentru combaterea prafului; **transportarea** cenuşii cu camioane,vagoane;

- **depozitarea cenuşii în grămezi şi în gropi**.

Cenuşa de termocentrale poate fi utilizată ca **rambleu**: în Anglia au fost utilizate mari cantităli pentru a umple vechile gropi de la fabricarea cărămizilor în jurul oraşului Peterborough (Bradshaw, Chadwick, 1980 citaţi de Oros, 2002). Dar proprietăţile sale puzzolanice (**capacitatea de a reactiona cu varul şi a forma ciment**) o fac potrivită pentru a fi utiIizată in producerea elementelor de construcţie şi în calitate de anumite cimenturi. Această utilizare insă acoperă numai o parte din cenuşa produsă, iar cantităţile de cenuşi produse fiind în creştere, depozitarea acestora devine o problemă serioasă.

O centrală modernă cu capacitate de 200MW produce **2 tone de cenuşă pe minut**.

Cenuşa este compusă in principal din particule fără culoare, sticloase, sferice. Unele dintre sfere sunt solide, altele pot avea câteva sau mai multe bule umplute cu gaze, cu ajutorul cărora pot flota (de aici provine şi denumirea de **cenuşi zburătoare**).

De obicei pete 95% din cenusă este **în domeniul de dimensiuni ale nisipului fin** şi **ale prafului**. Deşi numai circa **1% dintre particule sunt în domeniul de dimensiuni ale argilei**, **proprietăţile de reţinere a apei sunt destul de bune**.

Textura poate fi aproximată cu aceea a unui **sol de lut fin**. Însă particulele uscate, uşoare, in special cele flotante sunt supuse eroziunii prin vânt.

Întrucât materia organică este absentă nu se formează agregate mai mari stabile, dar **caparea (formarea scoarţei)** ce are loc după ploile puternice, când începe cementarea, **reduce tendinţa de eroziune**.

Strate ca de ciment se formează în iazurile de decantare a cenuşii datorită activităţii puzzolanice. Acestea reduc permeabilitatea şi **pot împiedică drenarea**. Aerul este exclus iar penetrarca rădăcinilor este diminuată: probabilitatea unor **condiţii de secetă** creşte. Atunci când cenuşa este depusă in grămezi, această cementare şi compactizare decurge doar la suprafaţă.

Nivelele de elemente disponibile în cenuşă zburătoare şi într-un sol tipic (ppm)
(Bradshaw, Chadwick, 1980, dupa **Oros, 2002**).

Element	In cenuşă zburătoare	În sol
P	94	63
K	348	224
Na	550	200
Ca	900	800
Mg	1500	240
Fe	570	130
S	3900	600
N (total)	absent	1800
Mn	99	4,8
B	43	2,5
Zn	2	2,5
Cr	25	2,5
Mo	5	0,2

Compoziţia chimică a cenuşii depinde de compoziţia cărbunelui din care provine. Aceasta, la rândul său, depinde de compoziţia plantei din care s-a format. Dacă se compară nivelul elementelor disponibile din cenuşă cu cele din sol se observă că:

- **azotul organic este total deficitar**.
- In practică însă se constată ca şi **fosforul este deficitar**, probabil pentru că nivelul ridicat de aluminiu solubil fixează fosforul in forme nedisponibile pentru plante.
- Circa 2-5% din cenuşă este solubilă în apă producând **conditii de salinitate foarte alcalină** (valori de **pH de 11-12** şi conductivitate electrică până la 11 mmhos/cm).
- Cenuşa depusă in iazuri are **pH-ul în jurul valorii 9,0.** Ca urmare, colonizatorii vegetali timpurii vor fi specii de plante halofile (tolerante faţă de săruri) .

Calitatea agrochimică a diferitelor zguri şi cenuşi de termocentrale din România arată ca ele sunt

- **slab alcaline, cu pH între 8,0 - 8,95**,
- cu continut de **Ca destul de bun** (intre 0,8 - 4,0% $CaCO_3$**),**
- **foarte sarace în materie organică şi azot**, în schimb
- au indice mare de **fosfor (66 - 183 ppm fosfor mobil**) şi
- de **potasiu (224 - 345 ppm potasiu mobil),**
- conţinutul de **bor solubil 3.5 - 6,2 ppm**, iar
- continuturile de **metale grele** deşi mai mari decât cele din soluri, nu sunt de natură a manifesta toxicitate pentru plante .

Prin urmare, aceste materiale sunt considerate **corespunzătoare pentru cultivarea de diterite culturi agricole**, cu menţiunea ca azotul fiind deficitar va trebui furnizat prin fertilizări.

Colonizatorii vegetali naturali pe haldele de cenuşi zburătoare in Marea Britanie
(Bradshaw, Chadwick, 1980, dupa Oros, 2002).

Stadiul I	***Funaria hygrometrica (frânghiuţă, muşchi)***	
Stadiul II	***Atriplex hastata (lobodă)***	
Stadiul III	***Tussilago farfara (podbal)***	***Rumex obtusifolius (măcriş)***
	Chenopodium album (spanac sălbatic)	***Rumex acetosella (măcriş mărunt)***
	Sisymbrium altissimum (voinicică)	***Artemisia vulgaris (pelinariţă)***
	Lotus corniculatus (ghizdei)	***Trifolium pratense (trifoi roşu)***
	Medicago lupulina (trifoi mărunt)	***Trifolium repens (trifoi alb)***
	Agrostis stolonifera (iarba câmpului)	***Poa pratensis (firuţa, perenă)*** ***Poa annua (firuta, anuală)***
Stadiul IV	***Betula pendula (mesteacăn)*** ***Salix sp. (sălcii)***	***Ulex europeus***

Atunci când plantele sunt crescute **pe cenuşă proaspătă cu o salinitate relativ mică,** chiar dacă se adaugă azot şi fosfor, sunt evidente problemele de creştere, mai ales la plantele **sensibile faţă de conţinunturile mari de bor (orz, mazăre, fasele**). Conţinuturile ridicate de bor disponibil par a fi problema principală, s-au găsît valori de până la 250 ppm B . Nivelele din solurile normale sunt de obicei sub 3 ppm B.

Odată cenuşa depozitată, începe acţiunea factorilor naturali. Valorile de pH scad gradual până la circa 8, iar valorile conductivităţii electrice scad sub 4 mmhos/cm **în timpul depunerii în iaz sau uneori după 2-3 ani în câmp.** Nivelul conţinutului de bor disponibil scade şi el, însă nivelele de azot şi fosfor nu se construiesc foarte repede în mod natural, mai ales pentru că cenuşa retine slab nutrienţii, iar actiunea factorilor naturali nu îmbunătăţeşte condiţiile fizice ale cenuşii inafara cazului dacă are loc colonizarea vegetală.

Toxicitatea borului in ceruşa zburătoare (Bradshaw, Chadwick, 1980, dupa Oros, 2002).

Bor disponibil (ppm)	Gradul de toxicitate
< 4	**Netoxic**
4 ÷ 10	**Slab toxic**
11 ÷ 20	**Moderat toxic**
21 ÷ 30	**Toxic**
> 30	**Toxicitate ridicată**

Producerea unui teren bun.

Atenţia acordată conditiilor fizice ale cenuşii poate produce ameliorarea şi a altor probleme. Problemele fizice se manifestă prin **lipsa particulelor fine argiloase** şi **a materiei organice** iar efectul acesteia este o **structură fără agregate** (Oros, 2002).

Mai multe **metode de îmbunătăţire a structurii** au fost încercate.

- Un strat de **5-10 cm de material organic** depus şi cultivat pe suprafaţă, îmbunătăţeşte stabilitatea structurală. Sunt utilizate: **argilă, nămol de canalizare, mâl de râu, paie cu pământ, emulsii bituminoase, turbă sau rumeguş.**
- Unii **aditivi** au un efect de **diminuare a cementării** şi de imobilizare a borului sau cel puţin de diluare a acestuia.
- Pe de altă parte, **adaosul de argilă** poate mări problemele de permeabilitate.

Probabil că metoda cea mai reuşită de rezolvare a problemelor fizice (Oros, 2002) este

- **acoperirea cenuşii cu un strat de sol lutos** şi
- **efectuarea de lucrări de cultivare la adâncimi care să amestece pământul cu cenuşa.**
- Aceasta va depăşi problemele de **incrustare (întărire), de cementare**.
- Productia de iarbă este foarte bună cu numai **8 cm de sol** în ambele cazuri: atât când este amestecat cu cenuşa prin cultivare adâncă, cât şi atunci când nu este mestecat.
- Prociucţiilc de grâu sunt mult mai bune în cazul acoperirii cu sol mai gros, dar chiar şi cu 8 cm de sol se obţin producţii satisfăcătoare.

Toleranţa culturilor agricole şi horticole la cenuşa zburătoare
(Bradshaw, Chadwick, 1980, dupa Oros, 2002).

Specii tolerante: ***Beta vulgaris* (sfecla de zahăr)** ***Cichorium intybus* (cicoare)**	***Melilotus alba* (trifoi mărunt)**
Specii semitolerante: ***Agrostis tenuis* (iarba câmpului)** ***Brassica napus* (napi)** ***Brassica nigra* (muştar negru)** ***Brassica oleracea* (varză)** ***Brassica rapa* (rapiţă)** ***Dactylis glomerata* (golomăţ)** ***Daucus carota* (morcov)** ***Festuca rubra* (păiuş roşu)**	***Lolium perenne* (raigras)** ***Medicago sativa* (lucernă)** ***Onobrychis sativa* (sparcetă)** ***Raphanus sativus* (ridiche)** ***Secale cereale* (sacară)** ***Trifolium hybridum* (trifoi corcit)** ***Trifolium pratense* (trifoi roşu)** ***Trifolium reprens* (trifoi alb)** ***Zea mais* (porumb)**
Specii sensibile: ***Avena sativa* (ovăz)** ***Brassica oleracea* (varza de Bruxelles)** ***Festuca pratensis* (păiuş)** ***Hordeum vulgare* (orz)** ***Lactuca sativa* (salată, lăptuci)** ***Lupinus luteus* (lupin)**	***Phaseolus vulgaris* (fasole)** ***Phleum pratense* (timoftică)** ***Pisum sativum* (mazăre)** ***Solanum tuberosum* (cartof)** ***Triticum aestivum* (grâu)** ***Vicia faba* (bob)**

În locul solului se pot utiliza şi alte materiale, dar

- **Solul** are cel mai mare efect ameliorator.
- **Turba acidă** reduce pH-ul cenuşii şi continutul de bor al plantelor crescute .
- **Sterilul acid din iazurile de decantare de la flotaţia minereurilor** amestecat cu turbă şi cenuşă zburătoare, produce **recolte bune de orz şi ovăz** şi reduce conţinutul de bor din plante (Bradshaw, Chadwick, 1980 citaţi de Oros, 2002).
- Atunci când se plantează **arbori**, solul adăugat îmbunătăţeşte supravieţuirea şi creşterea, dar atunci solul nu este răspândit pe toată suprafata cenuşii, ci se fac **gropi de 30 cm diametru şi 40 cm adâncime care se umplu cu sol şi se plantează puieţi.**

Toleranta speciilor de arbori la condiţiile cenuşilor zburătoare
(Bradshaw, Chadwick, 1980, dupa Oros, 2002).

Specii tolerante: ***Alnus glutinosa (aninul alb),*** ***Artemisia abrotanum (lemnul domnului, pelin)*** ***Atriplex halimus,*** ***Berberis thunbergii (dracila),*** ***Colutea arborescens (salcâm galben),*** ***Eleagnus angustifolia (salcie mirositoare, răchiţica),*** ***Erica carnea,*** ***Forsythia ovata (forsiţia),*** ***Gleditschia triacanthos (plătica)***	***Hippophae rhamnoides (cătină alba)*** ***Picea sitchensis (molid)*** ***Populus alba (plop alb)*** ***Populus nigra italica (plop negru)*** ***Ribes aureum (agriş)*** ***Salix britzensis (salcie)*** ***Spartium junceum*** ***Tamarix gallica-indica (cătină)*** ***Tsuga canadensis***
Specii semitolerante: ***Acer pseudoplatanus (paltin),*** ***Aliantus glandulosa (cenuşer),*** ***Berberis linearifolia (dracilă),*** ***Betula pendula (mesteaeăn),*** ***Ceanothus azureus,*** ***Clematis vitalba (curpen)***	***Hypericum calycinum,*** ***Picea amorica*** ***Ribes sanguinea*** ***Robinia pseudacacia (salcâm)*** ***Ulex europaeus* (*orz salbatic*)** ***Veronica buxifolia***
Specii sensibile: ***Amorfha fruticosa (salcâm mov),*** ***Chamaeciparis lawsoniana (chiparos de California),*** ***Cytisus scoparius (salcâm galben),*** ***Cytisus nigricans (lemnul bobului)***	***Fagus sylvatica (fag)*** ***Eleagnus umbellata (sălcioară)*** ***Fraxinus excelsior (frasin)*** ***Veronica angustifolia (şopârliţa)***

S-au efectuat încercări **pentru a neutraliza toxicitatea borului**. Borul disponibil este în concentratie mai mare în cenuşa proaspătă şi mai mica în cenuşa depusă în iazuri.

- **Depozitarea prin tehnica cu iaz de decantare reduce conţinutul de bor până la 50%**.
- O metodă de diminuare a continutului de bor din cenuşă este lăsarea acesteia să **se leşieze sub acţiunea factorilor naturali**.
- Accelerarea procesului natural de leşiere cu ajutorul unor **reactivi chimici** a arătat că procedeul este neeconomic la scară mare(Bradshaw, Chadwick, 1980 citaţi de Oros, 2002).
- Problema este retolvată prin **utilizarea acoperirii cu sol sau cu amestecuri** sau, **diluarea cenuşii cu pulpă de materiale organice.**

S-au efectuat cercetări privind **toxicitatea potenţială a recoltelor de cereale** asupra omului şi la animale.

- **Continuturile de arsen în iarba de păşunat** crescută pe cenuşi pot părea putin ridicate, dar exprimate faţă de iarba proaspătă concentraţia este mult mai redusă.
- **Conţinuturile de bor** apar ridicate numai în varza furajeră.
- **Nivelele de cobalt** sunt scăzute (optim pentru oi este 0,01 ppm Co), iar
- **Cr, Cu şi F** sunt toate în interiorul domeniului permis de sănătate.
- **Nivelele de Mn, Pb, Zn** sunt în limite normale (Bradshaw, Chadwick, 1980).

Se poate conclude că nu există piedici serioase pentru utilizare cenuşilor spălate de ploi, pentru producţie ierboasă ori pentru recolte agricole. Iarba de păşunat şi recoltele arabile precum şi speciile de arbori sunt diferite în privinţa sensibilităţii lor faţă de toxicitatea borul.

Culturile agricole şi cele de păşunat precum şi speciile de arburi şi arbuşti sunt foarte diferite din punct de vedere al sensibilităţii fată de toxicitatea borului. Până la reducerea continuturilor de bor în limitele acceptabile, este important **să se utilizeze plante tolerante** ca de exemplu amestecurile din tabelul alăturat, care sunt recomandări standard pentru utilizare pe cenuşi în Marea Britanie.

O experienţă interesantă s-a acumulat în ultimii ani la **Institutul de Cercetări pentru Pajişti din Braşov,** unde s-a elaborat o **tehnologie de recultivare a haldelor de cenuşi de termocentrale** bazată pe un amestec de **specii de graminee** şi **specii ruderale** (specii care cresc pe marginea drumurilor), **cu rădăcini pivotante** pentru fixarea materialului steril.

Tehnologia experimentată pe **halda de cenuşă de la Centrala Electrotermică Braşov** a dat rezultate bune, cheltuielile estimate fiind de 0.20 - 0,50 USD/m^2 în functie de realizarea manuală sau mecanizată a lucrărilor.

În experimentările efectuate pe **halda de zgură şi cenuşă de la Sânpetru** apartinătoare de CET Braşov s-a utilizat un amestec de seminţe din 25 specii de plante dintre care, după 3 ani **s-au instalat practic 12 specii** din care 6 graminee perene, 5 leguminoase perene şi o specie arbustivă

În vederea instalării vegetaţiei, materialul a fost ameliorat prin

- **adaos de turbă eutrofa pentru a îmbunătăţi capacitatea de retinere a apei şi aerisirea**, iar
- fertilizarea s-a făcut cu **azot** in variante cu 75 kg/ha şi respectiv 150 kg/ha.

După trei ani fără recoltarea biomasei, covorul vegetal instalat este reprezentat prin

- **graminee în proportie de 69% şi**
- **leguminoase 31%.**

Dintre **graminee** cel mai bine s-au instalat

- ***Bromus inermis* (obsiga nearistată),**
- ***Phalaris arundinacea* (ierbăluţă),**
- ***Arrhenatherum elatius* (ovăscior) *şi***
- ***Dactylis glomerata* (golomăţ).**

Dintre **leguminoase** cel mai bine s-au instalat

- ***Onobrychis viciifolia*** **(sparceta),**
- ***Melilotus albus şi Melilotus officinalis*** **(sulfina albă şi sulfina galbenă) şi**
- **ghizdeiul** ***(Lotus corniculatus),***
- **trifoiul** ***(Trifolium hybridum).***

Amestecuri de seminţe din specii tolerante, utilizate pentru instalarea unui covor ierbos (pajişte) pe halde de cenuşi zburătoare in Marea Britanie (Bradshaw, Chadwick, 1980, dupa Oros, 2002).

Amestecul 1. **Potrivit pentru cenuşile toxice, cu continut de 25-35 ppm bor:**	
Lolium multiflorum **(raigras italian)** ***Melilotus albus (sulfină*** **albă)**	**22,5 kg/ha** **11,5 kg/ha**
Amestecul 2. **Potrivit pentru cenuşi cu continut de bor sub 25 ppm:**	
Lolium multifolium **(raigras italian)** ***Lolium perenne (S*** **23)(raigras peren S 23)** ***Lolium perenne (S*** **24)(raigras peren S24)** ***Poa trivialis*** **(firuţa aspră)** ***Trifolium pratense S123*** **(trifoi roşu S 123)** ***Trifolium pratense*** **(trifoi roşu cu înflorire târzie)** ***Trifolium repens*** **(trifoi alb)**	**4,5** **4,5** **11,0** **4,5** **3,0** **4,0** **2,5**
Leguminoasele trebuiesc în toate cazurile, inoculate cu bacterii *Rhizobium* din culturi sau tulpini compatibile.	

Tot din seminte s-a instalat in trei ani şi **arbustul** ***Amorpha fruticosa*** (salcâm pitic japonez) cu indivizi având diametrul mediu de 5 mm şi înălţimea medie 26 cm, cu toată concurenţa puternică a covorului ierbos.

Accidental s-a instalat şi salcâmul ***(Robinia pseudacacia)*** având 18 mm diametru şi 152 cm înăltime, mai ales in zonele cu covor ierbos mai rar.

Expozitia însorită a taluzelor favorizează preponderenta gramineelor (73% graminee faţă de 27% leguminoase), in timp ce **pe taluzele cu expoziţie umbrită** leguminoasele ajung până la 35% ca participare in covorul vegetal.

De asemenea, **fertilizarea cu azot** are ca efect instalarea preponderentă a gramineelor şi scăderea ponderii leguminoaselor (81% graminee fată de 19% leguminoase) .

Adaosul de fertilizator cu azot şi acumularea azotului pe calea leguminoaselor este esenţial pentru creşterea normală a plantelor. Este convenabil faptul că **leguminoasele obişnuite, viguroase sunt tolerante fată de bor** şi pot fi instalate uşor. Majoritatea speciilor răspund pozitiv şi faţă de fosfor, dar potasiul are un efect slab în îmbunătăţirea creşterii şi o poate chiar diminua.

Dacă se utilizează **fertilizatori de azot, forma** lor este importantă întrucât valorile ridicate de pH fac ca fertilizatorii de amoniu să sufere pierderi de amoniu gazos şi în lipsa bacteriilor nitrificatoare aceştia vor da niveluri slabe de N în nitrat. Fertilizatorii azotaţi organici suferă de aceleaşi neajunsuri.

Culturile agricole au fost testate pe **halda de la Işalnita** cu rezultate bune pentru

- producţia de orz cu 3,42 t/ha,
- de porumb cu 5,2 t/ha, cultivat după lucernă şi
- pentru soia cu 2,32 tlha.
- Fertilizările s-au stabilit între 200 - 300 kg/ha de azot administrate fracţionat.
- Dintre rădăcinoase,
- sfecla de zahăr cu 30,8 t/ha şi sfecla furajeră cu 40 - 55 t/ha,
- morcovul cu 43,5 t/ha, şi
- cartoful cu 20 - 26 t/ha s-au dovedit de asemenea productive în variantele cu fertilizare cu azot 200 kg/ha şi respectiv cu gunoi de grajd plus azotat .

Speciile de arbori răspund la aplicarea fertilizatorilor de azot ori la prezenta plantelor fixatoare de azot ca de exemplu trifoiul alb *(Trifolium repens)*. Din această **cauză plantatii de pini în amestec cu una dintre speciile fixatoare de azot *(Eleagnus angustifolia, Alnus glutinosa* sau *Robinia pseudacacia)*** vor produce o creştere mai bună a coniferelor decât în cazul plantaţiilor pure.

Experimcntările de instalare prin **plantare de arbori şi arbuşti pe halda de cenuşă şi zgură de la Sânpetru (CET Braşov)** au condus la rezultate bune practic pentru toate speciile testate.

Cel mai bine s-au comportat **sălcioara *(Eleagnus angustifolia),* mojdreanul *(Fraxinus ornus),* măceşul *(Rosa canina)* şi păducelul *(Crataegus monogyna).*** Se remarcă însă comportarea bună şi a speciilor de salcăm *(Robinia pseudacacia),* glădiţă *(Gleditschia triacanthos),* sorb *(Sorbus terminalis)* şi chiar plopul negru *(Populus nigra.*

În general, ratele de fertilizare care au fost utilizate în schemele reuşite de istalare a plantelor pe cenuşi, au fost mari: **până la 500 kg/ha N, 250 kg/ha P, 150 kg/ha K**. Aceasta este, evident, costisitor şi de aceea trebuiesc găsite metode de menţinere a nivelelor de fertilitate.

Utilizarea leguminoaselor sau a altor specii fixatoare de azot reprezintă o cale încurajatoare pentru o reabilitare reuşită şi la costuri relativ scăzute.

În cazul arborilor, elementele leguminoase vor fi introduse după instalarea acestora. Dacă recoltele sunt extrase anual şi nutrienţii vor fi îndepărtaţi odată cu acestea; drept rezultat va fi necesară înlocuirea azotului şi fosforului la nivele cel puţin egale cu cele utilizate pe solurile arabile.

Ca rezultat al acestor cercetări intense, depozitarea cenuşilor zburătoare în prezent ar trebui să nu ridice probleme tehnice reale. Ele pot fi folosite ca material de umplutură şi se pot observa situri cu depozite enorme (ex. în Yorkshire la Gale Common) realizate într-o zonă unde anterior a fost o **mină de cărbune**. Depozitul este proiectat astfel ca la final să devină un element de peisaj pozitiv adăugat la cele existente (Bradshaw, Chadwick, 1980 citaţi de Oros, 2002).

3. Deşeuri chimice

Ca rezultat al prelucrării chimice şi al fabricării diferitor produse rezultă cantităţi apreciabile de deşeuri chimice care trebuiesc depozitate. Problema acestor deşeuri este că ele diferă foarte mult în compoziţie, de la materiale relativ inofensive precum deşeurile de **var de la fabricarea sodei**, până la materiale extrem de toxice precum deşeurile de cromaţi: ele pot cuprinde materiale dificile din punct de vedere fizic precum **zgurile de la topirea otelului,** ori alte materiale.

1. Deşeurile de sodă de la prelucrarea cenuşii de sodă Leblanc sunt foarte alcaline datorită hidroxidului de calciu. Cu toate acestea, sub acţiunea factorilor atmosferici, în timp, se formează strate de suprafaţă în care predomină carbonatul cu **pH < 8**, pe care plantele pot creşte. Situaţia lor cu nutrienti puţini şi cu alcalinitate limitează cresterea plantelor, dar permite colonizarea de către o gamă de specii rare atractive, datorită lipsei de competitie. Astfel, în mod surprinzător se găsesc specii preeum ***Cardina vulgaris, Centaurium erythraea, Dactylorhiza incarnata, Daclylorhiza purpurella, Erigeron acer, Euphrasia nemorosa var. calcare, Gymnadenia conopsea, Orobanche minor*** **i**n zone industriale vechi precum cele din sud-vestul comitatului Lancashire în Anglia (Bradshaw, Chadwick, 1980 citaţi de Oros, 2002.

2. Producţia de cromat de sodiu din industria taninului. La Bolton în Lancashire, s-au produs deşeuri extrem de alcaline, care sunt şi toxice. Aici nu a existat nici o colonizare vegetală în timp de 50 de ani, cu exceplia locurilor unde au fost incluse şi deşeuri mai putin toxice. Ele au rămas ca un surprinzător **pericol carcinogen** pentru oameni şi o serioasă sursă de **poluare a râurilor**. Haldele au eliberat in râul River Croal cromat de sodiu cu o rată de 5t Cr^{6+} pe an în anii 1950-1980 (Bradshaw, Chadwick, 1980).

3. La uzinele de gazeificare a cărbunelui, gazul se produce prin încălzirea cărbunelui la o temperatură ridicată dar el trebuie **curăţit de sulf** şi de alte substante prin trecerea sa prin **oxid feric.** Când oxidul este saturat, el trebuie scos şi depozitat şi înlocuit cu altul. Ca rezultat, se

produc **grămezi de oxid de fier uzat**. Datorită sulfurii de fier, el dezvoltă o aciditate imensă prin expunere in aer, cu **pH < 2,0,** de asernenea, aceste grămezi conţin **ferocianuri**. Acesta este un alt exemplu de deşeu care nu este colonizat vegetal şi rămâne ca o sursă permanentă de poluare.

Solutii individuale. În multe tehnologii de tratare a deşeurilor chimice sunt urmate aceleaşi principii ca şi la tratarea deşeurilor metalifere.

Materialele inerte pot fi tratate direct ori lăsate ca natura să dezvolte o viată sălbatică.

Întrucât alcalinitatea extremă a multor deşeuri va dispărea cu timpul prin expunere la aer, pe o haldă veche este **suficient să se adauge azot şi fosfor** şi o mixtură adecvată de **ierburi şi leguminoase** pentru a da un gazon bine stabilizat. Dar această posibilitate va depinde de originea materialului şi de caracteristicile detaliate ale materialului. Dacă deşeurile de hidroxizi sunt deranjate vor fi expuse orizonturi noi care nu vor putea fi tratate în aceeaşi manieră.

Subprodusul de la prelucrarea sodei de amoniu Solvay contine cantităţi considerabile de **clorură de sodiu** care poate limita creşterea plantelor până când are loc leşierea acesteia. Dar întrucât materialui ca atare este în principal carbonat de calciu, instalarea vegetaţiei este în final foarte uşoară: doar că este necesară **o fertilizare completă**.

Deşeurile de var produse ca resturi de la arderea varului pentru obtinerea oxidului de calciu şi hidroxidului de calciu, constau numai din hidroxid de calciu şi calcar nedescompus. Ele nu se carbonatează repede şi rămân cu **pH > 12** o perioadă lungă, datorită hidroxidului de calciu, care împiedică colonizarea plantelor. O soluţie foarte eficientă este acoperirea cu un **strat de materie organică**. Astfel de materiale pot fi compostul de gunoi menajer, nămolul de la staţiile de epurare municipale, copostul uzat de la ciupercării, etc. Un astfel de strat gros de 10 cm este un mediu excelent de creştere a plantelor şi măreşte viteza de carbonatare a varului de dedesubt astfel încât plantele pot înrădăcina in acesta.

Materialele toxice precum **oxizii de fier uzaţi** ori **deşeurile de cromat** vor necesita o izolare fizică completă cu un acoperiş de material inert: materialele foarte toxice vor necesita o **izolare fizică completă cu un strat adânc de 1 m:** acesta poate fi sol sau materiale inerte (resturi de cărămizi, etc.), acoperit însă cu **un strat de 10 cm de sol vegetal**.

In multe metode de tratare combinată, este necesară combaterea amoniului în stratul de acoperire. Deseurile de cromat din Lacashire au fost tratate cu **sulfat feros** si **materie organică**, aceasta a redus adâncimea (grosimea) stratului de subsol necesar pentru acoperire şi evident, şi necesarul de sol vegetal (Bradshaw, Chadwick, 1980, citaţi de Oros, 2002).

Terenurile de depozitare a deşeurilor chimice pot să fie refacute pentru o varietate de scopuri urbanistice. În zone urbane, ele pot deveni importante surse de teren în scop de agrement. Dar fiecare sit trebuie analizat şi proiectat înainte de reabilitare pentru a asigura alegerea tehnicilor adecvate de refaccre şi luarea măsurilor de prevenire pe termen lung a efectului potential al poluării (Oros, 2002).

RECONSTRUCŢIA ECOLOGICĂ ÎN AGRICULTURĂ

Reconstrucţia ecologică în agricultură are importanţă majoră în contextul schimbărilor actuale ale climatului, sistemului exploataţiilor agricole şi tehnologiilor de cultură aplicate. Au loc modificări în structura, abundenţa şi dominaţa speciilor dăunătoare din agrobiocenoze, se produc efecte grave asupra solului şi dezvoltării plantelor de cultură, cauzate de greşeli tehnologice, de dăunători, de poluare, de secetă şi arşiţă, furtuni, torente, alunecări de teren, inundaţii etc. care pot duce la distrugerea agroecosistemelor afectate.

În scopul dezvoltării durabile a agriculturii, în centrul Transilvaniei, **sistemul managementului integrat al culturilor agricole** (Fiţiu, 2004, Malschi şi colab. 2005, Munteanu şi colab.2005, Puia şi colab. 2001) **şi de combatere a dăunătorilor** (Malschi, 2003, 2004, 2005) includ, ca o verigă importantă, complexul măsurilor de conservare, utilizare şi reconstrucţie a biodiversităţii, a diversităţii florei în agroecosisteme, a diversităţii faunei de artropode utile, mai ales entomofage, prin metode biologice:

- Imbogăţirea marginilor câmpului cultivat cu plante cu atractivitate pentru entomofagii auxiliari;
- Conservarea diversităţii florei din ***ierburile marginale, pajiştile şi păşunile*** specifice zonei, formate din diverse plante cu flori importante pentru dezvoltarea entomofagilor ***(Pastinaca sativa, Daucus carota, Achillea millefolium, Hypericum perforatum, Tanacetum vulgare, Cichorium inthybus, Sinapis arvensis, Papaver rhoeas, Sonchus arvensis, Veronica persica, Matricaria chamomilla, Myosotis arvensis, Viola arvensis, Lolium perene, Plantago major*** etc.*)*.
- Plantarea benzilor protectoare de arbori şi arbuşti, a benzilor şi a taluzelor înierbate, protective, antierozionale dar, totodată, favorabile pentru dezvoltarea entomofagilor, pentru migraţia lor în culturi;
- Plantarea perdelelor forestiere, compuse din specii de arbori şi arbuşti: ***Cerasus avium, Malus silvestris, Pirus piraster, Prunus spinosa, Crataegus monogyna, Rosa canina, Vaccinium vitis-idaea, Corylus avellana, Ligustrum vulgare, Staphylea pinnata, Sambucus nigra etc. pe rândurile exterioare şi Quercus robur, Ulmus spp, Robinia pseudacacia, Acer platanoides, Acer pseudoplatanus, Fraxinus excelsior, Tillia cordata, Salix caprea*** etc. ***pe rândurile interioare*** (Popescu 1993, Malschi, Mustea 1995; Malschi, 2003, 2005).

Existenţa florei diversificate în sistemul cu perdele de protecţie, reprezintă principalul factor care asigură bogăţia speciilor, supravieţuirea, creşterea abundenţei şi migraţia sezonieră de la un câmp la altul al artropodelor entomofage utile. Astfel, în ferma cu perdele forestiere de protecţie de la Cean-Bolduţ, aparţinând Staţiunii de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Turda, după 60 de ani de la înfiinţare, s-a stabilizat un echilibru entomocenotic real şi o combatere biologică naturală a dăunătorilor zonali importanţi ca: *Oulema melanopus* L., muştele cerealelor, afidele, cicadele, tripşii, ploşniţele cerealelor etc., care sunt menţinuţi sub pragul economic de dăunare, nefiind necesară aplicarea insecticidelor pentru combatere.

Prin comparaţie, în agroecosistemul cerealier din câmp dechis este necesar să se aplice tratamentele cu insecticide, deoarece dezvoltarea populaţiilor de dăunători depăşeste adeseori capacitatea limitativă a faunei de artropode entomofage. Producţiile obţinute în cele două tipuri de ferme prezintă diferenţe mici, sub nivelul profitului tratamentelor cu insecticide, ceea ce demonstrează eficienţa economică şi ecologică a combaterii biologice naturale din sistemul cerealier cu perdele forestiere de protecţie, comparativ cu situaţia culturilor din câmp deschis, unde s-au efectuat tratamente cu insecticide, în cadrul sistemului tehnologic integrat aplicat.

Această fermă cu perdele forestiere de protecţie antierozionale poate constitui un model de agricultură ecologică, de conservare şi utilizare a biodiversităţii, o strategie pentru dezvoltarea durabilă a agriculturii sau pentru reconstrucţia ecologică a terenurilor în pantă din zona de coline înalte din centrul Transilvaniei (Malschi, 2003, 2004, 2005).

Noi orientări şi perspective ale reconstrucţiei ecologice

Gândirea ecologică aplicată la mediu, fondată de decenii în universităţile noastre şi în reţeaua naţională a intitutelor de cercetare de profil, din diferite domenii de interes pentru protecţia mediului, urmează o amplă evoluţie contemporană, în contextul problemelor dezvoltării durabile şi conservării biodiversităţii, cu care se confruntă omenirea. Tendinţele evoluţiei conştiinţei ecologice conduc spre abordări interdisciplinare, specializate în ştiinţa şi ingineria mediului, in cadrul cărora, reconstrucţia ecologică reprezintă un element important al securităţii ambientale, al asigurării progresului societăţii umane şi a utilizări factorilor de mediu favorabili biosferei, în toată diversitatea ei.

Echipele pluridisciplinare pentru **elaborarea tehnologiilor de reconstrucţie ecologică**, de refacere a biocenozelor, implică managementul integrat al metodelor de ecogeneză, de dezvoltare a biodiversităţii, de stabilizare a interrelaţiilor ecologice, a productivităţii şi autoconservării noului ecosistem. Ecogeneza presupune refacerea fito şi zoo-cenozelor, redresarea microbiotei solului şi pedogeneza, prin: -

- recolonizare spontană sau prin recultivare dirijată fito-zoocenotică şi microbiologică,
- metode tehnice şi biologice de pedogeneză,
- metode dirijate de stabilizare a relaţiilor biocenotice favorabile reconstrucţiei ecologice;
- metode de refacere a factorilor de biotop (lucrari mecanice, fertilizare organică cu gunoi de grajd, ingrăşământ verde, fertilizare chimică etc.);
- monitorizarea dinamicii speciilor, combaterea dăunătorilor şi a speciilor invazive, controlul eroziunii şi vicisitudinilor climatice.

În agricultura integrată de dezvoltare durabilă, se conturează noi orientări. Agricultura conservativă în contextul schimbărilor climatice actuale, implementează rezultatele cercetărilor privind:

- lucrările minime ale solului, pentru evitarea efectelor distructive ale secetei şi aridizării;
- culturile şi lucrările solului pe terase, pe curbele de nivel, pentru evitarea efectelor distructive ale eroziunii, levigării şi deteriorării solului;
- plantarea perdelelor agroforestiere antierozionale, cu numeroase efecte protective pentru culturi, biodiversitate, stabilitate şi echilibru biocenotic, evitarea poluării cu insecticide etc;
- agricultura ecologică, biologică, nepoluată.

Conform legislaţiei şi cerinţelor integrării europene (Ordonanta de urgenţă a Guvernului 195/ 22.12.2005 privind protectia mediului, Ordinul 876/2004 al Ministerului Mediului şi Gospodăririi Apelor pentru autorizarea activitatilor cu impact semnificativ asupra mediului), reconstrucţia ecologigă a zonelor degradate precum şi studiile de management integrat de mediu, incluzând planificarea aplicării metodelor de reconstrucţie ecologică adecvate, se vor impune în toate activităţile economice cu impact asupra mediului.

Bibliografie:

1.ANDREW BALL, 2002. Bioremedierea solurilor si apelor. In. Managementul deşeurilor. Cap 5. Rds. V. Oros, Camelia Draghici, Ed. Univ, Transilvania Braşov, 2002, p.129-133

2. BOTNARIUC N.,1976. *Concepţia şi metoda sistemică în biologia generală.* Ed.Acad. R.S.R.Bucureşti

3. CRISTEA V., HODISAN I., POP I., EMILIA BECHIS, GROZA G., GALAN P., 1990. *Reconstrucţia ecologică a haldelor de steril minier. I. Dezvoltarea vegetaţiei spontane*.În Contribuţii botanice, Univ. din Cluj-Napoca, Grădina botanică: 33-38.

4. CRISTEA V., 1993. *Fitosociologie şi vegetaţia României*. UBB Cluj.

5. CRISTEA, V., SIMONE DENAEYER, HERREMANS J-P., GOIA I., 1996. *Ocrotirea naturii şi protecţia mediului în România.* Ed. Cluj University Press, Cluj-Napoca.

6. CRISTEA, V., SIMONE DENAEYER, 2004. *De la biodiversitate la OGM-uri ?* Colectia UNIVERSITAS, seria BIOLOGIE, Ed. Eikon, Cluj-Napoca)

7. CRISTEA V., GAFTA D., PEDROTTI F., 2004. *Fitosociologie.* Ed. Presa Universitară Clujană

8. CRISTEA, V., 2006. *Conservarea si protectia biodiversităţii, în contextul dezvoltării durabile şi al integrarii României în U.E.* Environment & Progress-6/2006, Cluj-Napoca: 89-98

9. DORDEA MANUELA, COMAN N., 2005. *Ecologie umană.* Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj-Napoca.

10. ELIADE G., GHINEA L., ŞTEFANIC G., 1975. *Microbiologia solului.* Ed. Ceres Bucuresti.

11. FABIAN ANA, ONACA RODICA, 1999. *Ecologie aplicată.* Casa de editură SARMIS, Cluj-Napoca.

12. FIŢIU A. 2004. *Ecologie şi protecţia mediului*. Academicpres ,Cluj-Napoca.

15. GHIDRA V., SESTRAŞ R., BOTU M., BOTU I.,2004. *Biodiversitate şi bioconservare.* Ed. AcademicPres,Cluj-Napoca: 56-100.

16. KISS ŞTEFAN, DRAGAN-BULARDA MIHAIL, DANIELA PAŞCA, 1993. *Enzimologia mediului înconjurător. Enzimologia solurilor tehnogene.*Vol. II. Ed. CERES, Bucureşti.

18. MALSCHI DANA, MUSTEA D., PERJU T., VESA I., TRITEAN N., GRUIAN F. 2005. *Strategii de dezvoltare durabilă a agriculturii în relaţie cu combaterea dăunătorilor.* Environment & Progress - /2005. Universitatea Babeş-Bolyai, Facultatea de ştiinţa mediului, Cluj-Napoca: 257-266.

19. MALSCHI DANA, 2005. *The pest population evolutions and integrated control strategy for sustainable development of wheat crop in Transylvania.* Buletin USAMV-CN, 61/2005:137 – 143.

20. MALSCHI DANA, 2004. *The protective agroforestry belts as an ecological technology for the pests control and sustainable development of cereal crops in Transylvania.* Buletin USAMV-CN, 60:120-126.

21. MAN C.,IVAN I.,1999.Strategii în managementul deşeurilor şi reziduurilor.Cap.3. *Biodegradarea (stabilizarea) nepoluantă a deşeurilor şi reziduurilor organice.* Ed.MESAGERUL, Cluj-Napoca.p 73-107.

22. MUNTEANU SORIN LEON, ŞTIRBAN S. MIRCEA, LUCA EMIL, FIŢIU AVRAM, MUNTEAN LEON, MUNTEAN SORIN, ALBERT IMRE, 2005. *Bazele agriculturii ecologice*. Ed. Risoprint, Cluj

23. OZUNU AL., CARMEN TEODOSIU, 2002. *Prevenirea poluării mediului.* Ed.Univ. TRANSILVANIA Brasov.

24. OZUNU AL., 2000. *Elemente de hazard şi risc în industrii poluante.* Ed. Accent, Cluj.

25. Oros V., Al. Ozunu, 2002. Testele de biodegradabilitate. IN: *AL.OZUNU, CARMEN TEODOSIU, 2002. PREVENIREA POLUARII MEDIULUI .Ed. Univ. TRANSILVANIA Brasov.*

26. RĂUŢĂ C., CÂRSTEA S., 1983. *Prevenirea şi combaterea poluării solului.* Ed. Ceres,

27. STUGREN BOGDAN , 1994. *Ecologie teoretică*. Ed. Sarmis, Cluj – Napoca.

28. VĂDINEANU V., 1998. *Devoltare durabilă*. Ed. Univ. Bucureşti.

29. WETZEL THEO , 1995. *Integrierter Pflanzenschutz und Agrookosysteme*, Ed. Druckhaus Naumburg GmbH. Halle-Saale, Germany.

•Ordonanta de urgenţă a Guvernului 195/ 22.12.2005 privind protectia mediului. Monitorul Oficial al României nr.1196/30.12,2005

•Ordinul 876/2004 al Ministerului Mediului şi Gospodăririi Apelor pentru autorizarea activitatilor cu impact semnificativ asupra mediului. Monitorul Oficial al României. Partea I. Nr. 31/11.01.2005.

BIO SI ECO-TEHNOLOGII APLICATE IN MANAGEMENTUL INTEGRAT DE COMBATERE A DĂUNĂTORILOR

Preocupările specialiştilor din domeniul protecţiei plantelor cultivate împotriva dăunătorilor sunt orintate pentru elaborarea **managementului integrat al dăunătorilor (IPM)** prin optimizarea tehnologiilor de protecţie integrată a culturilor, adaptate arealului şi schimbărilor agro-eco-climatice actuale. Aceste preocupări răspund şi obiectivelor PAC privind practicarea unor tehnologii de protecţie fitosanitară integrată a culturilor adecvate sub aspectul productivităţii, calităţii, eficienţei economice şi ecologice, protective pentru mediu şi biodiversitate, asigurând realizarea de producţii stabile şi de beneficii publice de mediu.

Combatere integrată a dăunătorilor este o abordare agro-ecologică şi de mediu, un mijloc economic de gestionare a dăunătorilor care cuprinde: factorii ecologici şi de mediu implicaţi în dinamica dăunătorilor, ciclurile de viaţă a dăunătorilor, metodele de combatere chimice şi biologice etc. (Malschi Dana, 2009, Malschi şi colab., 2012, 2013, 2014). Combaterea integrată a dăunătorilor este un sistem de protecţie a culturilor care utilizează practici diferite pentru a controla dăunătorii în condiţii de minimizare a consumului de pesticide. Obiectivele managementului integrat al dăunătoril includ totodată: siguranţa şi randamentul producţiei; atingerea eficienţei economice şi ecologice; protecţia mediului şi calitatea produselor alimentare; conservarea biodiversităţii; furnizarea de bunuri publice de mediu.

Combaterea integrată a dăunătorilor (CID) are ca bază ştiinţifică **ecologia sistemică** aplicată în protecţia plantelor cultivate fiind managementul agricol şi silvic integrat de control al dăunătorilor, ca factori de risc. CID este un sistem tehnologic de combatere a dăunătorilor în agroecosisteme (culturi de câmp-grâu, porumb, soia, plante industriale şi furajere, legume, livezi, pajişti şi păşuni, în ecosisteme forestiere - păduri şi pepiniere, în ecosisteme urbane şi rurale - spatii verzi amenajate, în culturi pentru bioremedierea zonelor poluate, în culturi pentru reconstrucţia ecologică a terenurilor distruse de activităţil din industrie, minerit, agricultură, construcţii, transporturi, amenajări teritoriale etc). CID ofera sisteme tehnologice de combatere integrata pe plante de cultură, eficiente biologic, economic si ecologic, in diferite conditii agroecologice. CID este parte componentă a menagementului integrat de mediu al fermelor agricole, zonelor forestiere, zonelor de reconstrucţie ecologică a terenurilor degradate antropic.

Combaterea integrată a dăunătorilor prezintă interrelaţii complexe cu problemele de mediu în ceea ce priveşte protectia culturilor prin corelarea metodelor agrotehnice, chimice şi biologige, ţinând cont de limitarea utilizării insecticidelor, în scopul asigurării productivităţii aşteptate, a sporului de productie şi de acoperire a cheltuielilor fermei; de protecţia calităţii mediului, produselor agroalimentare şi furajere; de sănătate; Măsurile de management integrat al dăunătorilor sunt incluse în tehnologiile de bioremediere şi reconstrucţie ecologică, ca parte a lucrărilor de protecţie şi întreţinere.

Practicile de combatere integrată a dăunătorilor asigură obţinerea beneficiilor publice de mediu, conforme PAC în UE, privind: asigurarea securităţii agroalimentare; limitarea poluării cu pesticide a terenurilor cultivate, a produselor agroalimentare, evitarea accidentelor de poluare prin contaminarea mediului, prin bioacumularea pe fluxul lanţurilor trofice; reducerea emisiilor CO_2 şi a cheltuielilor energetice prin SCI şi raţionalizarea aplicării pesticidelor; conservarea şi utilizarea durabilă a resurselor de biodiversitate; protecţia calităţii mediului şi a biodiversităţii.

Obiectivele cercetărilor în domeniul combaterii integrate a dăunătorilor cuprind : studiul asupra factorilor tehnologiei de combatere integrată a dăunătorilor; studiul impactului tehnologiilor de cultură (incluzând CID), asupra evoluţiei dăunătorilor, pentru adaptarea CID în condiţiile schimbărilor climatice şi agrotehnologice actuale, în sistem clasic–cu arătură, în sisteme conservative cu lucrări minime le solului, fără arătură; în sisteme de cultură cu terase antierozionale; în sisteme cu perdele agroforestiere antierozionale (Malschi 2007, 2008, 2009, Malschi et al., 2010, 2012).

Politica Agricolă Comună menţionează importanţa furnizării de bunuri publice de mediu asociate cu practicile agricole: securitatea alimentară, securitatea sanitară,

vitalitatea spaţuilui rural, a peisajelor agricole, biodiversitatea terenurilor agricole, calitatea solului, apei şi aerului, stabilitatea climatică (limitarea emisiilor de gaze cu efect de seră, stocarea dioxidului de carbon), menţinerea resurselor naturale de apă şi sol. O serie de bunuri publice de mediu speciale sunt asociate cu practicarea managementului integrat al dăunătorilor.

Se pot considera ca **beneficii publice de mediu asociate cu practicarea tehnologiilor de management integrat al dăunătorilor**:

• impactul pozitiv al utilizării combaterii biologice, prin care se asigură limitarea poluării, limitarea tratamentelor cu insecticide, dezvoltarea durabilă a calităţii factorilor de mediu (folosind entomofagii auxiliari, flora etc.);

• impactul pozitiv al sistemului tehnologic conservativ fără arătură ce include secvenţe tehnologice speciale de combatere integrată a dăunătorilor, cu efect în limitarea emisiilor de gaze, gestionarea şi stocarea carbonului, stabilitatea climatică; conservarea calităţii solului, gestionarea resurselor de apă din sol etc.

• impactul pozitiv al sistemului de perdele agro-forestiere, care are efect major în stabilitatea microclimatică, limitarea eroziunii; gestionarea resurselor naturale de apă şi sol, conservarea şi utilizarea biodiversităţii floristice şi a entomofagilor implicaţi în combaterea biologică a dăunătorilor, fără insecticide.

Interelatia mediu – agricultură incluzând combaterea integrată a dăunătorilor – durabilitate. Bunurile publice de mediu. Politica Agricolă Comună (PAC) joacă un rol determinant prin ajutorul pe care îl acordă fermierilor pentru a furniza produse şi servicii de mediu, după informaţiile studiului realizat în opt regiuni din Republica Cehă, Franţa, Germania, Italia, Romania, Spania, Suedia, Anglia, 2009 (Raport/Institutul European de Politică a Mediului/DG Agricultură şi Dezvoltare Rurală/25 ianuarie 2010, http://europedirect.nord-vest.ro/detaliu.).

Bunurile publice în domeniul mediului asigurate de agricultura din Uniunea Europeana, furnizate de fermierii europeni pot include o gamă variată :

- conservarea peisajelor (peisajele pastorale, terasele cu culturi, perdelele agro-forestiere),
- protejarea unor specii care sunt pe cale de dispariţie (păsări ocrotite, insecte: carabidae etc.),
- conservarea biodiversităţii: conservarea pajiştilor şi a altor ecosisteme care adăpostesc nenumărate specii coridoarele agro-forestiere şi benzile de ierburie, perdelele agro-forestiere etc.);
- gestionarea şi stocarea carbonului: limitarea emisiilor de CO_2, stabilizarea climatului (prin raţionalizarea şi limitarea lucrărilor agricole şi a tratamentelor aplicate; prin tehnologii culturale eficiente, adecvate condiţiilor zonale; lucrări minime ale solului, no tillage; limitarea consumului de pesticide; prin combaterea biologică a dăunătorilor; prin practicile de agricultură ecologică);
- managementul resurselor naturale (prin menţinerea unei bune calităţi a solurilor, a apelor şi aerului, a altor resurse de biodiversitate; prin conservarea şi augmentarea populaţiilor de specii utile, entomofagi; prin protecţia biodiversităţii florei, a asociaţiilor de plante din specii arborescente, arbustive, ierboase etc., auxiliare şi benefice în agroecosisteme.

Utilizarea conceptului de agromediu pentru dezvoltare rurală durabilă presupune: - siguranţa producţiei agricole prin elaborarea tehnologiilor eficiente economic şi protective pentru mediu care să contracareze efectele negative ale unor factori tehnologici şi ale schimbărilor climatice; - siguranţa alimentară şi calitatea producţiei agroalimentare prin elaborarea tehnologiilor eficiente şi protective de combatere integrată a dăunătorilor; - siguranţa productivităţii culturilor de plante tehnice, industriale sau destinate producţiei de bioenergie; - dezvoltarea durabilă a zonelor rurale.

Politica Agricolă Comună dispune de o serie de măsuri destinate să ajute fermierii să furnizeze acest tip de bunurile publice de mediu. Combinarea plăţilor directe şi a ecocondiţionalităţii asigură un nivel minim de ofertă de bunuri publice pe o mare parte din suprafaţa agricolă a UE. Măsurile de dezvoltare rurală, cum este măsura de agromediu, stimulează fermierii să furnizeze numeroase bunuri publice într-un mod mai orientat (după Cooper, Hart, Baldock, 2009, http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/public-goods/summary_en_fr.pdf., http://europedirect.nord-vest.ro/detaliu.).

Particularităţile evoluţiei multianuale a dăunătorilor şi importanţa atacului
in culturile de grâu în câmp deschis si cu perdele agroforestiere de protecţie,
la Staţiunea de Cercetare – Dezvoltatare Agricolă Turda

În condiţiile ecologice care caracterizează Transilvania, favorizează invaziile şi atacul dăunătorilor care pot reprezenta situaţii de risc deosebit de grave, mai ales in culturile din fermele în câmp deschis. Aceste situaţii de atac şi risc sunt puternic influenţate de schimbările factorilor ecologici, de încălzirea climatică şi de secetă precum şi de practicarea unor tehnologii de cultură neadecvate, inclusiv a unor metode chimice de combatere agresive faţă de mediu, cu efecte secundare negative asupra faunei auxiliare de entomofagi, asupra florei şi microorganismelor, cu impact ambiental negativ, inclusiv apariţia dăunătorilor rezistenţi la insecticide etc., justificând cercetările pentru noi tehnologii adecvate de combatere integrată a dăunătorilor.

Schimbările actuale ale climatului, sistemelor exploataţiilor agricole şi tehnologiilor de cultură determină modificări agroecologice importante. Acestea privesc efectele grave produse asupra solului şi asupra dezvoltării plantelor de cultură prin greşelile tehnologice, prin poluare, secetă şi arşiţă, furtuni, torente, alunecări de teren, inundaţii etc., precum şi schimbările structurii şi abundenţei entomofaunei dăunătoare, care pot duce la distrugerea agroecosistemelor.

În ultimii ani, creşterea daunelor cauzate de dăunătorii grâului a fost înregistrată la culturile intens afectate de condiţii climatice nefavorabile şi de sistemul de exploataţie agricolă cu tehnologii de cultură incomplete sau incorecte. Studiul efectuat pe parcursul anilor 1980-2014 evidenţiază principalii dăunători ai grâului: diptere, homoptere, thysanoptere, coleoptere etc., precum şi importanţa strategiilor integrate de combatere a lor (Malschi 2007, 2008, 2009, Malschi şi colab., 2012, 2013, 2014). În mod special, încălzirea climatică, seceta şi aridizarea din anii 2007-2014, au favorizat creşteri ale abundenţei şi agresivităţii unor grupe de insecte dăunătoare, care necesită o atenţie specială. Tehnologiile de cultură, parcelarea terenurilor arabile în fâşii şi suprafeţe mici, neaplicarea măsurilor fitosanitare au dus la creşterea şi mai accentuată a rezervei biologice a dăunătorilor.

Staţiunea de Cercetare – Dezvoltatare Agricolă Turda implementează sistemele tehnologice agroecologic integrate de protecţie a culturilor de câmp din rotaţia cerealieră, în asolamentele celor două ferme de producere de sămânţă: ferma de la Turda, aflată în câmp deschis, cu mare parte din terenurile arabile amenajate în terase antierozionale şi ferma cu perdele agroforestiere antierozionale de la Cean-Bolduţ, ambele ferme incluzând suprafeţe considerabile de pajişti. Se practică un asolament de culturi de câmp cerealiere, în rotaţie de 3 ani: grâu de toamnă sau orzoaică de primăvară – porumb - soia şi un sistem conservativ de agricultura, cu lucrări minime ale solului sau fără arătură, adecvat condiţiilor actuale de secetă şi aridizare.

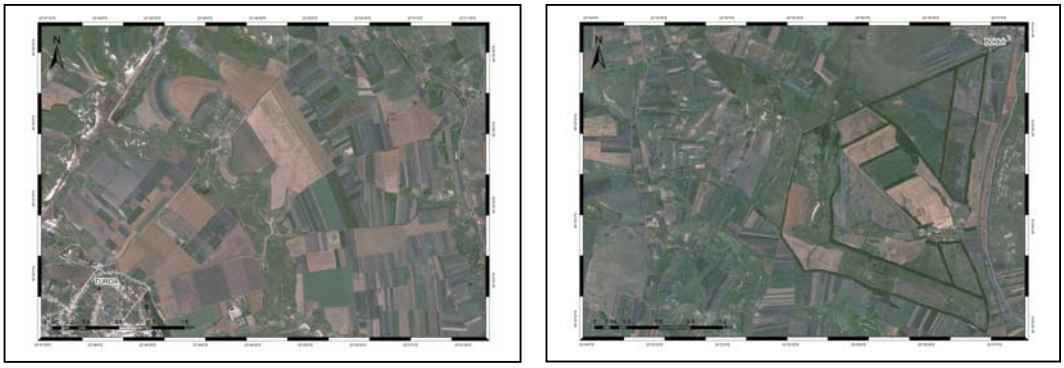
Prezenţa pajistilor in vecinatatea culturilor de câmp din rotatia cerealiera, asigură conservarea si dezvoltarea biodiversitatii şi echilibrului agroecosistemelor, inclusiv a speciilor de auxiliari entomofagi utili care limiteaza natural potentialul biologic al daunatorilor din culturi.

In domeniile utilizării durabile a resurselor naturale şi a conservării biodiversităţii, în centrul Transilvaniei, cercetările efectuate la Staţiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricola Turda au demonstrat faptul că **sistemul de agricultură cu perdele forestiere de protecţie antierozională** asigură o buna dezvoltare a biodiversităţii, asigură protecţia antierozională şi a microclimatului, fiind şi deosebit de bogat în faună de artropode entomofage auxiliare.

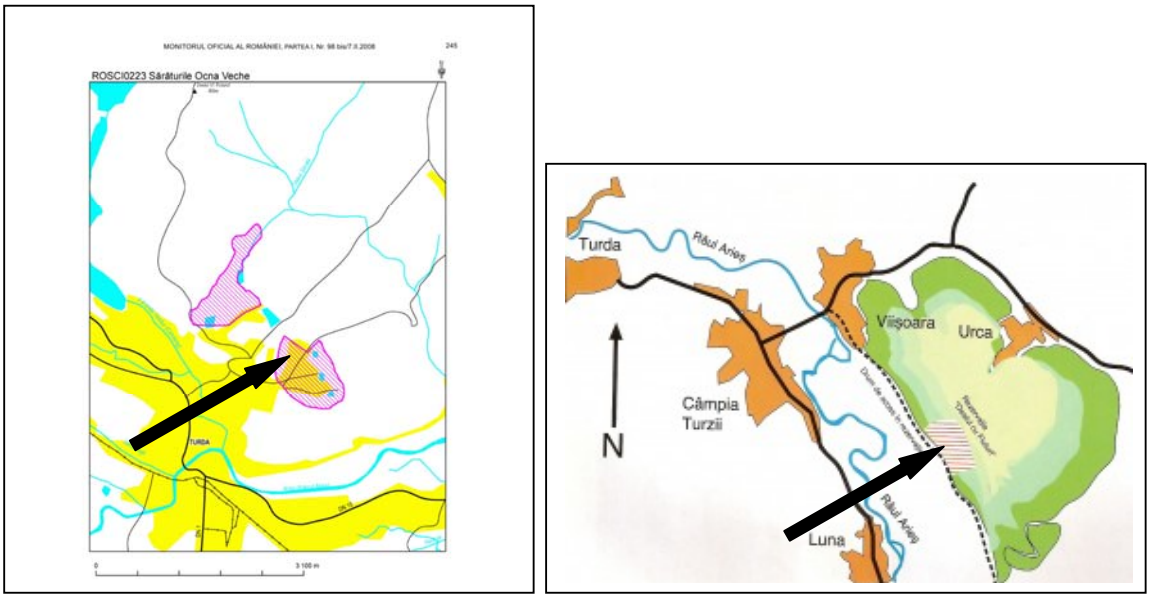
Sub aspectul utilizării biodiversităţii în limitarea biologică naturală a dăunătorilor, importanţa protectivă şi calitativă a sistemului de agricultură cu perdele agroforestiere s-a evidenţiat ca model de tehnologie durabilă şi nepoluantă, în comparaţie cu sistemul de agricultură în câmp deschis, unde în perioada 1990-2014, condiţiile agroecoclimatice şi atacul dăunătorilor din biocenozele cerealiere au reprezentat situaţii de risc şi calamitate, necesitând aplicarea tratamentelor cu insecticide (Malschi, 2005, 2007, 2008, 2009, Malschi et al., 2010, 2012, 2013, 2014).

În aceste condiţii, cercetările pentru realizarea obiectivelor IPM sunt orientate şi adaptate particularităţilor agroecologice, schimbărilor climatice şi tehnologiilor de cultură actuale, pentru

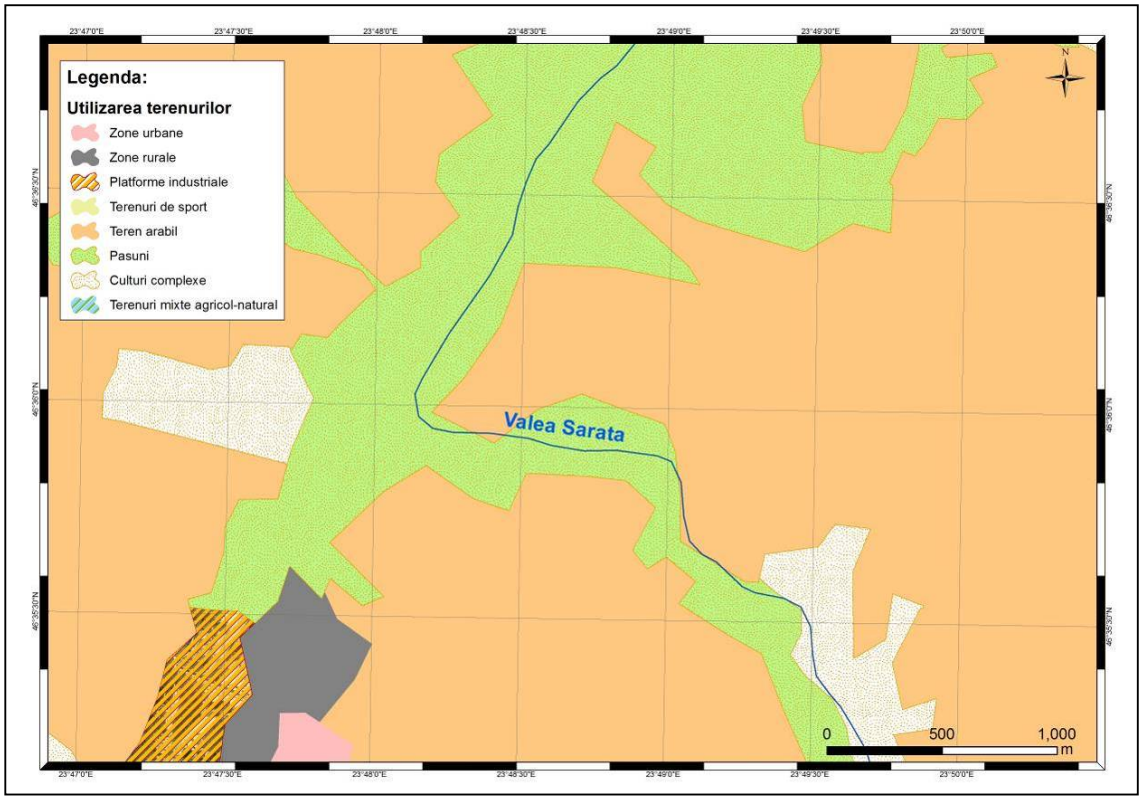
zona de culturi de câmp din centrul Transilvaniei. Pentru aceste cercetări, SCDA Turda beneficiză de existenţa fermelor de culturi de câmp care includ pajişti cu valoare ecologică ridicată şi zone naturale protejate din reteaua Natura 2000, dar şi exploataţii agrosilvice (ferma cu perdele agroforestiere de la Cean-Bolduţ, unică în România prin biodiversitate si echilibru agro-ecologic stabilizat, mai ales prin echilibrul entomocenotic). Astfel, intre solele de terenuri agricole arabile şi păşuni ale SCDA Turda se află inclusă zona protejată Durgău -Valea Sărată- din microdepresiunea Băile Sărate, inclusă în reţeaua de situri Natura 2000: „Sărăturile Ocna Veche„ Turda. (cod ROSCI0223), (www.natura2000.ro/reteaua). Ferma cu perdele agroforestiere Cean-Bolduţ, plasată între localităţile Viişoara şi Bolduţ, este situata într-o zonă cunoscută prin biodiversitatea excepţională, fiind învecinată cu Aria protejată „Dealul cu fluturi" Comuna Viişoara-jud.Cluj, constituită prin H.G. 2151/ 2004, o rezervaţie naturală de interes naţional care cuprinde insule de vegetaţie stepică cu specii rare de fluturi ş.a. (http://www.mmediu.ro/actualitate/natura2000/Ordin55.pdf).

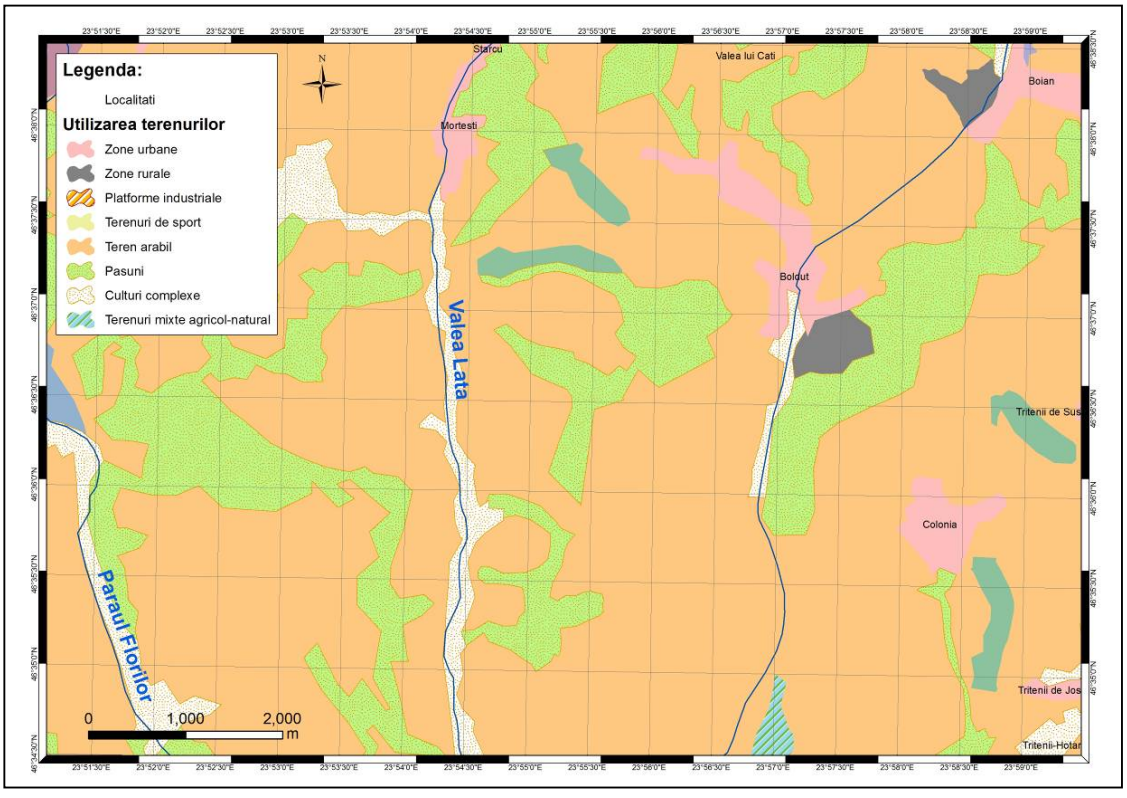


Parcelele experimentale si solele de testare din fermele SCDA Turda, amplasate în câmp deschis, la Turda/ în sistem clasic -arat si conservativ-nearat (stanga); in agroecosistemul cu perdele forestiere, la Bolduţ (dreapta), (imagini Google Earth).



Siturile Natura 2000„Sărăturile Ocna Veche„ Turda (www.natura2000.ro/reteaua) şi aria protejată „Dealul cu fluturi", Com. Viişoara, jud Cluj (http://www.mmediu.ro/actualitate/natura2000/Ordin55.pdf))





Date georeferentiate in sistemul de coordonate Stereo 1970 pentru zonele cu terenuri agricole in câmp deschis, cu perdele agroforestiere si pajisti Turda şi Bolduţ
(după Cristian Maloş, 2013)

Monitorizarea dăunătorilor grâului la SCDA Turda, in areal de câmp deschis si cu perdele forestiere, in sistem tehnologic conservativ–no tillage de lucrari ale solului

Monitorizarea dăunătorilor, stabilirea rezervei biologice şi a potenţialului de atac, în agroecosistemele cerealiere reprezintă aspecte de interes în cercetările aplicative privind optimizarea sistemului integrat de combatere, adecvat schimbărilor climatice şi tehnologice actuale; pentru limitarea poluării şi siguranţa calităţii producţiei agroalimentare.

În culturile de grâu, s-au studiat: compozitia şi importanţa speciilor, structura şi dinamica populaţiilor speciilor de dăunători, momentele critice de atac. Determinarea speciilor a fost realizată pe baza abundenţei probelor de artropode colectate de la nivel plantelor, efectuate la fiecare 10-14 zile, prin 100 de filetări duble. Pentru evaluarea riscurilor prezenţei dăunătorilor grâului s-au efectuat cercetări de monitorizat dăunătorii cheie, nivelul şi importanţa atacului, particularităţile biologiei speciilor în condiţiile actuale. Astfel, s-au precizat momentele optime de aplicare a insecticidelor în cadrul tehnologiei integrate de protecţie fitosanitară, după criterii biologice şi fenologice (curbe de zbor/stadiul de dezvoltare/fenologia plantelor).

Evoluţia dăunătorilor grâului. Pentru perioada actuală, cele mai importante grupe de dăunători ai grâului, sunt: tripsul grâului (*Haplothrips tritici*), cicadele, afidele, ploşniţele cerealelor, unele specii de diptere (muşte fitofage–Chloropidae: *Oscinella, Elachiptera, Meromyza*; Anthomyiidae: *Phorbia securis, Delia platura, D.coarctata*) şi puricii de pământ-Chrysomelidae (puricele grâului-*Chaetocnema aridula*), dăunătorii din sol (*Agriotes, Agrotis, Anysoplia,* etc.). Condiţiile climatice, mai ales încălzirea, şi aridizarea, precum şi condiţiile tehnologice au constituit factori favorabili de dezvoltare pentru anumite specii de dăunători, mai ales a celor cu etape ale ciclului de viaţă legate de sol tripşi, cicade, afide, unele specii de diptere etc.

În ultimii ani de încălzire climatică se înregistrează schimbări în structura speciilor (Malschi si colab., 2013, 2014). Potenţialul biologic şi atacul principalilor dăunători ai grâului sunt corelate cu schimbările climatice, biologia speciilor şi dezvoltarea fenologiă a culturilor legată de schimbarile tehnologice actuale. În culturile de grâu aflate în câmp deschis, aceste modificări structurale şi de abundenţă ale populaţiior speciilor menţionate reprezintă o situaţie de risc periculoasă. Au fost înregistrate diminuarea spectrului de specii şi creşterea abundenţei populaţiilor la dăunătorii problemă, în special la speciile monovoltine (*Haplothrips tritici*, *Delia coarctata*, *Opomyza florum*, *Phorbia penicillifera*, *Oulema melanopus*, *Chaetocnema aridula*, *Eurygaster maura*, *Aelia acuminate*, *Zabrus tenebrioides* etc.), sau la unele specii polivoltine de *Diptere Chloropidae* - *Oscinella frite*, *Elachiptera cornuta*, *Meromyza nigriventris* etc şi *Anthomyiidae* - *Phorbia securis*, *Delia platura*, la speciile de cicade, afide etc.).

În ultimii ani de încălzire climatică speciile dăunătoare prezintă reactii diferite.

Tripsul grâului, favorizat de anii călduroşi, manifestă în mod deosebit explozii populaţionale în anii cu precipitaţii abundente, mai ales in lunile mai-iunie. Afidele şi cicadele manifestă creşteri populaţionale mai ales legate de dezvoltarea lor favorabilă din luna mai şi din timpul verii pe alte culturi, pe samulastră şi graminee spontane, devenind periculoase ca vectori ai îngălbenirii şi piticirii grâului, mai ales pentru semănăturile timpurii de toamnă. Cicadele infestează din abundenţă semănăturile din toamnă. Dipterele din genul *Phorbia, Delia, Opomyza* sunt defavorizate de perioadele de aridizare (incălzire şi secetă) din lunile de primăvară. Aceleaşi condiţii corelate şi cu dezvoltatrea fenologică întârziată a plantelor de grâu sunt insă favorabile speciilor de *Cholopidae* . Acestea pot devenii periculoase pentru semănăturile timpurii de toamnă. Puricii grâului (*Chaetocnema, Crepidodera*) prezintă o creştere abundentă a populaţiilor, foarte periculoase la desprimăvărare şi în aprilie, dăunând ca şi larvele de diptere. Temperaturile ridicate din aprilie-mai au diminuat populaţiile de larve de *Oulema.* Abundenţa speciilor menţionate reprezintă o situaţie de risc in culturile de grâu, ceea ce impune măsuri speciale de combatere. Ca urmare sunt importante măsurile de combatere preventivă cu insecticide aplicate la sămânţă si pe vegetaţie, la desprimăvărare si la faza de burduf, conform specificului biologiei speciilor şi suprapunerii momentelor critice de risc (Malschi si colab., 2013, 2014).

Particularităţile entomocenotice la cultura grâului şi momentele critice de atac.

Pentru anul de vegetaţie **2013-2014**, rezerva biologică a dăunătorilor grâului prezintă o serie de particularităţi care indică momentele adecvate de practicare a secventelor tehnologice de combatere. Datorită specificului condiţiilor agroecologice din toamna anului 2013, dăunătorii grâului şi ai altor cereale păioase au prezentat un potenţial de atac deosebit de periculos pentru culturile din 2014. Toamna prelungită cu temperaturi ridicate până în noiembrie şi particularităţile de dezvoltare fenologică ale culturilor, mai ales răsărirea timpurie a semănăturilor de toamnă, au determinat creşterea periculoasă a populaţiilor de cicade şi afide, de muşte şi purici de pământ, precum şi de dăunători din sol (viermi sârmă, cărăbuşeii cerealelor etc.).

O importanţă deosebită au prezentat dăunătorii care s-au concentrat în semănăturile de toamnă răsărite pe parcursul lunilor septembrie-octombrie-noiembrie 2013, mai ales în cazul culturilor unde nu s-a efectuat tratamentul seminţei cu insecticide sistemice. Astfel, s-a constatat că semănăturile de toamnă au atras bogata rezervă biologică a populaţiilor de afide, cicade, muşte fitofage existentă şi semnalată în zonă. Încă din toamnă, cicadele şi afidele au cauzat daune directe şi au infestat plantele, fiind vectori pentru agenţii patogeni ai îngălbenirii şi piticirii grâului. Pe parcursul primăverii, cicadele - de la desprimăvărare şi afidele - de la fenofaza de burduf, îşi dezvoltă populaţiile şi atacul pe cerealele păioase. Numeroasele specii de muşte fitofage cunoscute în zonă ca dăunători cheie ai grâului de toamnă: musca suedeză - *Oscinella* şi alte chloropide (*Elachiptera, Meromyza*), musca neagră - *Phorbia securis,* opomyzidul grâului - *Opomyza florum etc.,* au avut posibilitatea să se dezvolte pe semănăturile din toamna anului 2013, acumulând un **potenţial biologic periculos** pentru primăvara 2014. De asemenea, pentru lunile de primăvară sunt periculoase şi rezevele biologice acumulate de puricii de pământ, tripşii şi ploşniţele cerealelor, de dăunători din sol. Atacul se produce într-un mod specific perioadei actuale de încălzire şi aridizare climatică, respectiv cu 3-4 săptămâni mai repede faţă de normal, deci de la începutul primăverii. Se remarcă suprapunerea atacurilor speciilor menţionate la culturile de grâu, în două momente principale: în fenofaza de la sfârsitul înfrăţitului şi în fenofaza de burduf . Aceste grupe de dăunători prezintă densităţi ale populaţiilor peste pragurile economice de dăunare, fiecare grup având un potenţial de atac capabil să cauzeze pierderi de 5-10 % în culturi.

Efectul tratamentelor de combatere integrată a dăunătorilor grâului. In anul 2014, se evidenţiază importanţa deosebită a complexului principalilor dăunători: tripsul grâului, dipterele, afidele, cicadele, dăunătorii din sol (*Agriotes*, *Zabrus* ş.a). În primăvara anului 2014, după desprimăvărare, s-a remarcat evoluţia speciilor care atacă în interiorul tulpinilor: dipterele fitofage (*Oscinella, Phorbia etc.*), mai ales speciile de Chloropidae dar şi Anthomyidae (*Phorbia securis)*, puricii de pământ (*Chaetocnema*) precum şi prezenţa cicadelor (*Macrosteles, Javesella*) ş.a. pentru care se recomandă tratamentul la desprimăvărare cu insecticide sistemice, cel târziu concomitent cu erbicidarea. Dezvoltarea dăunătorilor grâului a înregistrat situaţii de risc deosebite în perioada 5-10 mai 2014, dominanţi fiind: tripsul grâului ca adulţi, puricele grâului, afidele, dipterele *Chloropidae, ploşniţe*. Atacul tripşilor adulţi în burduf a cauzat deformări ale spicelor, distrugerea sau sterilitatea florilor. Atacul acestor dăunători este ţinut sub control de tratamentul la fenofaza de burduf, care s-a atins din prima decadă a lunii mai. Tratamentul poate să fie realizat cu insecticide de şoc-piretroizi sau cu insecticide sistemice, etc. (Malschi si colab., 2013, 2014).

Cercetările au demonstrat că pentru asigurarea producţiilor ridicate, mai ales în condiţiile de aridizare climatică, încălzire şi secetă, tehnologia de combatere integrată a dăunătorilor grâului este eficientă dacă se aplică într-un sistem fitosanitar complex incluzând tratamente repetate cu insecticide. Insecticidele sistemice şi de contact (neonicotinoizi etc.) şi piretroizii (deltamethrin, alphamethrin, cyhalothrin etc.) au asigurat distrugerea complexului de dăunători (diptere, purici, afide, cicade, tripşi) concentraţi în grâu de la desprimăvărare şi au protejat cultura. Datele studiilor şi cercetărilor efectuate în loturi de aplicare a acestor tratamente complexe, relevă faptul că populaţiile abundente de tripşi, afide, cicade, ploşniţe, au reprezentat situaţii de risc importante, în fenofazele sensibile de la apariţia burdufului şi a spicului, mai ales în sistemul conservativ fără arătură. În complex cu alte măsuri fitosanitare, pentru combaterea dăunătorilor în loturi s-au asigurat: tratamentul seminţei cu un insecticid sistemic de remanenţă indelungată (neonicotinoidic);

tratamentul 1 pe vegetaţie - la desprimăvărare cu insecticide sistemice (neonicotinoizi etc.), aplicat cel târziu la erbicidare; tratamentul 2 pe vegetaţie, cu un piretroid, aplicat la fenofaza de burduf, care se atinge din prima decadă a lunii mai (Tabel 1, 2).

În agroecositemul cu perdele forestiere de protecţie antierozională de la Cean-Bolduţ, structura diversificată a florei din agroecosistemul cu perdele forestiere reprezinta un mediu deosebit de favorabil pentru dezvoltarea faunei de artropode utile. S-a evidentiat prezenţa tuturor grupelor importante de artropode entomofage prădătoare: *Aranea; Dermaptera (Forficulidae); Heteroptera (Nabidae*), *Thysanoptera (Aeolothripidae), Coleoptera (Sylphidae, Coccinellidae, Carabidae, Staphylinidae, Cantharidae, Malachiidae*,), *Diptera (Syrphidae, Scatophagidae, Empidida), Hymenoptera (Formicidae*, *Neuroptera (Chrysopidae*), (Malschi, 2007, 2008, 2009), precizându-se capacitatea de distrugere a speciilor entomofage şi echilibrul entomocenotic care face ca să nu se înregistreaze situaţii critice de atac ale dăunătorilor şi sa nu se impuna aplicarea insecticidelor (Tabel 3). Prin echilibrul evident al agrosistemului, ferma este un model privind preocupările cercetării şi practicii agricole în direcţia protecţiei culturilor, a combaterii eroziunii solurilor şi a conservării faunei de artropode utile (Malschi, 2007), care prin limitarea naturală eficientă a dăunătorilor, fără aplicarea insecticidelor, face ca ferma să fie şi un model de agricultură ecologică (Malschi si colab., 2013, 2014).

SISTEMUL DE COMBATERE INTEGRATA A DAUNATORILOR GRÂULUI

Cercetările asupra stării fitosanitare a culturilor stau la baza elaborării tehnologiilor de combatere a dăunătorilor adecvate schimbărilor climatice şi tehnologice. Cercetările privind strategiile de combatere presupun studii asupra: structurii faunei de artropode daunatoare si utile entomofage, asupra ponderii entomofagilor auxiliari în urma aplicarii insecticidelor la samanţă si pe vegetatie cât si in urma practicarii tehnologiilor conservative ale solului sau in sistemul cu perdele agroforestiere. In ultimii ani s-au derulat cercetări privind creşterea abundenţei principalilor dăunători ai grâului, extinderea riscului de atac şi managementul integrat adecvat al dăunătorilor (Malschi si colab., 2013, 2014). În condiţiile de risc reprezentate de încălzire şi secetă în Transilvania, atacul dăunătorilor cheie în culturile de grâu s-a notat din a doua jumătate a lunii aprilie, când s-a remarcat concentrarea adulţilor de *Chaetocnema aridula, Crepidodera ferruginea, Phylotreta vitulla,* concomitentă cu zborul cicadelor (*Javesella, Psamottetix*) şi afidelor (*Sitobium avenae etc.*) şi, mai ales, a complexului de diptere (*Chloropidae: Oscinella, Elachiptera etc.; Anthomyidae – Phorbia, Delia*). Tripsul grâului *(Haplothrips tritici)* a reprezentat cel mai abundent dăunător, fiind periculos pentru formarea spicului în burduf şi pentru dezvoltarea boabelor. Deosebită importanţă prezintă cicadele (*Javesella, Psamottetix, Macrosteles*) şi afidele (*Sitobium, Schizaphis, Rhopalosiphum, etc.*), fiind extrem de periculoase pentru semănăturile timpurii de toamnă. Au fost evidenţiate creşteri ale rezervei biologice la dăunătorii din sol (*Agriotes, Zabrus* etc.), mai ales în sistemul de lucrări minime ale solului sau fără arătură.

Particularităţile entomocenotice relevă în **culturile de grâu aflate în câmp deschis**, la Turda: dominanţa tripsului cu peste 66% în structura entomofaunei dăunătoare; importanţa numerică a populaţiilor de purici Chrysomelidae 9,6%, evidenţiindu-se speciile *Chaetocnema aridula* şi *Crepidodera ferruginea*; prezenţa populaţiilor periculoase de afide-12,2%, cicade, diptere şi ploşniţe care reprezintă o situaţie de risc (fig. 1, 2). Valori comparative asemănătoare s-au evidenţiat ăn sistemul clasic de lucrări ale solului şi în sistemul conservativ, fără arătură (Fig. 3, 4). Entomofagii prezintă o pondere de numai 12 % in structura arthropodelor; abundenţa dăunătorilor fiind de 2 ori mai mare în culturile de grâu aflate în câmp deschis, la Turda, decât în **ferma cu perdele agroforestiere de la Bolduţ** (Fig. 5, 6)**.** În cazul fermei cu perdele agroforestiere, se remarcă o menţinere a echilibrului entomocenotic, auxiliarii entomofagi reprezentând 23 % din structura faunei de arthropode, nefiind necesare tratamentele cu insecticide (Fig. 7, 8, 9).

În **sistemul conservativ no tillage** se evidenţiază importanţa principalilor dăunători: tripsul grâului, dipterele, afidele, cicadele, dăunătorii din sol (*Agriotes* ş.a), remarcându-se ponderea mai mare a dipterelor, afidelor şi cicadelor şi măsurile speciale de combatere integrată, cu aplicarea insecticidelor la tratarea seminţelor şi în 2-3 tratamente succesive pe vegetaţie (Fig. 9). Se impune practicarea sistemului de combatere integrată a dăunătorilor grâului, cu atenţie specială asupra: -

epocii optime de semănat, ca măsură preventivă faţă de pericolul atacului de diptere, cicade, afide; -tratarea seminţelor cu insectofungicide; -tratamentul pe vegetaţie, în faza de la sfâţşitul înfrăţitului (13-33 DC), cel târziu la erbicidare, incluzând insecticide (sistemice etc.); - tratamentul la fenofaza de burduf-înspicat (45-59DC), incluzând insecticide (piretroizi, neonicotinoizi, amestecuri etc. etc.). Astfel, în 2014 s-au obţinut cele mai bune producţii de peste 8500 kg/ha, cu sporuri de 13% faţă de martor, prin aplicarea tratamentului la sămânţă şi a două tratamente pe vegetaţie, mai ales cu piretroizi, care au un efect mai redus asupra populaţiilor de artropode entomofage (tabel 1, 2) (Malschi et al., 2014). Se recomandă măsuri de dezvoltare a entomofagilor, prin menţinerea unor benzi înierbate neerbicidate pe marginea culturilor sau pe taluze (în sistemul cu terase), benzi marginale cu ierburi sau perdele agroforestiere în care se pot dezvolta entomofagii auxiliari importanţi în combaterea biologică naturală dăunătorilor (tabel 3).

Secvenţele tehnologice de combatere a dăunătorilor grâului presupun o planificare a sistemului tehnologic integrat de combatere care să includă măsurile preventive şi curative de tratamente cu insecticide pentru dăunătorii ţintă (diptere, tripşi, afide, cicade, dăunători din sol etc.): tratamente aplicate la sămânţă şi pe vegetaţie (tratamentul 1: la sfârşitul înfrăţitului-erbicidare; tratamentul 2: la burduf-apariţia spicului, şi alte tratamente potenţiale la avertizare), aplicate în cadrul tratamentelor fitosanitare complexe (Malschi si colab., 2013, 2014).

SISTEMUL CU PERDELE AGROFORESTIERE DE PROTECŢIE ANTIEROZIONALĂ

În cadrul sistemelor de dezvoltare agricolă durabilă, se conturează tot mai puternic necesitatea implementarii rezultatelor cercetării privind plantarea perdelelor agroforestiere antierozionale, cu numeroasele lor efecte protective pentru culturi, stabilitate şi echilibru agrobiocenotic, pentru biodiversitate şi evitarea poluării cu pesticide etc.

La noi în ţară, această metodă de protecţie a solului şi a culturilor agricole prin perdele forestiere a fost iniţiată din anul 1861 şi dezvoltată în anii cu mari calamităţi, secete excesive, furtuni de praf (1890, 1935, 1946), concretizându-se până în 1961 în plantarea a peste 6000 ha de perdele forestiere, iar în 1970-1975 a încă 1700 ha pe nisipurile din sudul Olteniei (Popescu, 1993).

Eficienţa perdelelor forestiere este recunoscută în lupta contra secetei şi a altor adversităţi legate de climă şi relief: furtuni, torente, viscole, alunecări de teren, pentru prevenirea şi combaterea, proceselor masive de degradare ale solului dar şi pentru protejarea şi dezvoltarea fondului natural de entomofagi. Protejând culturile agricole, perdelele forestiere au un rol decisiv prin efectul direct asupra microclimatului; oprirea alunecărilor de teren şi a torentelor locale; creşterea şi conservarea fertilităţii solului. Toate aceste efecte ale prezenţei perdelelor forestiere de protecţie contribuie şi la protejarea şi dezvoltarea diversităţii florei şi faunei. Un impact special în dezvoltarea dinamică a agroecosistemului îl are rolul perdelelor forestiere în conservarea particulară a faunei de artropode utile, cu efect în stabilizarea echilibrului entomocenotic.

Sistemul de agricultură cu perdele forestiere se înscrie în strategia şi legislaţia modernă a ţării. Conform cerinţelor integrării europene, managementul integrat de mediu pentru dezvoltarea agricolă durabilă include conservarea şi utilizarea durabilă a bioresurselor şi biodiversităţii, reconstrucţia agroecosistemelor, obiective care se pot atinge prin plantarea perdelelor agroforestiere (Ordonanta de urgenţă a Guvernului 195/2005 privind protectia mediului, Legea nr 289/2002 privind perdelele forestiere de protecţie, Legea nr. 46/2008. Codul silvic).

Agroecositemul cu perdele forestiere de protecţie de la Cean-Bolduţ reprezintă un model de tehnologie ecologică pentru combaterea dăunătorilor şi pentru dezvoltarea durabilă a culturilor cerealiere, în zona de dealuri din centrul Transilvaniei. Situată în partea de sud-vest a Câmpiei Transilvaniei, Staţiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Turda este beneficiara fermei de la Cean-Bolduţ pentru culturi de câmp, amenajate în sistem antierozional prin reţeaua de perdele forestiere de protecţie, plantate din anul 1952. Ferma cuprinde 342 hectare de teren agricol şi pajişti, încadrate de cele 14 hectare de perdele alcătuite din circa 36 specii arborescente şi arbustive, păstrând aproape complet planul iniţial de plantare şi fiind, în prezent, singura de acest fel din România. Prin echilibrul evident al agrosistemului cerealier, ferma este un simbol privind preocupările cercetării şi practicii agricole în direcţia protecţiei culturilor şi a combaterii eroziunii solurilor (Popescu, 1993,

Lupe, Spîrchez, 1955) precum şi a conservării faunei de artropode utile (Malschi, Mustea, 1995; Malschi, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, Malschi et al., 2010, 2012, 2013, 2014).

În ferma de culturi de câmp de la Cean-Bolduţ s-au înregistrat o mare diversitate a speciilor entomofage şi combaterea biologică naturală a insectelor dăunătoare din culturile cerealiere protejate de perdele forestiere (Malschi şi Mustea, 1995, Malschi, 2007). Cercetările au demonstrat avantajele practicării agroecosistemului cu perdele forestiere, care realizează: **stabilizarea echilibrului entomocenotic,** prin care dăunători importanţi (gândacul ovăzului-*Oulema melanopus*, muştele cerealelor, tripsul grîului-*Haplothrips tritici*, afidele etc.) sunt limitaţi şi menţinuţi la niveluri sub pragurile economice de dăunare; **eficienţa ecologică** în lupta împotriva dăunătorilor şi invaziilor lor masive, prin efectul de dezvoltare şi conservare a fondului natural de entomofagi; **economicitatea,** rezultată din neaplicarea insecticidelor (Malschi, Mustea, 1995, Malschi, 2007).

Reţeaua de perdele agroforestiere antierozionale de la Cean-Bolduţ este amplasată într-o zonă tipică a Câmpiei de coline joase ale Transilvaniei, având caracteristicile naturale, geomorfologice, litologice, climatice, edafice şi fitocenotice ale acesteia. Relieful este slab frământat, cu altitudini între 280 şi 460 m şi o înclinare moderată de la nord-est spre sud-est. Unele porţiuni sunt abrupte sau chiar prezintă rupturi verticale şi alunecări între perdelele 1, 3, 8 şi în păşunile din vest, pe treimea superioară a versanţilor. Solurile dominante sunt cernoziomuri (în 9 tipuri şi 20 de subtipuri) şi prezintă diferite procese de degradare: eroziuni, alunecări, coluvionări. Se înregistrează (după Popescu, 1993): eroziune superficială pe pantele cu înclinare de 3-5°, unde orizontul de humus are 40-50 cm grosime; eroziune avansată, pe înclinările de 6-12°, unde orizontul de humus are 23-35 cm iar pe pantele cu înclinări de 16-30° solurile sunt complet erodate. Terenul arabil protejat însă de perdele forestiere prezintă o bună evoluţie şi conservare a calităţii solului. Vegetaţia este specifică pentru limita inferioară a zonei forestiere cu silvostepa.

Perdelele antierozionale sunt alcătuite din amestecuri a peste 36 de specii arborescente şi arbustive. Rândurile marginale sunt formate din specii pomicole şi arbuşti fructiferi: cireş (*Cerasus avium*), măr (*Malus silvestris*), păr (*Pirus piraster*), porumbar (*Prunus spinosa*), păducel (*Crataegus monogyna*), măcieş (*Rosa canina*), coacăz (*Ribes spp.*), alun (*Corylus avellana*), lemn câinesc (*Ligustrum vulgare*), clocotiş (*Staphylaea pinnata*), soc (*Sambucus nigra*) ş.a. Rândurile interioare ale perdelelor sunt formate din specii forestiere având la bază stejarul *(Quercus robur*), ulmul de Turchestan (*Ulmus* sp.), salcâmul (*Robinia pseudacacia*), paltinul de câmp (*Acer platanoides*), paltinul de munte (*Acer pseudoplatanus*), frasinul (*Fraxinus excelsior*), teiul (*Tillia cordata*) şi salcia (*Salix caprea*), (Lupe, Spîrchez, 1953 Popescu, 1993). Pajiştile şi benzile de ierburi marginale conţin specii caracteristice zonei şi specii cu atractivitate speciala pentru entomofagi *(Pastinaca sativa, Daucus carota, Achillea millefolium, Hypericum perforatum, Tanacetum vulgare, Cichorium inthybus, Sinapis arvensis, Papaver rhoeas, Sonchus arvensis, Veronica persica, Matricaria chamomilla, Myosotis arvensis, Viola arvensis, Lolium perene, Plantago major* etc.*)*. Culturile de câmp sunt cele din rotaţia cerealieră, de regulă o rotaţie de trei ani cu grâu de toamnă, orz de primăvară, porumb, fasole, leguminoase furajere - trifoi, lucernă, amplasate în sole de 9-16 ha, maxim 22 ha.

Aceste condiţii ecologice şi mai ales structura diversificată a florei în agroecosistemul cu perdele forestiere constituie un mediu deosebit de favorabil pentru dezvoltarea faunei de artropode utile. Observaţiile multianuale (Malschi şi Mustea, 1993) înregistrează prezenţa tuturor grupelor importante de artropode entomofage prădătoare: *Aranea; Dermaptera (Forficulidae); Heteroptera (Nabidae* ş.a.); *Thysanoptera (Aeolothripidae); Coleoptera (Sylphidae, Coccinellidae, Carabidae, Staphylinidae, Cantharidae, Malachiidae*, ş.a.); *Diptera (Syrphidae, Scatophagidae, Empididae* ş.a.*); Hymenoptera (Formicidae* ş.a.; *Neuroptera (Chrysopidae*), (Malschi şi Mustea, 1995), datele fiind concordante cu literatura de specialitate (Basedow, 1990; Welling, 1990; Wetzel, 1995 etc, citaţi de Malschi, 2007, 2008, 2009), acestea evidenţiind capacitatea de distrugere a speciilor entomofage în agrobiocenozele cerealiere şi mai ales activitatea afidifagă. Motivaţia aprofundării acestor cercetări, s-a desprins din constatarea faptului că în sistemul cu perdele forestiere există, la peste 60 de ani de la plantare, un echilibru entomocenotic real, astfel încât nu se înregistrează situaţii critice de atac al dăunătorilor şi nu se impune aplicarea tratamentelor cu insecticide.

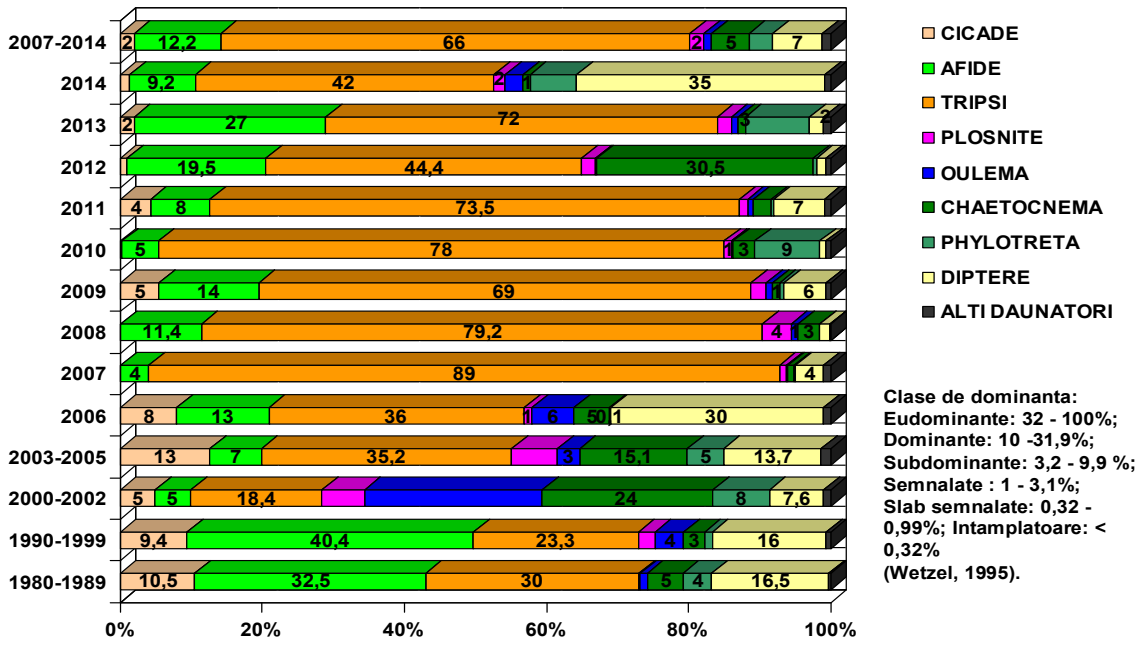


Fig. 1. Dinamica structurii dăunătorilor grâului(%) (SCDA Turda 1980-2014) (Malschi et al., 2014).

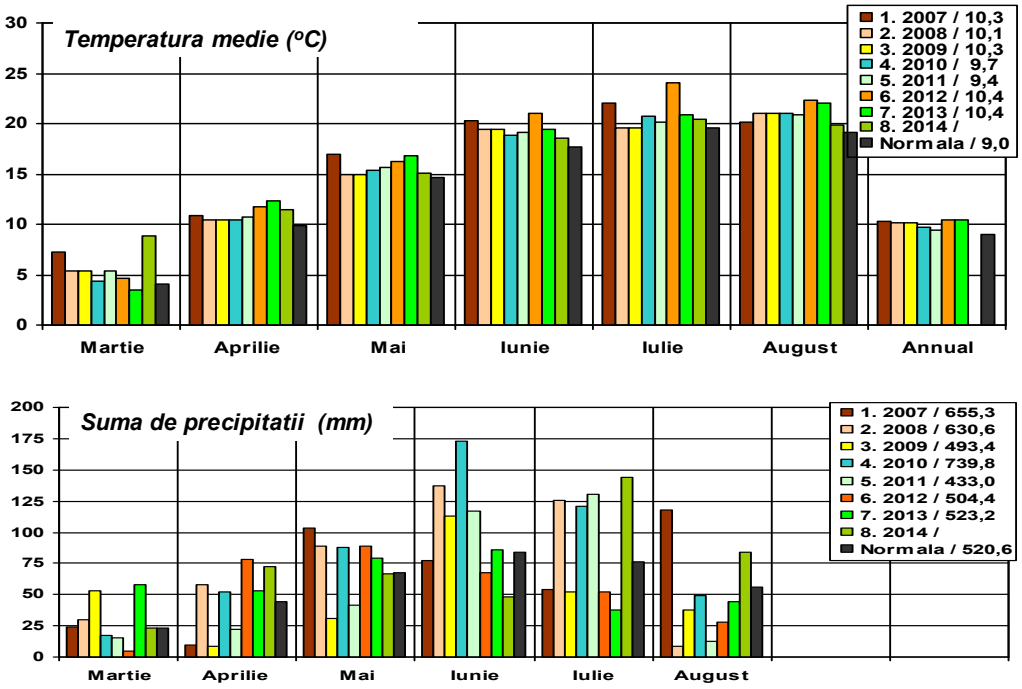


Fig. 2. Temperaturile medii (°C) şi suma de precipitaţiilor (mm) la SCDA Turda, in lunile martie-august din anii 2007-2014 (Malschi et al., 2014).

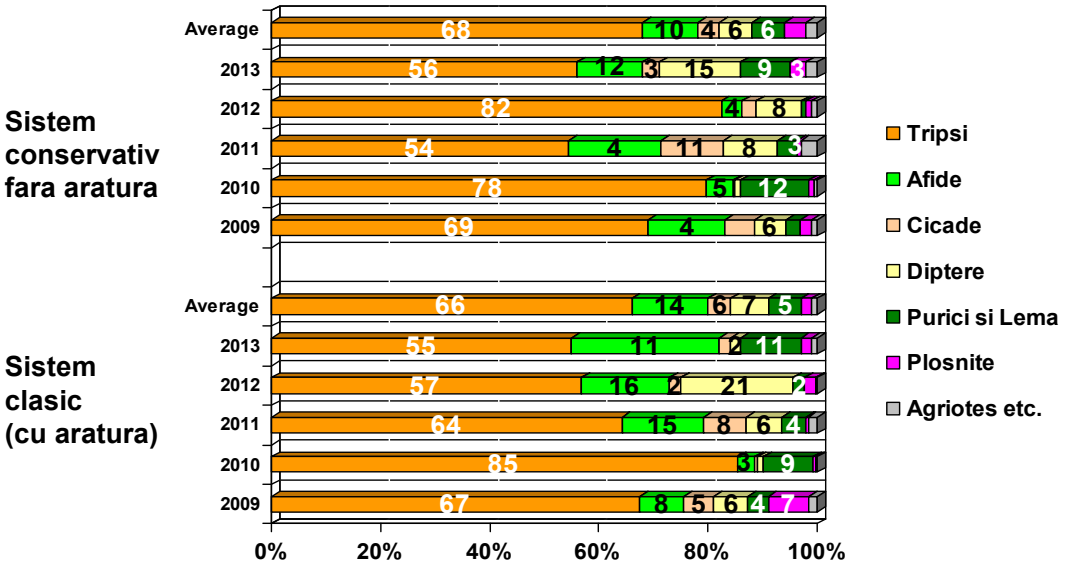


Fig. 3. Dinamica structurii dăunătorilor grâului în două tehnologii ale solului: în sistem clasic (cu arătură) şi în sistemul conservativ fără arătură, la SCDA Turda, în 2009-2013 (Malschi et al., 2014).

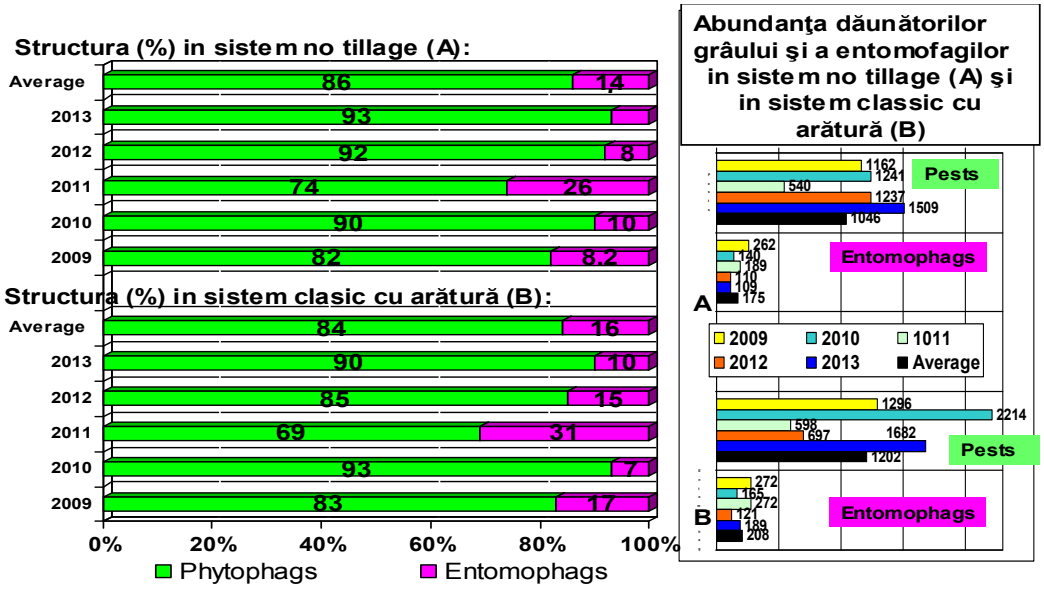


Fig. 4. Dinamica structurii (%) şi abundenţa dăunătorilor grâului şi a entomofagilor în sistem classic şi no tillage, SCDA Turda, 2009-2013 (Malschi et al., 2014).

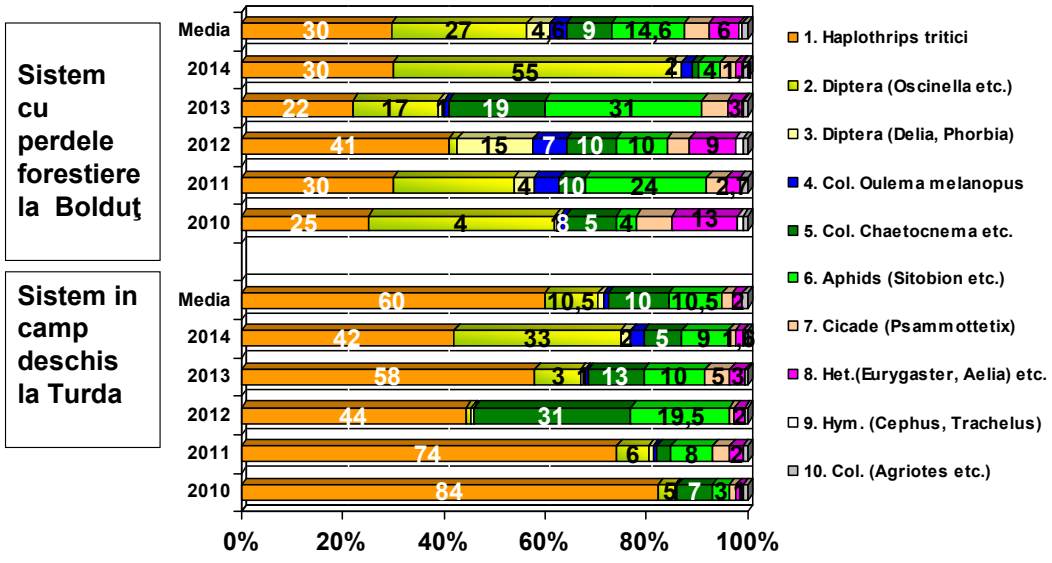


Fig. 5. Dinamica structurii dăunătorilor grâului în două tehnologii de cultură: în câmp deschis , la Turda şi în ferma agroforestieră de la Cean-Bolduţ , 2010-2014, ARDS Turda (Malschi et al., 2014).

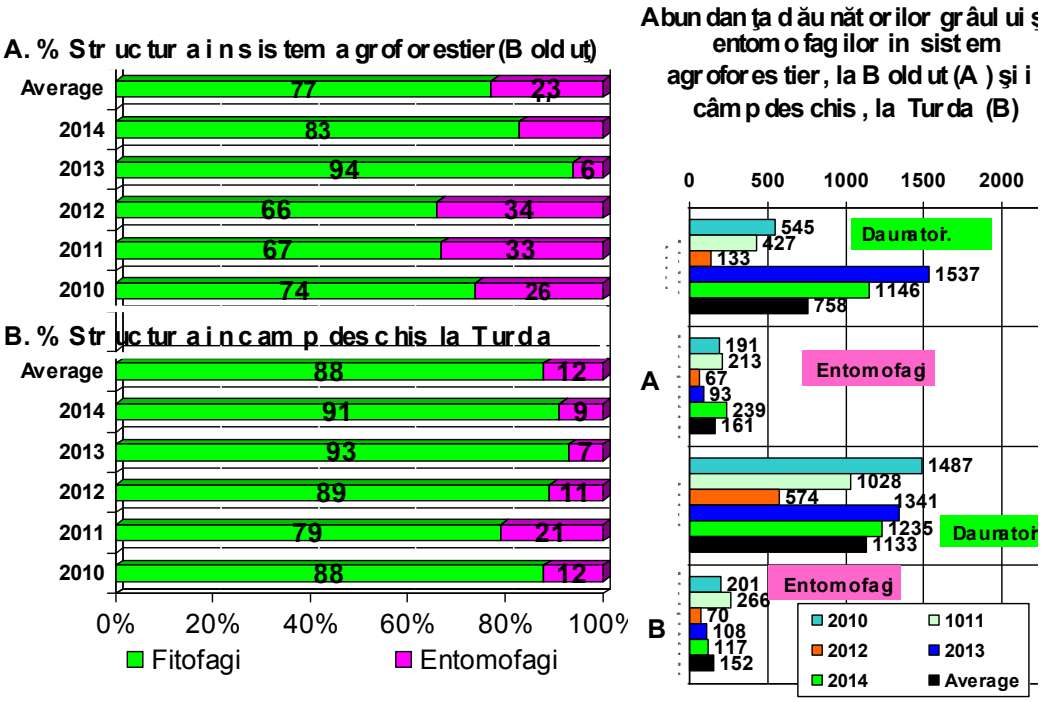


Fig. 6. Dinamica structurii dăunătorilor si entomofagilor grâului în două tehnologii de cultură: în câmp deschis , la Turda şi în ferma agroforestieră de la Cean-Bolduţ , 2010-2014, ARDS Turda (Malschi et al., 2014).

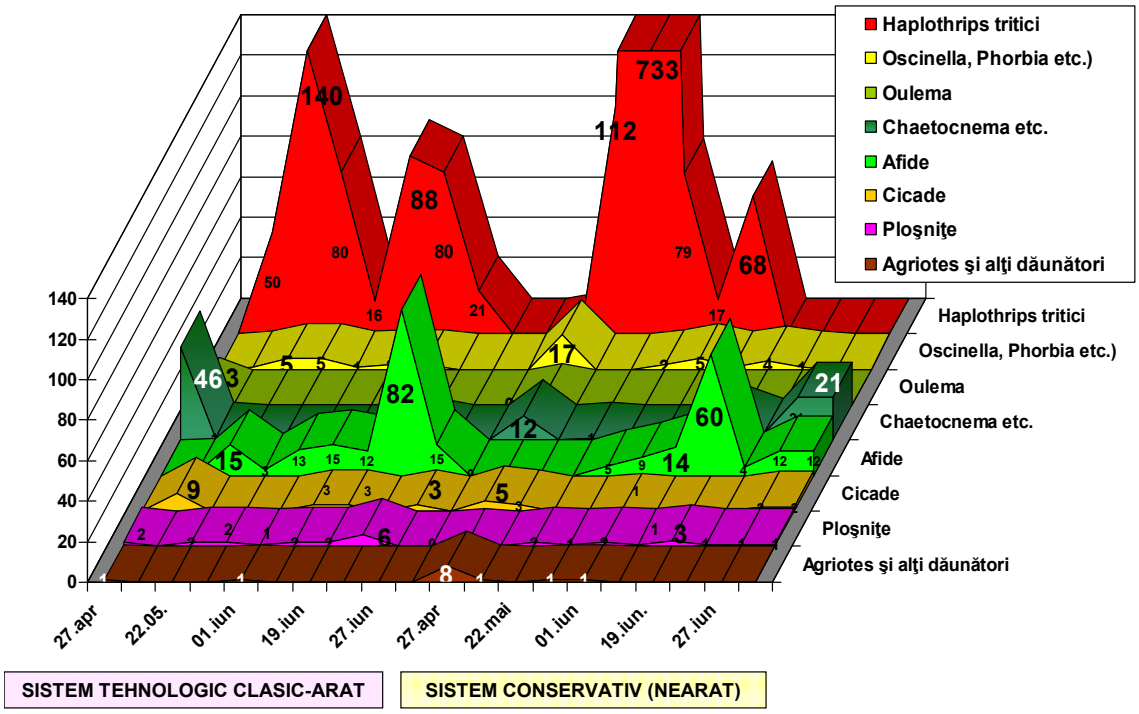


Fig. 7. Apariţia şi dinamica dăunătorilor la grâu, SCDA Turda 2012 , în sistem tehnologic clasic (arat) şi în sistem conservativ (nearat) (nr.exemplare/100 filetari duble) (Malschi et al., 2014).

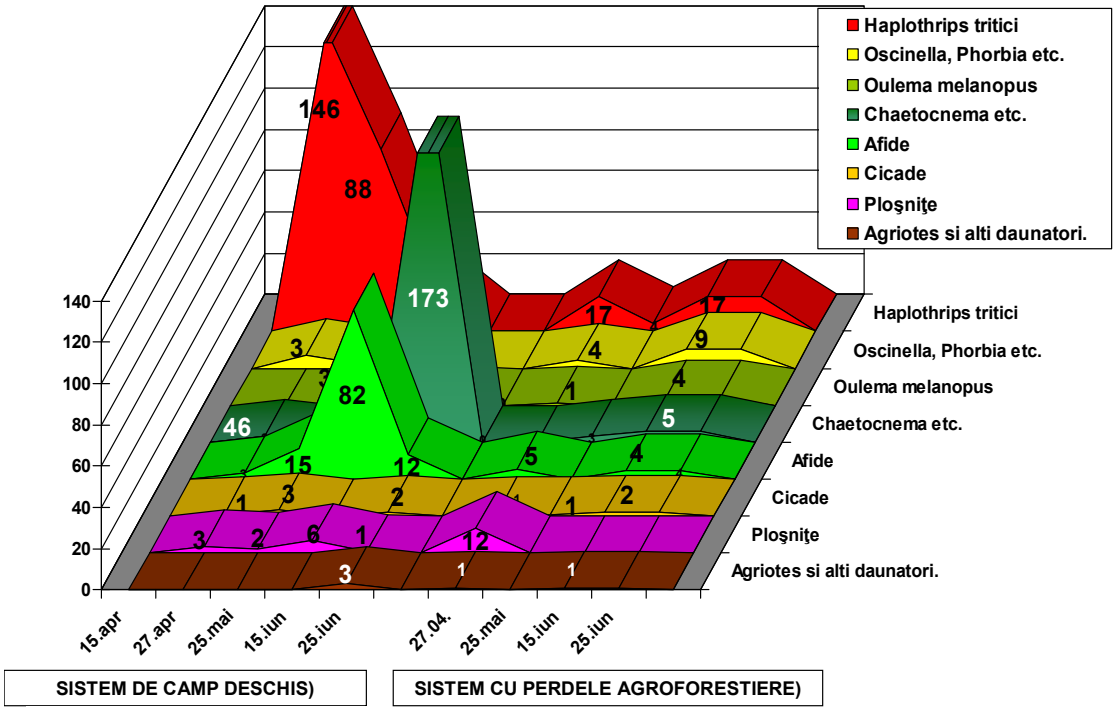


Fig. 8. Apariţia şi dinamica dăunătorilor la grâu, SCDA Turda 2012 , în sistem de camp deschis şi în sistem cu perdele agroforestiere (nr.exemplare/100 filetari duble) (Malschi et al., 2014).

Aplicarea tratamentelor pe vegetatie.
Momente de aplicare a insecticidelor : T1 ; T2 , T3; T4.
T1 (la desprimăvărare) (neaplicat în 2012 din cauze climatice);
T2 (la erbicidare)–Calypso; T3 (la burduf) - Proteus OD 110-400 ml/ha;
T4 (dupa inflorit)–Proteus OD 110-400 ml/ha. (Malschi et al., 2014).

2012	27.04	27.04	11.05	11.05	22.05.	22.05.	7.06	7.06
Eficaci-tatea (%)	ARAT	NEARAT	ARAT	NEARAT	ARAT	NEARAT	ARAT	NEARAT
	T2	T2	T3	T3	T4	T4	T4	T4
Tripşi				41	79	52	84	96
Diptere		71						
Purici	90							
Cicade			67	100			100	
Afide					53			50

Aplicarea tratamentului pe vegetatie in momentul : T2 a avut eficacitate biologică ridicată in controlul puricilor de pământ şi al dipterelor, mai ales în no tillage. T3 a avut eficienţă biologică pentru combaterea adulţilor de trips şi a cicadelor. T4 a avut eficienţă biologică în combaterea afidelor, adulţilor şi larvelor de trips, în ambele sisteme.

Fig. 9. Eficacitatea (%) tratamentelor de combatere a dăunătorilor grâului / 2012, în două sisteme de cultură: clasic-cu aratură şi conservativ-fără arătură. (Malschi et al., 2014)

Tabel 1. Efectul tratmentelor cu insecticide la cultura de grâu (soiul Ariesan), SCDA Turda, 2013 (Malschi et al., 2014).

	Producţia de boabe (Kg / ha)			MMB (g)			Tripşi
Treatmente cu insecticide	Kg / ha	%	Differ.	MMB (g)	%	Differ.	(larve/spic)
1. Lot ST + netratat în vegetatie	7763	100.0	check	54,567	100,0	check	1,5
2. Lot ST + T1	7710	99.3	- 53	53,433	97,9	-1,133	0,0
3. Lot ST + T1+T2	7922	102.0	159	52,500	96,2	-2,067 OO	0,5
4. Sistem cu arătură fără treatmente)	4376	56.4	- 3387 ooo	52,833	96,8	-1,733 O	21,1
5. Sistem No tillage fără treatmente)	4590	59.1	- 3173 ooo	49,733	91,1	-4,833 OOO	28,8
6. Lot in system cu peerdele agro-forestiere cu tratamente (ST + T1+T2)	5200	67.0	- 2563 ooo				4,1
7. Lot in system cu peerdele agro-forestiere fără tratamente	5105	65.7	- 2658 ooo				7,7
DL p 5%		**7.68**	**596.76**		**2,322**	**1,267**	
DL p 1%		**10.79**	**837.66**		**3,378**	**1,843**	
DL p 0.5%		**15.23**	**1182.58**		**5,067**	**2,765**	
Testul F	**F=69.97 (4.82)**			**F=21,336* (7,01)**			

ST = tratament la sămânţă cu Yunta 246 FS, 2 l/t TS.
T1 = tratament de cîmp la sfârşitul înfrăţitului / 23.04.2013/ cu Calypso 480 SC 100ml/ha;
T2 = tratament de cîmp la aparişia spicului / 17.05. 2013/ cu Faster 10 CE 100ml/ha

Tabel 2. Efectul tratmentelor cu insecticide la cultura de grâu (soiul Ariesan), SCDA Turda, 2014 (Malschi et al., 2014)

	Producţia de boabe (Kg / ha)				MMB (g)			
Insecticide treatments	**Kg / ha**	**%**	**Difer.**		**MMB (g)**	**%**	**Difer.**	
1. Lot ST + netratat în vegetatie	**7576**	**100,0**		**Mt.**	**51.703**	**100.00**	**0.00**	**Mt.**
2. Lot ST + T1 (Fastac)	**8539**	**112.7**	**963**	***	**51.927**	**100.43**	**0.224**	**-**
3.a. Lot ST + T1+T2 (Fastac)	**8571**	**113.1**	**995**	***	**54.135**	**104.70**	**2.432**	***
3.b. Lot ST + T1+T2 (Calypso)	**8559**	**112.9**	**983**	***	**51.105**	**98.84**	**-0.598**	**-**
4. Sistem cu arătură fără treatmente)	**6353**	**83.9**	**-1223**	ooo	**50.308**	**97.30**	**-1.395**	o
5. Sistem No tillage fără treatmente)	**6551**	**86.5**	**-1025**	ooo	**48.061**	**92.95**	**-3.642**	ooo
6. Lot in system cu perdele agro-forestiere cu tratamente (ST + T1+T2)	**7954**	**105,0**	**378**	-	**51.339**	**99.30**	**-0.364**	**-**
7. Lot in system cu peerdele agro-forestiere fără tratamente	**6790**	**89.6**	**-786**	ooo	**50.809**	**98.27**	**-0.894**	**-**
DL p 5%			**401**				**1,186**	
DL p 1%			**556**				**1,644**	
DL p 0.5%			**772**				**2,285**	
Testul F	**F=12.664*** **				**F=7.787****			

ST = tratament la sămânţă cu Yunta 246 FS, 2 l/t TS.
T1 = tratament de cîmp la sfârşitul înfrăţitului / 23.04.2013 / cu Fastac 10 CE 100ml/ha
T2 = tratament de cîmp la aparişia spicului / 17.05. 2013/ Fastac 10 CE 100ml/ha (a) sau Calypso 480 SC 100ml/ha (b);

Tab. 3. Interacţiunile structurale şi abundenţele comparative dintre insectelor dăunătoare grâului şi artropodelor entomofage utilein agroecosistemele cerealiere in câmp deschis, la Turda si cu perdele forestiere, la Bolduţ in condiţiile anului 2014 (Malschi et al., 2014)

La Bolduţ, toate variantele includ TS tratam. la samanta cu Yunta 246 FS, 2 l/t. V1 = netratat cu insecticide pe vegetatie; V 2= 2 tratamente: T1-la erbicidare/22.04/ cu Calypso 480 SC 100ml/ha + T2-la fenofaza de burduf /17.05 cu Faster 10 CE 100ml/ha. (nr./100 filetari duble)				
Ferma BOLDUT	**V1**	**V1**	**V2**	**V2**
2014	**Abundenta (nr.)**	**%**	**Abundenta (nr.)**	**%**
FITOFAGI	**1146**	**82,7 %**	**796**	**91,3%**
ENTOMOFAGI	**239**	**17,3 %**	**76**	**8,70%**
Total artropode	**1385**		**872**	
La Turda, variantele includ TS tratam. la samanta cu Yunta 246 FS, 2 l/t; V 0. = netratat cu insecticide pe vegetatie; V 3 = 2 tratamente: T1-la erbicidare /22.04/ cu Faster 10 CE 100ml/ha + T2-la fenofaza de burduf /21.05/, cu Calypso 480 SC 100ml/ha /21.05.2014 (nr.exemplare/100 filetari duble)				
Ferma TURDA	**V0**	**V0**	**V3**	**V3**
2014	**Abundenta (nr.)**	**%**	**Abundenta (nr.)**	**%**
FITOFAGI	**1235**	**91,3 %**	**840**	**89,6%**
ENTOMOFAGI	**117**	**8,7 %**	**97**	**10,4%**
Total artropode	**1352**		**937**	

SISTEMUL ECOTEHNOLOGIC DE AGRICULTURĂ CU PERDELE FORESTIERE DE PROTECŢIE ANTIEROZIONALĂ ŞI ENVIRONMENTALĂ ÎN CONDIŢIILE ÎNCĂLZIRII ŞI ARIDIZARII CLIMATICE ÎN TRANSILVANIA

Sistemul de agricultură cu perdele forestiere de protecţie este un model deosebit de important privind utilizarea durabilă a biodiversităţii floristice si de faună, mai ales sub aspectul utilizării fondului natural de artropode entomofage pentru limitarea biologică, nepoluantă a dăunătorilor din culturi. Prezenţa perdelelor agroforestiere consolidate (compuse din peste 30 de specii de arbori şi arbuşti, plantate din 1952), (alături de ierburile marginale culturilor şi pajiştilor) în ferma Cean-Bolduţ de la SCDA Turda, reprezintă şi asigură:

- o ecotehnologie de utilizare durabilă a resurselor de biodiversitate ale florei şi faunei de artropode auxiliare în agroecosistemele cerealiere din Transilvania;
- conservarea şi dezvoltarea faunei utile de artropode entomofage zonale;
- concentrarea lor rapidă în culturi şi eficacitatea combaterii biologice a dăunătorilor;
- limitarea biologică naturală eficientă economic şi ecologic a entomofaunei dăunătoare prin activitatea prădătorilor entomofagi:
- reducerea poluării prin neaplicarea insecticidelor care nu sunt necesare în solele de grâu înconjurate de perdelele agroforestiere (comparativ cu sistemul de culturi în câmp deschis unde dăunătorii ating niveluri peste pragurile economice de dăunare şi unde se impun tratamente cu insecticide la sămânţă şi 2 tratamente pe vegetaţie, în condiţiile climatice şi agrotehnologice actuale);
- influenţează pozitiv microclimatul, regimul hidric al solelor cultivate, dezvoltarea fenologică a culturilor;
- limiteză eroziunea solului şi alunecările de teren;
- evoluţia favorabilă a calităţii solului; prin dezvoltarea abundentă a populaţiilor de prădători entomofagi, se acumulează la nivelul solului cantităţi importante de chitină şi alte resturi organice cu azot (după metamorfoza stadiilor şi după moartea artropodelor), ca resursă pentru formarea compuşilor humici, proces cu efect pozitiv asupra calităţii solului, asupra dezvoltării microbiotei solului şi a ciclurilor biogeochimice favorabile echilibrului şi productivităţii agroecosistemelor, dezvoltării durabile zonale şi globale) (Malschi et al., 2014)

Perdele agroforestiere la ferma Boldut (SCDA Turda) (sursa:Tritean, 2011)

Sistemul de agricultură cu perdele forestiere este o ecotehnologie aplicată in agricultura cu efect deosebit de important pentru protectia antierozionala şi dezvoltarea durabilă a agriculturii în centrul Transilvaniei, în condiţiile încălzirii şi aridizării, a schimbarilor climatice actuale (Malschi, 2011). Rolul ecotehnologiei agroforestiere de protecţie este important în bioremedierea terenurilor agricole deteriorate, în limitarea poluarii cu insecticidelor, in combaterea biologica a daunatorilor, în agricultura ecologică. Experienţele de plantare a perdelelor agroforestiere antierozionale s-au facut

la ferma Cean-Bolduţ de catre Institutul de cercetări silvice, cu concursul Staţiunii experimentale agricole Campia Turzii. Pe terenul fermei Ceanu, s-au instalat in anii 1951-1953 un numar de 12 perdele de protectie experimentale, cu dimensiuni, compozitie si structura diferite de la o perdea la alta, in lungime totala de 10.440 m, ocupand o suprafata plantata de 16,72 ha (Lupe şi Spîrchez, 1955).

Tipurile de perdele şi schemele de amestec (după Lupe şi Spîrchez, 1955)

Perdeaua 1 (de hotar, de 11 m lăţime) vezi harta: In rândurile 1 si 7: corcoduş *Prunus cerasifera*, arbust rândurile 2 si 6: specii de Quercus *Quercus spp.*, pure şi în amestec cu arbuşti şi cu specii de însoţire, în diferite variante.

Perdeaua 2 (de hotar, de 16 m lăţime): În rândurile 1 şi 15 : prun *Prunus sylvestris* şi măr *Malus sylvestris*, arbust (neplantat); in randurile cu soţ 2 – 14: clocotiş *Staphylea pinnata*; În rândurile 3 şi 13: ulm de câmp *Ulmus minor* şi ulm de Turkestan *Ulmus pumilla*; 5, 7, 9 şi 11 : stejar pedunculat *Quercus robur*, paltin de munte *Acer pseudoplatanus*.

Perdeaua 3 (la margine de drum public, de 11 m lăţime). În rândurile 1 şi 7: un cireş *Cerasus avium (1)*, patru aluni *Corylus avellana (4)*; 2, 4, 6: stejar pedunculat *Quercus robur*; 3 şi 5: paltin de munte *Acer pseudoplatanus*, clocotiş *Staphylea pinnata*.

Perdeaua 4 (la margine de drum public, de 16 m lăţime): În rândul 1 (spre câmp) : ulm de câmp *Ulmus minor*, arbust (neplantat): Rândurile cu soţ de la 2-14 : clocotiş *Staphylea pinnata* ; fără soţ de la 3-13 : stejar roşu *Quercus rubra*,, frasin comun *Fraxinus excelsior*; În rândul 15 (spre drum) : păducel *Crataegus monogyna*.

Perdeaua 7 (antierozională şi de protecţie de 11 m lăţime): ca perdeaua 3, însa în rândurile 3 şi 5, în loc de paltin de munte sunt introduse celelalte acerinee, pe variante de câte 100 m lungime.

Perdeaua 8 (antierozională , de 17 m lăţime): În rândurile 1 şi 11: corcoduş *Prunus cerasifera*,trei arbuşti; cu soţ 2-10: stejar pedunculat *Quercus robur*, în variante, cu şi fără arbuşti; 3, 5, 7, 9: paltin *Acer* sau arbust (pure), sau paltin cu arbust, pe variante.

Perdeaua 9 (antierozională , de 11 m lăţime): În rândul 1 (spre curte): păr *Pirus piraster*, alun *Corylus avellana*; În rândurile 2, 4 şi 6 : frasin comun *Fraxinus excelsior*; sânger *Cornus sanguinea*; 3 şi 5: ulm de câmp *Ulmus minor*, sânger *Cornus sanguinea*; rândul 7 (spre câmp): corcoduş *Prunus cerasifera*, păducel *Crataegus monogyna*.

Perdeaua 13 (antierozională, de 12 m lăţime): În rândurile 1 şi 11 : cireş *Cerasus avium*, agriş *Ribes spp*; 2 şi 10: stejar pedunculat *Quercus robur*, paltin de munte *Acer pseudoplatanus*; 4, 6 si 8: stejar pedunculat *Quercus robur*, paltin de munte *Acer pseudoplatanus*; 3, 5, 7, 9 : lemn câinesc *Ligustrum vulgare.*

Perdeaua 14 (antierozionala, de 16 m latime): In randurile 1 si 15: cires *Cerasus avium*,, coacaz *Ribes grossularia*; 2, 8 si 14: stejar pedunculat *Quercus robur*, frasin comun *Fraxinus excelsior* ; 4, 6, 10 si 12: stejar pedunculat *Quercus robur,* paltin de munte *Acer pseudoplatanus*; fara sot 3-13: lemn cainesc *Ligustrum vulgare*.

Perdeaua 15 (antierozionala, 22 m latime): In randurile 1 si 21: cires *Cerasus avium*, coacaz *Ribes grossularia*; 2, 8, 10, 12, 16, 18: stejar pedunculat *Quercus robur*, paltin de munte; fara sot 3-19: lemn cainesc *Ligustrum vulgare*.

Perdeaua 17 (de umezire, pe coama, de 22 m latime): In randurile 1 si 21: macies *Rosa canina*; 2 si 20: mar paduret *Malus sylvestris*; fara sot 3-19: lemn cainesc *Ligustrum vulgare*; 4 si 18: ulm de Turchestan *Ulmus pumilla*; 6 si 16: paltin de camp *Acer platanoides*; 8, 10, 12, 14: stejar pedunculat *Quercus robur*, visin turcesc *Padus mahaleb*.

Perdeaua 18 (antierozionala, de 16 m latime): In randurile 1 si 15: cires *Cerasus avium*, arbust (neplantat); 2, 6, 10, 14: stejar pedunculat *Quercus robur*, paltin de camp *Acer platanoides* si paltin de munt *pseudoplatanus* (pe variante); 3-5, 7-9, 11-13: clocotis *Staphylea pinnata*.

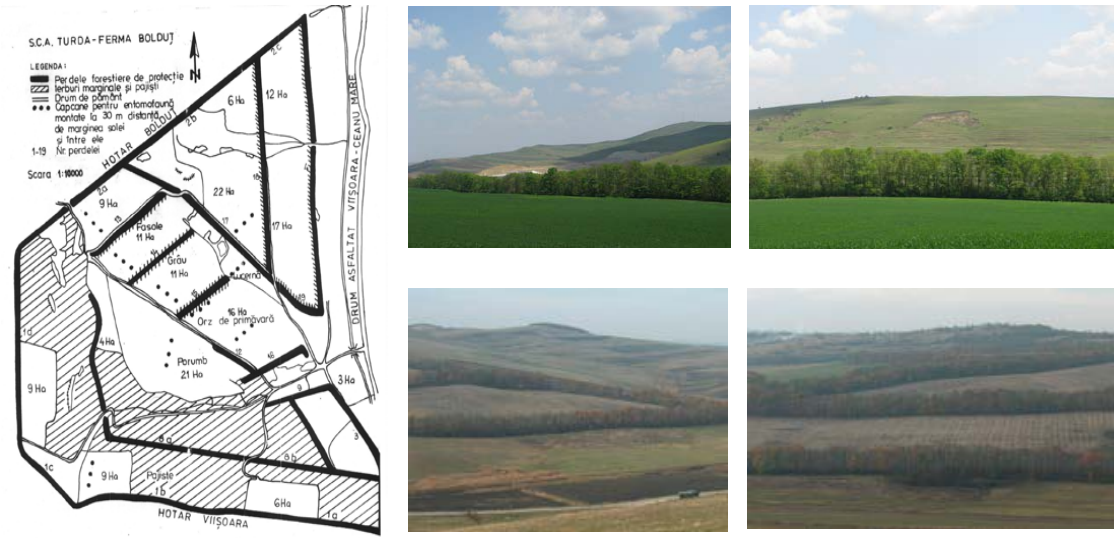


Fig. 13. Harta reţelei forestiere şi imagini ale fermei cu perdele forestiere de la Cean-Bolduţ (Malschi, 2011))

BIBLIOGRAFIA

1. Cooper, T., Hart, K. and Baldock, D. (2009) *The Provision of Public Goods Through Agriculture in the European Union,* Report for DG Agriculture and Rural Development, Contract No 30-CE-0233091/00-28, Institute for European Environmental Policy: London.
2. Lupe I.Z.**,** Spîrchez Z., 1955. Cercetări privind tehnica de creare a perdelelor de protecţie în Câmpia Ardealului. Analele Institutului de Cercetări Silvice. Ed. Agro-Silvică de Stat, Bucureşti, p.411-449.
3. MALSCHI DANA, 2011, Caiet de practică pentru laboratorul didactic de biotehnologii**,** format electronic, http://enviro.ubbcluj.ro/cercetare/laboratoare/Laborator de biotehnologii.php/
4. Malschi Dana, 2009. *Integrated pest management in relation to environmental sustainability. Part I. Ecological management of wheat pests.* Course notes and practical applications. Manual online. Faculty of Environmental Sciences, Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca. BIOFLUX PUBLISHING HOUSE, Cluj-Napoca, Editor: Malschi Dana, 2009, 200 pg. ISBN 978-606-92028-3-8. http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2009/; http://www.editura.bioflux.com.ro/docs/malschi.I.pdf .
5. Malschi Dana, 2008. *Mediu-agricultură-dezvoltare durabilă. Optimizarea tehnologiilor de management integrat al dăunătorilor grâului în dinamica modificărilor agroecologice din Transilvania. (Environment-agriculture-sustainable development. Optimization of integrated wheat pest management technologies under the dynamics of agroecological changes in Transylvania). Ro/en.* Ed. ARGONAUT, Cluj-Napoca, Editor: Malschi Dana, 2008, 315 pg. 40 planşe color, 14 figuri, 75 tabele. ISBN 978-973-109-115-0.
6. Malschi Dana, 2007. *Mediu-agricultură-dezvoltare durabilă şi managementul integrat al dăunătorilor agroecosistemelor cerealiere*. Ed. ARGONAUT, 2007. Cluj-Napoca: 186 pg. ISBN 978-973-109-086-3.
7. Malschi Dana, 2003. Cercetari comparative privind combaterea integrata a daunatorilor in ferme cerealiere in camp deschis si cu perdele forestiere din Transilvania. Rev. Probl.Prot.Plantelor. Vol. XXXIII, nr.2, p.95-111.
8. Malschi Dana, 2003. Research on the integrated wheat pests control. (Actual strategy of integrated pests management as part of agroecological system for sustainable development of wheat crop, in Transylvania.) Romanian Agricultural Research, Nr. 19-20: p. 67-85.
9. Malschi Dana, 1998. Aspecte partiale privind diversitatea şi echilibrul entomocenotic în cel mai vechi agroecosistem cerealier cu perdele forestiere de protectie din centrul Transilvaniei. Bul. Inf. Soc.Lepid. Rom. Vol.9.nr. 1- 4.Cluj-Napoca: 151-157.
10. Malschi Dana, Mustea D., 1993. Studiul structurii şi dinamicii faunei de artropode utile în culturile de câmp în centrul Transilvaniei, în scopul reducerii tratamentelor cu insecticide. Probl. Prot. Plant., XXI. Nr. 2. p.183-203.
11. Malschi Dana, Mustea D., 1995. Conservarea entomofaunei utile în ecosistemele culturilor de câmp din Transilvania. Analele ICCPT Fundulea, Vol. LXII, p. 299-312
12. Malschi Dana, Mustea D., 1995. Protection and use of entomophagous arthropod fauna in cereals. Romanian Agricultural Research, 4, 93-99.
13. Malschi Dana, Mustea D., 1997. Investigaţii asupra importanţei entomofagilor prădători în agroecosistemele cerealiere din Transilvania. Analele Institutului de Cercetări pentru Cereale şi Plante Tehnice - Fundulea; Vol. LXIV.
14. Malschi Dana, Mustea D., 1998. Particularitãti entomocenotice în agroecosistemul de culturi cerealiere cu perdele forestiere de protectie antierozionalã. Analele ICCPT Fundulea. Vol. LXV, Ed. AGRIS. p. 296-320.
15. Malschi Dana, Tărău Adina Daniela, Kadar Rozalia, Tritean Nicolae, Cheţan Cornel, 2014. *Climate warming in relation to wheat pest dynamics and their integrated control in Transylvanian technologies with no tillage system and with agroforestry belts.* in press: Romanian Agricultural Research, NO. 33, 2015, Ed. NARDI FUNDULEA, ROMANIA (National Agricultural Research-Development Institute), www.incda-fundulea.ro
16. Dana Malschi, Felicia Mureşanu, Rozalia Kadar, Adina Daniela Tărău, Ana-Maria Păcurar, Cornel Cheţan, Nicolae Tritean, 2014. New entomocoenotic particularities and integrated pest control in Transylvanian wheat crops under the impact of climate warming. The 13th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture**",** Cluj-Napoca, 25th– 27th of September 2014. Program booklet, Section 1 Agriculture: p 15. in press at Bulletin UASVM Agriculture, 2014. ISSN 1843-5270; Electronic ISSN 1843-5378 http://www.usamvcluj.ro/symposium. http://journals.usamvcluj.ro

17. Dana Malschi, Felicia Mureşanu, Rozalia Kadar, Adina Daniela Tărău, Ana-Maria Păcurar, Nicolae Tritean, Cornel Cheţan, 2014. *Environmental public goods associated with agriculture practice of integrated wheat pest management.* Poster paper presented at The 10-th ELSEDIMA International Conference 2014, Book of Abstracts. Ed. EFES, ISBN: 978-973-606-526-183-9. p 88.
18. Malschi Dana, Mureşanu Felicia, Tărău Adina, Ana-Maria Păcurar, M. Ignea, Cheţan Felicia, N. Tritean, C. Cheţan, **2014**. *Aspecte particulare ale dinamicii populatiilor şi strategiei de combatere integrată a dăunătorilor grâului adaptate la schimbările climatice si tehnologice actuale, în Transilvania* (2. Noi date). Sesiune de comunicări ştiinţifice a INCDPP Bucureşti, 7. nov.2014 Poster.
19. Malschi Dana, Mureşanu Felicia, Tărău Adina, M. Ignea, Cheţan Felicia, N. Tritean, C. Cheţan, **2014**. *Aspecte particulare ale dinamicii populatiilor şi strategiei de combatere integrată a dăunătorilor grâului adaptate la schimbările climatice si tehnologice actuale, în Transilvania.* Poster. Sesiunea anuală de referate ştiinţifice. Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea. ASAS 9 mai 2014.
20. Dana Malschi, Adina Daniela Ivaş, Nicolae Tritean, Cornel Cheţan, 2013. *Dăunătorii grâului - rezerva biologică şi prognoza atacului pentru primăvara anului 2013.* Agricultura transilvană, nr. 18, 2013, I.S.S.N.1454-7287. Ed. Statiunea de Cercetare-Dezvoltare Agricola Turda. Tipărit ELA DESIGN Turda.
21. Dana Malschi, Felicia Mureşanu, Adina Ivaş, 2013. *Evaluarea potenţialului dăunătorilor culturilor de câmp din Câmpia Transilvaniei.* ANALE INCDA FUNDULEA, Vol. LXXXI (1), Protecţia Plantelor. Ed. Analele Institutului Naţional de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea, **ISSN 2067-5631 (print) şi ISSN 20**67-7758 (on line). (Prezentată la Sesiunea anuală de referate ştiinţifice a INCDA Fundulea, ASAS Bucureşti, 10 mai 2013.) p.167-183.
22. Dana Malschi, Adina Ivaş, Mircea Ignea, Felicia Cheţan, Cornel Cheţan 2013. *Adequate integrated control of wheat pests in no-tillage conservative system*. Soil Minimum Tillage Systems, 7th International Symposium. USAMV Cluj, Romania, May 2-3, 2013. http://journals.usamvcluj.ro/index.php/promediu/index. PROENVIRONMENT, vol.6, nr.14 04.2013, Ed.Bioflux, p.332-341.
23. Dana Malschi, Adina Daniela Ivaş, Rozalia Kadar, 2013. *Integrated management of wheat aphids and leafhoppers – suitable control methods in Transylvania.* ROMANIAN AGRICULTURAL RESEARCH, NO. 30, 2013, Ed. NARDI FUNDULEA, ROMANIA FIRST ONLINE: 14 JUNE 2013 DII 2067-5720 RAR 2013-297, www.incda-fundulea.ro, Categ **ISI,** factor de impact 2013: 0,516. Domeniul ISI: Agronomy. p.297-308.
24. Dana Malschi, Adina Ivaş, Mircea Ignea, Nicolae Tritean, Cornel Cheţan, 2012. *Integrated wheat pests control in relation with agro-ecological changes and agriculture sustainable development.* In AGRI-ENVIRONMENT: PERSPECTIVES ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2012. Editors, Coordinators: Dacinia Crina Petrescu, Philippe Burny, Ruxandra-Mălina Petrescu-Mag. Ed.: LES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLOUX, www.pressesagro.be, pressesagro.gembloux@ulg.ac.be. ISBN (printed format): 978-2-87016-120-3 / BIOFLUX PUBLISHING HOUSE Cluj-Napoca, www.editura.bioflux.com.ro. ISBN (online format): 978-606-8191-46-1. p.141-168.
25. Dana Malschi, Adina Ivas, Mircea Ignea, Tritean Nicolae, Cheţan Cornel, 2011. *Integrated pest management in wheat no tillage soil technology.* Abstracts of The International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture", USAMV Cluj-Napoca, 29-30 septembrie 2011. Bulletin USAMV-CN, nr. 68, 2011, I.S.S.N.1454-2382, Ed. Academic Press.
26. Dana Malschi, Nicolae Tritean, Romeo Şerbănescu, 2010. *Protective agroforestry belts and their environmental importance for sustainable agriculture development in Transylvania.* ROMANIAN AGRICULTURAL RESEARCH, No.27/2010, ISSN Print 1222 4227, Electronic 2067 5720, NARDI (National Agricultural Research-Development Institute) Fundulea, factor de impact 2009 0,310. Domeniul ISI: Agronomy. pp. 103-114, 11pg.
27. Popescu E., 1993. Comportarea principalelor specii de arbori în reţeaua de perdele antierozionale Cean în raport cu condiţiile staţionale şi tipul de cultură. Teza doctorat..ASAS Bucureşti, Secţia Silvicultură.
28. http://europedirect.nord-vest.ro/detaliu.aspx?eID=198&t=evenimente
29. http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/public-goods/summary_en_fr.pdf

PARTEA A II-A

ÎNDRUMAR DE LUCRĂRI PRACTICE PENTRU

BIOTEHNOLOGII ŞI DEPOLUAREA SISTEMELOR ECOLOGICE

Specializările :
Ingineria sistemelor biotehnice şi ecologice,
Ingineria mediului)

Titular:
Şef de lucrări, Dr.biolog CS1
Dana MALSCHI

2014

PARTEA a II-a. ÎNDRUMAR DE LUCRĂRI PRACTICE PENTRU DISCIPLINA BIOTEHNOLOGII ŞI DEPOLUAREA SISTEMELOR ECOLOGICE

Cuprins / 2014

1. PROTECTIA MUNCII in activitatile practice in laboratorul de biotehnologii si pe teren.
Norme de lucru cu apa poluata, steril si sol poluat in experientele de fitoremediere si ecotoxicitate.
Norme de lucru cu aparatura electrica, microscoape, sticlarie. Curatarea aparaturii de laborator: cutii, lamele, lame.
Norme privind deplasarea in teren a echipelor de studenti (disciplina si lucru in echipa, protectia individuala).

2. BIOTEHNOLOGII de tratare a solului si apelor poluate.
Bioremedierea solului - in situ: Bioventilarea, Bioaugmentarea, Fitoremedierea in sol.
Bioremedierea solului - ex situ: Biopile, Composting, Cultivarea pamantului.
Bioremedierea apelor subterane – in situ: Bioaugmentarea, Atenuarea naturala controlata, Fitoremedierea.
Bioremedierea apelor - ex situ: Bioreactori, Mlastini amenajate.

3. BIODEGRADAREA substantelor organice in sol. Microorganismele – degradarea si mineralizarea prin enzimele pe care le secreta in mediu. Principalele tipuri de reactii biochimice din celula vie: Oxidarea, Reducerea, Decarboxilarea, Condensarea, Dezaminarea etc. **Biodegradarea celulozei**–Montarea experimentului: Hartia de filtru. Cutii petri, Germinatoare. Etapele degradarii. Microorganisme celulolitice.

4 METODICA DE CERCETARE SI EFECTUAREA INVESTIGATIILOR DE MEDIU (biotic/abiotic) pentru studiul biotehnologiilor. **Etape: A.** Scopul investigatiei? Ipoteza de lucru? Documentatia asupra problemei de poluare: sursele de poluare, istoricul poluarii, nivelul de poluare. **B.** Efectuarea investigatiilor in teren si in laborator asupra probelor de mediu biotic si de substrat;

5. BIOMONITORIZAREA cu *Lemna minor*. Instalarea experimentului de biomonitorizare in laborator cu *Lemna minor* pentru studiul apelor de suprafata poluate. Investigatiile de ecotoxicologie si de parametrii fizico-chimici ai apei / Ord. 261/2006. (pH, salinitate, conductibilitate electrica, RedOx, total solide dizolvate, anioni, cationi, metale grele). **Studiu de caz:** Biomonitorizarea apelor contaminate de la Rosia Poieni. Sinteza datelor in TABEL si in PLANSE cu fotografiile din experiment.

6. **BIOMONITORIZAREA CU DIATOMEE** in ape de suprafata. **Bioindicatori in apele dulci**

7. MODUL DE INVESTIGATIE IN DEPOLUAREA BIOLOGICA A APELOR. Studiul eficientei biotehnologiilor de epurare a apelor. Studiul parametrilor de calitate ai apelor ca măsură a eficienţei biotehnologiilor aplicate pentru bioepurare şi bioremediere a apelor. **Formarea de zone umede construite**. Fitoremedierea cu plante acvatice. **Studiu de caz:** Bioremedierea batalului de ape toxice de la rampa de deseuri Somard Medias, jud.Sibiu.

8. **BIOMONITORIZAREA cu *Lolium perenne***. Experimentul de biomonitorizare a solurilor poluate cu ***Lolium perenne*.** Efectul plantei din punct de vedere ambiental. Metoda de crestere in laborator a bioindicatorului ***Lolium perenne*. Modelul experimental**: Aplasarea varientelor, fotografii, notari/numarea plantelor notarea mortalitatii in tabel la interval de 3-7zile, evaluari initiale si finale: mortalitatea, parametrii fizico-chimici.

9. STUDIUL EDAFIC AL MEDIULUI BIOTIC. Studiul biotei solului ca metoda de evaluare a eficientei biotehnologiilor de bioremediere si reconstructie ecologica a mediului terestru. Metode de laborator pentru studiul la microscop si stereomicroscop a faunei de artropode edafice: crustacee (izopode), miriapode (Scolopendra), insecte (colembode), carabide (gandaci) etc.

10. BIOMONITORIZAREA POLUĂRII IN MEDIUL TERESTRU. Bioindicatori de poluare. Arbori şi arbuşti utilizaţi în revegetarea terenurilor degradate si poluate (oxizi de sulf, de carbon, halogeni-floruri, metale grele etc.)

11. BIOMONITORIZAREA POLUĂRII IN MEDIUL TERESTRU. Bioindicatorii de poluare în mediul terestru. Bioremedierea cu specii de ierburi. Poaceae, Fabaceae etc.

12. BIOTEHNOLOGII AMBIENTALE APLICATE IN AGRICULTURA SI SILVICULTURA pentru bioremediere, reconstructie ecologica si pentru realizarea unor beneficii (bunuri) publice de mediu.

13. DEZVOLTAREA DURABILA IN AGRICULTURA. Biotehnologii aplicate la combaterea integrată a daunatorilor. Managementul integrat de combatere a dăunătorilor. Sistemul cu perdele agroforestiere de protecţie antierozională.

LUCRAREA PRACTICĂ 1.

PROTECTIA MUNCII in activitatile practice in laboratorul de biotehnologii si pe teren.

- Norme de lucru cu apa poluata, steril si sol poluat in experientele de fitoremediere si ecotoxicitate.
- Norme de lucru cu aparatura electrica, microscoape, sticlarie.
- Curatarea aparaturii de laborator: cutii, lamele, lame.
- Norme privind deplasarea in teren a echipelor de studenti (disciplina si lucru in echipa, respectarea protectiei individuale).

LUCRAREA PRACTICĂ 2.

BIOTEHNOLOGII de tratare a solului si apelor poluate

Bioremedierea solului:
- in situ: Bioventilarea, Bioaugmentarea, Fitoremedierea in sol.
- ex situ: Biopile, Composting, Cultivarea pamantului.
Bioremedierea apelor subterane:
– in situ: Bioaugmentarea, Atenuarea naturala controlata, Fitoremedierea.
- ex situ: Bioreactori, Mlastini amenajate.

Bioremedierea solului in situ:

- Bioventilarea – asigură conditii aerobe prin introducerea de oxigen
  -se decontamineaza o serie de resturi de carburanţi, poluanti organici.
  -dureaza de la câteva luni la câţiva ani.
- Bioaugmentarea – se decontamineaza prin puţuri/tuburi prin care se injectează microorganisme specializate in decontaminarea anumitor compusi toxici/poluanti:
  -bacterii– aerobe/anaerobe, ciuperci care biodegradează poluanti organici (PAH-uri, VOC, BTEX)
- Fitoremedierea in sol – plantele sunt folosite pentru indepartarea, transformarea, stabilizarea si distrugerea poluantilor.
  -plantele fac biodegradarea la nivelul rizosferei, fitoacumularea la nivelul ţesuturilor, fitodegradarea si fitostabilizarea.
  -proces de remediere pe termen lung, -costuri reduse.

Bioremedierea solului ex-situ

- Biopile – solurile sunt excavate şi transportate pe platforme amenajate unde sunt => amestecate => afanate si oxigenate => cu umiditate controlată. -Se aplica pentru VOC-urile nehalogenate.
- Composting – excavarea + lucrarea şi întreţinerea solului => brazde/amendamente => rasturnarea periodica a brazdelor => monitorizarea, analizare => desfacere+dispunere
- Cultivarea pamantului – poluanti toxici, VOC-uri, -costuri reduse.

Tratarea biologica a apelor in situ

- Bioaugmentarea – favorizarea cresterii microorganismelor, adaugare de nutrienti, ajustarea pH-ului, oxigenare etc.
  -poluanti vizati: VOC, SVOC, BTEX.
  -depinde de proprietatile apei, costuri scazute
- Atenuarea naturală controlată – proces natural tinut sub control prin senzori de monitorizare.
- Fitoremedierea – foloseste plante pentru decontaminarea prin biodegradare avansata la nivelul rizosferei, prin fitoextracţie, fitoacumulare etc.

Tratarea biologica a apelor ex-situ

- Bioreactori – apele toxice sunt pompate => transportate => introduce intr-un bioreactor unde se practica treapta biologica de bioremediere. Biofiltre. Tratament de aerisire a apelor.
- Mlastini amenajate = zone umede construite. Bazin excavat ce asigura conditiile pentru plantele care au radacinile fixate in substratul apei sau pentru plante plutitoare care decontamineaza apele respective. Ex: Lintiţa, Salata de apa, Hydrilla, stuf, papura, pipirig etc.-microorganismele se dezvolta foarte bine. -dureaza (timp indelungat).

LUCRAREA PRACTICĂ 3.

BIODEGRADAREA SUBSTANTELOR ORGANICE IN SOL

Activitatea enzimatică a microorganismelor.
Biodegradarea celulozei –Montarea EXPERIMENTULUI: Hartia de filtru. Cutii petri, Germinatoare. Etapele degradarii. Microorganisme celulolitice.

Activitatea microorganismelor asigură degradarea si mineralizarea prin enzimele pe care le secreta. În biodegradarea enzimatică au loc principalele tipuri de reactii biochimice din celula vie: Oxidarea, Reducerea, Decarboxilarea, Hidroliza, Dezaminarea etc.

- Oxidarea - Dehidrogenarea
- Reducerea - Adiţie de hidrogen
- Decarboxilarea - Ruperea legaturii carbon-carbon
- Condensarea - Formarea legaturii carbon-carbon.

<u>Etapele biodegradarii celulozei:</u>

- Hidroliza enzimatica
  Celuloza ----------> celobioza + glucoza
- Descompunerea zaharurilor reducatoare:

  Degradare aeroba
  glucoza + celobioza ----------> CO_2 + apa + acizi organici in mici cantitati (Acid acetic si formic)

  Degradare anaeroba
  Glucoza + celobioza ----------> CO_2 + apa + Hidrogen + acizi organici in cantitati mari + alcool etilic.

Specii:
-Microorganisme celulolitice mezofile aerobe:
bacterii (Citofaga, Sorangium cellulosum, Celulomonas, Pseudomonas erythra – depinde de umiditatea mediului.); **Actinomicete şi Ciuperci** (Chaetomium sp., Penicillium, Aspergillus, Trichoderma viride.
-Microorganisme celulolitice mezofile anaerobe – bacterii (Clostridium) etc.

Degradarea hemicelulozelor = macromolecule de polizaharide

Specii: -Bacterii: -Azotobacter; -Actinomicete ; -Ciuperci – Rhizopus, Aspergillus

Etape:

-Hidroliza enzimatica a hemicelulozelor => sub actiunea hemicelulazelor

-Descompunerea zaharurilor reducatoare = > CO_2 si apa.

Degradarea pectinelor

Pectinele cimenteaza fibrele de celuloza in pereti celulari ai plantei.

Specii: Bacterii pectinolitice–aerobe, anaerobe (Clostridium, Arthrobacter), Actinomicete, Ciuperci

Etape: Hidroliza substantelor pectice=>macromeri; Descompunerea anaeroba si aeroba (CO_2, apa)

(CIUPERCILE - Corp vegetativ => multicelulare, filamente = hife; -Corp de fructificatie cu spori . Fusarium (specie de ciuperca polifaga daunatoare plantelor de cultura, dăunează seminte, plante => rezistă in depozite de alimente sau furaje si determină apariţia de micotoxine). Alte specii: Aspergillus, Alternaria, Botrytis (pe ciorchinii de struguri), Monilia (pe mere, pere).

EXPERIMENTUL DE EVIDENTIERE A BIODEGRADARII SUBSTANTELOR ORGANICE PRIN ACTIVITATEA ENZIMATICA A BACTERIILOR DIN SOL (BIODEGRADAREA CELULOZEI DIN HARTIA DE FILTRU)

Amplasarea în germinator:

- Pregatirea germinatorului cu fâşii incrucisate de hartie de filtru amplasate sub rondelul de hartie de filtru, asigurarea umiditatii prin umplerea rezervorului germinatorului cu apa.
- **Insamantarea cu grauncioare sau dilutie de sol = inocularea cu bacterii.**
- Incubarea în termostat la 25-30^oC şi 80-90% umiditate a aerului.
- Urmarirea aparitiei coloniilor de bacterii si a petelor de degradare a celulozei.

Amplasarea în Cutie Petri cu diametru mare -30 cm

- Pregatirea cutiei Petri cu hartia de filtru (substratul de celuloza) +
- Insamantarea cu spori de Fusarium de pe stiuletele de porumb **= inocularea cu spori**.
- Incubarea în termostat la 25^oC şi 80-90% umiditate a aerului. Durata 2-3 saptamani.
- Urmarirea aparitiei hifelor şi sporilor si a zonelor de degradare a celulozei.

Rezultate – pete de mucegai, colonii de bacterii care dezintegreaza hartia.

(Notă: Toxicitatea speciilor de Fusarium (mucegaiul roz al spicelor de grâu, al boabelor de porumb, al tulpinilor de porumb si paielor) = toxicitate mare pentru alimente si furaje determinata de **micotoxine cancerigene**.)

MICROORGANISMELE CELULOLITICE pot fi : obligate sau facultativ celulolitice.

- **criofile, mezofile şi termofile, aerobe sau anaerobe.**

Microorganismele celulolitice pot fi :

1. Microorganisme celulolitice mezofile aerobe;
2. Celulolitice mezofile anaerobe;
3. Celulolitice termofile aerobe;
4. Celulolitice termofile anaerobe.

1. Microorganisme celulolitice mezofile aerobe;

Bacterii :

- ***Cytophaga, Sporocytophaga*** (facultativ celulolitice) ;
- **Mixobacterii**: ***Sorangium compositum, Sorangium cellulosum, Polyangium cellulosum;***
- ***Pseudomonas erythra, Cellulomonas;***
- ***Bacillus: Bac. vagans, Bac. soli.***

Actinomicete

- ***Streptomyces cellulosae, S. violaceus, S. hygroscopicus,***
- ***Micromonospora chalcea, Nocardia cellulans, N. vaccinii.***

Ciuperci, **cele mai importante,** sunt facultativ celulolitice:

- ***Chaetomium*** are toate speciile celulolitice,
- ***Aspergillus*** are unele specii, ***Aspergyllus terreus, Aspergyllus fumigatus*****,** ***Aspergillus luchuensis*** (atacă vata nedegresată).
- ***Penicillium citrinum***, are unele tulpini.
- Foarte active sunt: ***Myrothecium verrucaria, Trichoderma virida.***

Protozoare : *Hartmanella*

Compoziţia pe grupe a microorganismelor

celulolitice mezofile aerobe este influenţată de pH-ul solului:

- În solurile putermic acide (pH sub 5,5) predomină **ciupercile**,
- în solurile acide (pH între 5,5-6,5) predomină **ciupercile şi Cytophaga**,
- în solurile neutre şi uşor alcaline (pH peste 6,5) **predomină ciupercile şi Cellvibrio**.

2. Microorganisme celulolitice mezofile anaerobe:

Bacterii (cele mai importante, obligat sau facultativ anaerobe): ***Clostridium.***
Actinomicete: ***Micromonospora,***
Ciuperci: ***Merulius***

3. Microorganisme celulolitice termofile aerobe:

Se întâlnesc mai ales în solurile îngraşate cu gunoi de grajd.
Bacterii, optim la 50-650C: ***Bacillus calfactor***
Actinomicete: ***Streptomyces thermophilus***
Ciuperci, cu optim la 500C: ***Thermomyces.***

4. Celulolitice termofile anaerobe:

Clostridium thermocellum
Clostridium thermocellulolyticum

DESCOMPUNATORII HEMICELULOZELOR

Ciuperci: ***Rhizopus, Aspergillus, Penicillium***
Bacterii: ***Bacillus, Pseudomonas, Clostridium, Azotobacter, Sporocytophaga myxococcoides***

MICROORGANISME PECTINOLITICE

Anaerobe : ***Clostridium aurantybutiricum, Clostridium felsineum***
Aerobe

- **Bacterii:** ***Bacillus polymixa, Bacillus macerans, Pseudomonas, Arthrobacter, Corynebacterium***
- **Actinomicete:** ***Micromonospora***
- **Ciuperci:** ***Aspergillus, Fusarium, Alternaria, Botrytis, Monilia***

MICROORGANISME AMILOLITICE

- **Bacterii:** ***Bacillus, Clostridium, Pseudomonas, Chromobacterium, Flavobacterium,*** **Serratia,** ***Cytophaga, Azotobacter chroorococcum, Clostridium pasteurianum, Clostridium acetobutilicum*** **(maltaza)**
- **Actinomicete:** ***Streptomyces, Nocardia, Micromonospora***
- **Ciuperci:** ***Aspergillus, Fusarium, Rhyzopus, Aspergillus niger*** **(amilaza),**

MICROORGANISME ACTIVE IN DESCOMPUNEREA FRUCTOZANELOR

Bacterii: ***Pseudomonas, Arthrobacter, Clostridium***

Actinomicete: ***Streptomyces***
Ciuperci: ***Penicillium funiculisum, Fusarium moniliforme, Aspergillus fumigatus,***
Sacharomyces

MICROORGANISME LIGNINOCLASTICE

- **1. Ciupercile (mai ales cele ce produc putregaiul alb al lemnului şi care atacă şi celuloza).**
- **Tipul *Polyporus versicolor* – atacă la început lignina, apoi celuloza.**
- **Tipul *Armillaria vera* – atacă la început celuloza apoi lignina.**
- **Tipul *Ganoderma applanatum* – atacă simultan lignina şi celuloza.**
- **2. Bacteriile**
- **acţionează în condiţiile anaerobe şi termofile.**

MICROBIOTA LIPOLITICA :

- **Bacterii aerobe :** ***micobacteriile saprofite***
  - ***Mycobacterium***
  - ***Pseudomonas fluorescens***
  - ***Bacterium megaterium***
  - ***speciile de Bacillus***
- **Bacterii anaerobe: -** ***Clostridium sporogenes***
- **Actinomicete: -** ***Nocardia***
- **Ciuperci :** ***mucegaiuri şi drojdii (levuri).***

MICROORGANISME METILOTROFE
1. Bacterii ***Methylomonas methanica, M.pelagica, M.scandinavica, Methylococcus Methylosinus***
2. Micobacterii
3. Ciuperci: ***Cephalosporium, Penicillium janthienellum***
2. Descompunatorii etanului, propanului, n-butanului
micobacterii, nocardii, pseudomonade, flavobacterii, micrococi

HIDROCARBURILE SUPERIOARE sunt descompuse sub acţiunea unor
bacterii obligat sau facultativ aerobe:
Mycobacterium paraffinicum, Corynebacterium petrophilum,
***Pseudomonas desmolytica, Pseudomonas fluorescens* etc.**
bacterii obligat anaeobe : ***Desulfovibrio desulfuricans***
actinomicete ***Nocardia paraffina***
drojdii ***Candida lipolytica, Candida tropical***
mucegaiuri.
DEGRADAREA HIDROCARBURILOR AROMATICE
■ **1. Benzen, toluen, naftalina, antracen, fenantren:**
Bacterii: ***Bacterium benzoli, Bacterium toluoli, Mycobacterium, Pseudomonas* etc.**
Actinomicete
Ciuperci
■ **2. Fenolul, crezolul, acidul benzoic:**
Bacterii: ***Mycobacterium, Pseudomonas fluorescens, Vibrio cyclosites***
Actinomicete : ***Nocardia,***
Ciuperci.
Prima demonstrare a DESCOMPUNERII METABOLICE A PESTICIDELOR s-a realizat în 1951, la ***Arthrobacter globiformis,* descompunător al 2,4-D.**
***Alte bacterii, Actinomicete, Mucegaiuri, drojdii* produc descompunerea pesticidelor.**
***Algele şi protozoarele* interferează în acest proces.**

Capacitatea microorganismelor de descompunere a pesticidelor este limitată.
Unele pesticide sunt descompuse lent. (Ex. DDT persistă aerob în sol 24 ani.)
Microorganisme descompunătoare a pesticidelor:

- **bacterii:** ***Arthrobacter, Achromobacter, Corynebacterium, Pseudomonas, Flavobacterium***
- **actinomicete:** ***Nocardia***
- **ciuperci** ***:*** ***Aspergillus.***

Biochimia descompunerii microbiene a pesticidelor

- Reacţii de bază catalizate enzimatic: Oxidarea; Dezalchilarea; Dehalogenarea; Reducerea; Hidroliza aminelor şi esterilor; Scindarea ciclurilor aromatice; Conjugarea şi condensarea.

Microorganisme active in descompunerea
PROTEINELOR DIN RESTURI VEGETALE, ANIMALE ŞI MICROORGANISME
Bacterii proteolitice

- **Bacterii obligat aerobe**,

sporulate:***Bacillus cereus var.mycoides,Bac.subtilis,Bac.megaterium,Bac thermoproteoliticus;***
nesporulate: ***Serratia marcescens, Arthrobacter***

- **Bacterii facultative anaerobe**: ***Proteus vulgaris, Pseudomonas fluorescens***
- **Bacterii obligat anaerobe**: ***Clostridium putrefaciens.***

Bacillus cereus var. mycoides, este cea mai activă bacterie proteolitica, **pe medii de cultură**,
Proteus vulgaris, cea mai activă **în sol**, în condiţii naturale,
Actinomicete proteolitice: ***Streptomyces violaceus, Micromonospora chalcea***
Ciuperci proteolitice (produc mult acid care neutralizează amoniacul):
Penicillium janthinelumm Aspergillus niger, Mucor pusillus, Rhyzopus, Alternaria etc.
Microorganisme descompunătoare a aminoacizilor

- **bacterii** - ***Bacillus, Clostridium, Arthrobacter***,
- **actinomocete** – ***Streptomyces,***
- **ciuperci** – ***Aspergillus, Penicillium, Cephalosporium***, ***Mucor, Fusarium*** etc

Microorganisme active in descompunerea UREEI
Se face în sol sub acţiunea urobacteriilor, actinomicetelor şi ciupercilor.
În 1866 Pasteur a numit bacteria descompunătoare: ***Torula ammoniacale.***
Bacillus pasteuri şi Sporosarcina ureae **sunt rezistente la pH alcalin. Descompun urea provenită din metabolismul azotului la mamifere (urină), din unele ciuperci, din sol – ureea formată în cursul descompunerii bazelor purinice şi pirimidinice, a argininei şi creatininei, din îngrăşăminte sintetice. Ureaza microorganismelor şi ureaza acumulată în sol este descompusă la ammoniac şi acid carbonic.**
NH_3, sărurile de amoniu sunt asimilate de microorganisme. NH_3 este oxidat la acid azotic şi nitraţi
TRANSFORMĂRILE BIOTICE ALE AMONIACULUI

- **Amonificarea** în sol.
- **Nitrificarea** – oxidarea amoniacului la nitriţi si nitrati în sol.
- **Denitrificarea**–reducerea nitriţilor si nitratilor la N organic.
- **Fixarea biologică a azotului molecular**.

1. Bacterii fixatoare de N_2 liber: **Azotobacter, Azomonas, Klebsiella, Bacillus, Clostridium, Cianobacterii.**
2. Fixarea simbiotică a N_2 în nodozităţi de către **Bacterii, Actinomicete, Cianobacterii**.

Concluzii:

Plantele verzi asimilează azotul sub formă minerală (săruri de amoniu, nitraţi) transformandu-l in azot organic.

Microorganismele din sol şi din ape descompun compuşii organici cu azot, eliberând azotul ca amoniac *(=amonificarea).* Amoniacul este oxidat până la nitraţi, sub acţiunea microorganismelor nitrificatoare *(= nitrificare).* Nitraţii pot fi reduşi la N_2 *(= denitrificare)*

Leguminoasele fixează N_2 prin microorganismele simbionte din nodozităţile radiculare
(= fixarea simbiotică a N_2)

Microorganisme celulolitice

1. Microorganisme celulolitice mezofile aerobe

Bacterii ,
- *Cytophaga, Sporocytophaga* (formează microchisturi rezistente la uscăciune) (facultativ celulolitice): ;
- **Mixobacterii**: ***Sorangium compositum, Sorangium cellulosum, Polyangium cellulosum;***
- ***Pseudomonas erythra, Cellulomonas;***
- ***Bacillus: Bac. vagans, Bac. soli.***

Actinomicete
- ***Streptomyces cellulosae, S. violaceus, S. hygroscopicus,***
- ***Micromonospora chalcea, Nocardia cellulans, N. vaccinii.***

Ciuperci, **cele mai importante,** sunt facultativ celulolitice:
- ***Chaetomium*** are toate speciile celulolitice,
- ***Aspergillus*** are unele specii, ***Aspergyllus terreus, Aspergyllus fumigatus, Aspergillus luchuensis*** (atacă vata nedegresată).
- ***Penicillium citrinum***, are unele tulpini.
- Foarte active sunt: ***Myrothecium verrucaria, Trichoderma virida.***

Protozoare : ***Hartmanella***

Compozitia pe grupe a microorganismelor

2. Microorganisme celulolitice mezofile anaerobe:

Bacterii (cele mai importante, obligat sau facultativ anaerobe) : e ***Clostridium.***
- Actinomicete: ***Micromonospora,***
- Ciuperci: ***Merulius***

3. Celulolitice termofile aerobe:

Se întâlnesc mai ales în solurile îngrăşate cu gunoi de grajd.
- Bacterii, optim la 50-65^{0}C: ***Bacillus calfactor***
- Actinomicete: ***Streptomyces thermophilus***
- Ciuperci, cu optim la 50^{0}C: ***Thermomyces.***

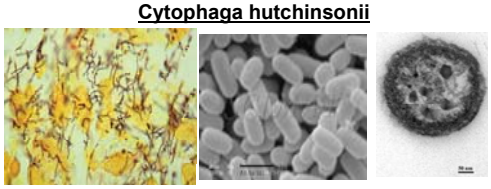
4. Celulolitice termofile anaerobe:

Clostridium thermocellum
Clostridium thermocellulolyticum

1.1.Microorganisme celulolitice mezofile aerobe Bacterii

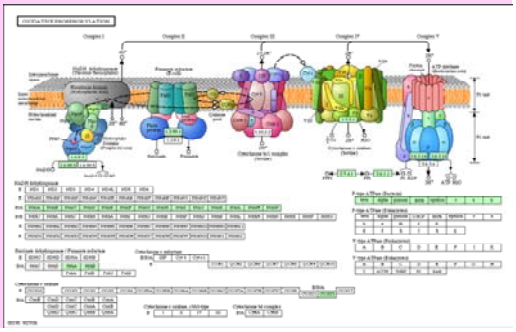
Cytophaga

Cytophaga hutchinsonii



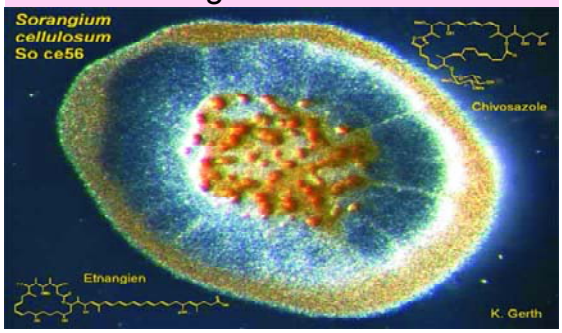
Oxidative phosphorylation - Cytophaga hutchinsonii :

www.genome.jp/dbget-bin/get_pathway?org_name



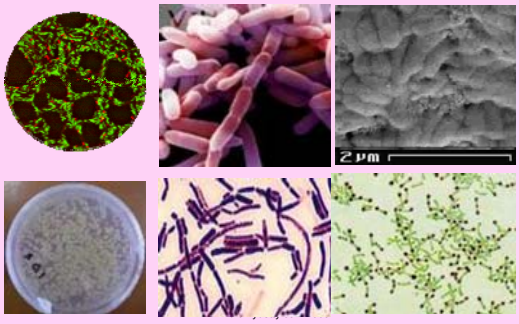
Bacterii celulolitice mezofile aerobe

Sorangium cellulosum



Bacterii celulolitice mezofile aerobe

Cellulomonas



Bacterii celulolitice mezofile aerobe

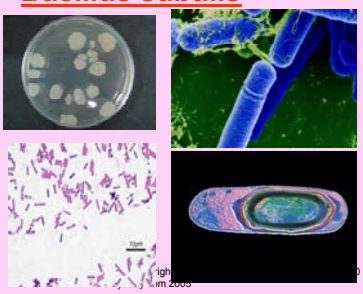
Pseudomonas erythra,

Ps. aerugynosa

Bacterii celulolitice aerobe

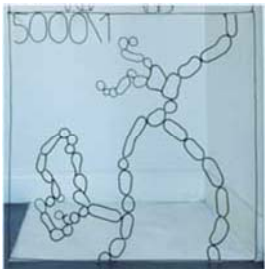
Bacillus vagans, B.soli,

- Bacillus subtilis



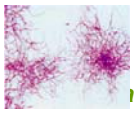
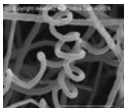
Actinomicete celulolitice mezofile aerobe
Streptomyces cellulosae, S. violaceus

Streptomyces



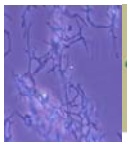
Actinomicete celulolitice aerobe
Nocardia cellulans,
Nocardia vaccinii

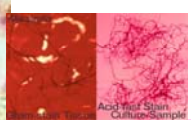
- **Nocardia filimentous**

Nocardia asteroides

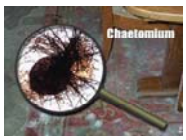
N. brasiliensis

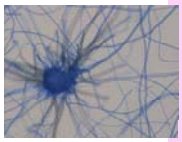




Ciuperci **celulolitice aerobe**

- **Chaetomium sp. (*Ascomycetes.*)**

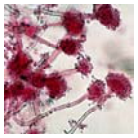


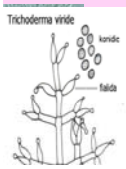


- **Penicillium citrinum**

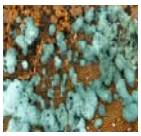
Ciuperci celulolitice aerobe

- **Aspergillus terreus**



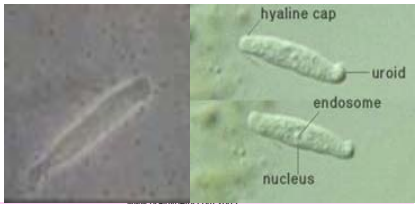


- **Trichoderma viride**



Protozoare celulolitice aerobe

- **Hartmanella**



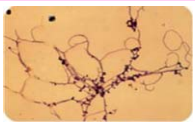
12/6/2

1.2.Microorganisme celulolitice mezofile anaerobe: Bacterii

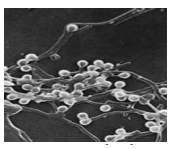
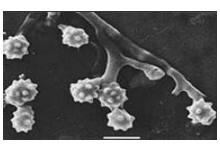
- **Clostridium**

- **C.acetobutylicum "Weizmann bacterium"**

Actinomicete celulolitice mezofile anaerobe: *Micromonospora*

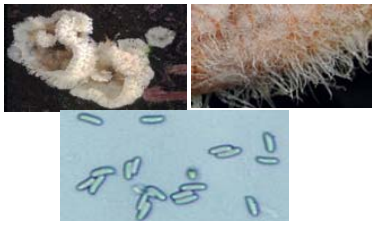


Micromonospora olivasterospora

Ciuperci celulolitice mezofile anaerobe

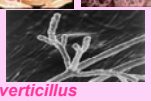
- **Merulius**



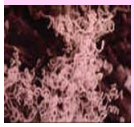
2.1. Microorganisme celulolitice termofile aerobe: Bacillus si Actinomicete

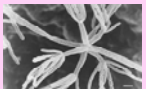
Streptomyces thermophilus

Streptomyces salmonis



Streptomyces verticillus

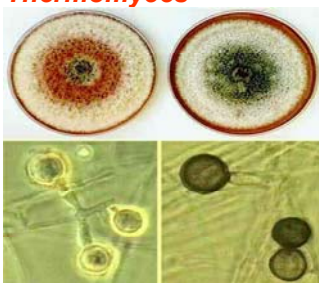




Actinomycetele, ca Streptomyces, dau solului mirosul specific de pamant

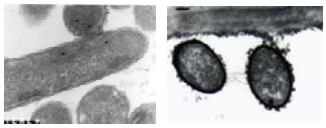
Microorganisme celulolitice termofile aerobe. Ciuperci

- ***Humicola, Thermomyces***

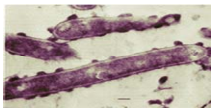


Bacterii celulolitice termofile anaerobe

Clostridium thermocellum



Clostridium thermocellulolyticum



BIOCHIMIA DESCOMPUNERII CELULOZEI. HIDROLIZA CELULOZEI.

Celuloza nativă nu este solubilă în apă.

Celuloza este degradată de un sistem **enzimatic extracelular (celulază)** care difuzează în mediu sau rămâne în zona de contact dintre celule şi fibrele celulozice (la Cytophaga).

Celulaza poate fi enzimă constitutivă sau indusă în prezenţa celulozei:

Celulază

CELULOZĂ ----------→ CELOBIOZĂ, GLUCOZĂ

1. Mecanismul hidrolizei enzimatice.

Unele celulaze atacă legăturile **β-glucozidice** din interiorul catenelor de celuloză (endocelular). Se formează celulodextrine.

Alte celulaze (**exocelulaze**) atacă legăturile β-glucozidice de la capătul nereducător al lanţului, când se **scindează succesiv câte o moleculă de celobioză.**

2. Descompunerea zaharurilor reducătoare

Zaharurile reducătoare, în special **glucoza şi celobioza**, servesc ca sursă de carbon şi energie pentru microorganismele celulolitice. Numai o parte se asimilează sub forma de substanţe celulare; o altă parte se eliberează ca produşi finali de descompunere.

În condiţii aerobe apar CO_2, H_2O,
mici cantităţi de acizi organici (acizi acetic, formic).

În condiţii anaerobe produşii finali sunt: CO_2, H_2O, H_2
Şi **acizi organici in cantităţi mari (acetic, formic, lactic, butiric)**
şi cantităţi mici de **alcool etilic**.

3. Descompunătorii hemicelulozelor

4. Microorganisme pectinolitice

5. Microorganisme amilolitice

3. Descompunatorii hemicelulozelor

Ciuperci:
- Rhizopus
- Aspergillus
- Penicillium

Bacterii:
- Bacillus
- Pseudomonas
- Clostridium
- Azotobacter
- Sporocytophaga myxococcoides

https://www.google.ro/search

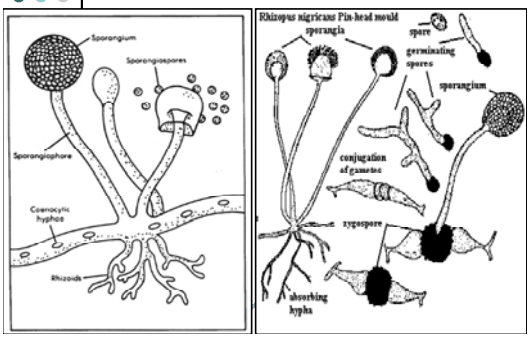
A.Hemicelulozele

- **Sunt polizaharide** care însoţesc celuloza în plantele verzi. Se găsesc şi în ciuperci.
- **Sunt pentozane sau hexozane**.
  Din pentozane fac parte **xilanul şi arabanul**.
  Din hexozane fac parte **mananele, glucomananele, galactanele**.
- **Cantitatea hemicelulozelor în resturile vegetale** : **6-30% din greutatea uscată** în funcţie de specie şi vârsta plantei.
- **Descompunerea hemicelulozelor** a fost dovedită prin experienţa: la sol s-au adăugat hemiceluloze purificate; solul s-a pus la incubat; **s-a determinat CO_2** constatându-se creşterea degajării lui datorită descompunerii hemicelulozelor.

B. Microorganisme hemicelulolitice
Ciuperci: ***Rhizopus, Apergillus, Penicillium***;
Actinomicete;
Bacterii: ***Bacillus, Pseudomonas, Clostridium, Azotobacter. Sporocytophaga myxococcoides.***

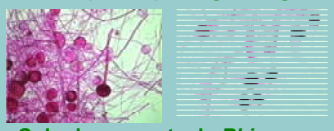
C. Biochimia descompunerii hemicelulozelor.
Hidroliza hemicelulozelor, sub acţiunea enzimelor extracelulare numite **hemicelulaze**. Ex. **Xilanaza** este de tip endo: scindează hidrolitic legăturile β-xilozidice din interiorul catenelor de xilan, producând oligoxiloze şi xiloză.
Descompunerea zaharurilor reducătoare.
În condiţii aerobe, produşii finali sunt CO_2 şi H_2O.

Ciuperci hemicelulozolitice: Rhizopus

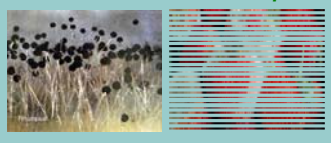


Ciuperci hemicelulozolitice

- Rhizopus - sporangii si zigoti

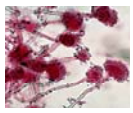


Colonie asexuata de *Rhizopus*

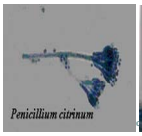


Ciuperci hemicelulozolitice:

- Aspergillus terreus



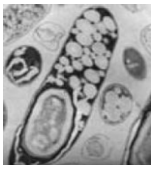
- Penicillium



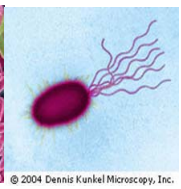
6

Bacterii hemicelulozolitice:

- Bacillus

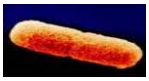


- Clostridium



- Pseudomonas

Azotobacter



8

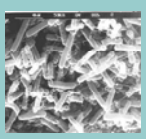
https://www.google.ro/search

4. Microorganisme pectinolitice

- **Anaerobe**
- Clostridium aurantybutiricum
- Clostridium felsineum
- **Aerobe**
- **Bacterii:**
- Bacillus polymixa
- Bacillus macerans
- Pseudomonas
- Arthrobacter
- Corynebacterium
- **Actinomicete:**
- Micromonospora
- **Ciuperci:**
- Aspergillus
- Fusarium
- Alternaria
- Botrytis
- Monilia

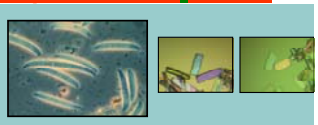
Bacterii pectinolitice anaerobe

- **Clostridium aurantybutiricum**
- **Clostridium felsineum**



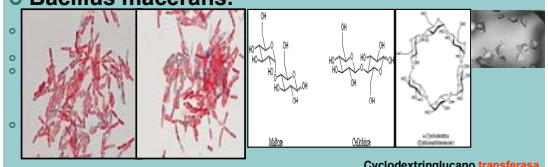
Microorganisme pectinolitice aerobe

- **Bacterii:**
- Bacillus polymixa



Cristales de proteasa neutra de *B.polymixa*
(https://www.google.ro/searchCristales+de+proteasa+neutra

- Bacillus macerans.



Cyclodextringlucano transferasa
https://www.google.ro/search

Bacterii pectinolitice aerobe
Corynebacterium

- *Corynebacterium glutamicum*

- *Pseudomonas*

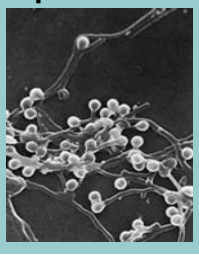
Bacterii pectinolitice aerobe
Arthrobacter aurescens

- Phases of Growth
  - Early Phase
  - Late Phase

Arthrobacter aurescens

Microorganisme pectinolitice aerobe
Actinomicete:

- Micromonospora



Ciuperci pectinolitice aerobe

- Aspergillus
  - A.fumigatus
- Fusarium
- Alternaria
- Botrytis
- Monilia

https://www.google.ro/search

Microorganisme pectinolitice

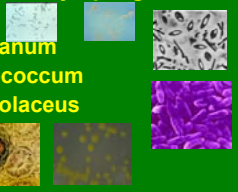
In practică, *produc topitul biologic al plantelor textile, in, cânepă.*
Se izolează din sol, pe medii nutritive lichide (conţinând pectină purificată ca singură sursă de C şi energie) sau pe medii de apă cu tulpini de in, prin însămânţare cu grăuncioare de sol sau diluţii de sol. Rezultă culturi îmbogăţite cu care se face însămânţarea pe medii gelozate care conţin pectină purificată sau plante textile mărunţite. Se dezvoltă microorganisme pectinolitice.
Bacterii pectinolitice :
Anaerobe (principali agenţi de descompunere a subst. pectice): *Clostridium aurantibutyricum, Clostridium felsineum.*
Aerobe: *Bacillus polymixa, Bacillus macerans, Pseudomonas, Arthrobacter, Corynebacterium* etc.
Actinomicete: *Streptomyces, Micromonospora.*

5. Microorganisme amilolitice

- **Bacterii:**
  - Bacillus, Clostridium, Pseudomonas,
  - Chromobacterium, Flavobacterium,
  - Serratia, Cytophaga
  - Azotobacter chroorococcum
  - Clostridium pasteurianum
  - Clostridium acetobutilicum (maltaza)
- **Actinomicete:**
  - Streptomyces, Nocardia, Micromonospora
- **Ciuperci:**
  - Aspergillus, Fusarium, Rhyzopus
  - Aspergillus niger (amilaza),

Bacterii amilolitice :

- Bacillus, Pseudomonas, Cytophaga
- Clostridium,
- Clostridium pasteurianum
- Azotobacter chroorococcum
- Chromobacterium violaceus
- Flavobacterium



Serratia
- *Serratia liquefaciens*

Serratia marcescens

https://www.google.ro/search

DESCOMPUNEREA AMIDONULUI

A. Descompunerea amidonului în sol este mai rapidă decât a celulozei, hemicelulozelor, substanţelor pectice.
Amidonul conţine două componente:
1. Amiloza, polimer liniar al glucozei, cu legături **α-1,4**, grad de polimerizare 200-1000.
2. Amilopectina, ca şi glicogenul, este un polimer ramificat al glucozei, grad de polimerizare 1000 – 30 000.
În părţile lineare, legăturile sunt de tip **α-1,4,** iar ramificările se produc prin legături de **tip α-1,6**.
Conţine resturi de **acid fosforic, Ca, Mg.**

B. Microorganisme amilolitice. Se izolează din sol, pe medii nutritive lichide sau solide (conţinând agar, silicagel), prin însămânţare cu grăuncioare de sol sau diluţii de sol. Rezultă culturi îmbogăţite microorganisme amilolitice.
Descompunerea amidonului se urmăreşte cu soluţie Lugol.

Bacterii amilolitice: ***Bacillus, Clostridium, Chromobacterium, Flavobacterium, Pseudomonas, Serratia, Cytophaga*** etc., ***Azotobacter chroorococcum, Clostridium pasteurianum.***
Actinomicete amilolitice: ***Streptomyces, Nocardia, Micromonospora.***
Ciuperci pectinolitice: *Aspegillus, Fusarium, Rhyzopus* etc.

C.BIOCHIMIA DESCOMPUNERII AMIDONULUI

1.Hidroliza amidonului cu enzime constitutive sau induse: **amilazele şi maltaza.**
AMILAZELE:
α amilaza, de tip **endo** (scindează **legături α-1,4 din interiorul lanţurilor**),
β amilaza (la plante), este o enzimă de tip **exo** (scindează legături α-1,4 de la capătul nereducător al lanţurilor lineare), produce: **maltoză şi dextrine libere**.
α şi β amilazele, împreună, formează:
maltoză, glucoză + dextrine limită, maltotrioză.
MALTAZA:
Acţionează asupra legăturilor **α-1,4 din maltoză şi maltodextrine**, producând **glucoză.**
DEXTRINAZA LIMITĂ, scindează legătura **α-1,6 din dextrinele limită**:
Maltaza din ***Clostridium acetobutylicum*** şi
Amiloglucozidaza (glucoamilaza) din ***Aspergillus niger***,
hidrolizează legăturile α-1,4 şi α-1,6 din amidon, producând **glucoză.**

2.Descompunerea zaharurilor reducătoare, glucoză, maltoză.
Aerob →CO2 şi H2O.
Anaerob → prin fermentaţie butirică.

Microorganisme active in descompunerea fructozanelor

Fructozanele – polizaharide din resturi de fructoză.
În plantele superioare se găseşte:
inulina (în Compozite - Inula, Dahlia, Helianthus tuberosus)
din resturi de fructoză cu legături β - 2,1.
fleina (din Phleum), **triticina, irisina, asparagozina** .
din resturi de fructoză cu legături β - 2,6.
Biochimia descompunerii fructanelor
1.Hidroliza, cu ajutorul fructanhidrolazelor, enzime extracelulare:
- ***Aspergillus fumigatus***

conţine 2,1 fructanhidrolază, rezultă în final **inulobioză.**
- ***Streptomyces***

elaborează o 2,6 fructanhidrolază, rezultă în final **levanbioza**.
- ***Penicillium funiculisum şi Fusarium moniliforme***,

conţin 2,1 şi 2,6 fructanhidrolaza, produce în final fructoză.
2. Descompunerea zaharurilor reducătoare.
- **Aerob → CO_2 şi H_2O. Anaerob → acizi şi alcooli**

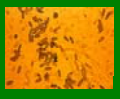
Microorganisme active in descompunerea fructozanelor

Bacterii: ***Pseudomonas, Arthrobacter, Clostridium***
Actinomicete: ***Streptomyces***
Ciuperci:
- **Penicillium**

Penicillium funiculisum

- **Fusarium**

Fusarium moniliforme



- **Aspegillus**

Aspergillus fumigatus

- **Sacharomyces**

Microorganisme active in descompunerea chitinei

Microorganisme chitinoclastice aerobe şi anaerobe
- **106 microorganisme chitinoclastice / 1 g de sol, din care:**
- **90-99% *actinomicete***
  ***(Streptomyces, Nocardia, Micromonospora*)**,
- **2 - 10% bacterii aerobe**
  ***(Pseudomonas, Bacillus, Cytophaga* etc.)**
  şi bacterii anaerobe
  (Clostridium),
- **1% ciuperci (*Mortierella, Trichoderma* etc.)**

După compostarea solului cu chitină, numărul microorganismelor chitinoclastice creşte mult, la 700/g de sol, din care 90% sunt actinomicete.

Microorganisme active in descompunerea gumelor vegetale

Gumele vegetale sunt polizaharide care se produc
- **la plante sănătoase sau**
- **la lezarea ţesuturilor.**

Se umflă în apă şi dau soluţii vâscoase.
Guma arabică,
produsă de *Acacia*,
este formată din resturi de
arabinoză, galactoză, ramnoză, acid glucuronic.
- **Bacterii descompunătoare:**
  ***Pseudomonas, Bacillus, Cytophaga*.**
- **Ciuperci descompunătoare**

Microorganisme active in descompunerea unor polizharide produse de bacterii, ciuperci, licheni

***DEXTRANUL** , polimer ramificat al glucozei (dextrozei), produs de*
Leuconostoc dextranicum, Lmesenteroides, L.citovorum,
descompus hidrolitic de bacterii, actinomicete, ciuperci în sol .

***LEVANUL**, polimer ramificat al fructozei (levulozei), sintetizat de multe specii de bacterii , mai ales de Bacillus;*
descompus de levanazele produse de bacterii, actinomicete, ciuperci.

***GLUCANUL DE DROJDIE**, din peretele celular de Saccharomyces cerevisiae, este degradat în sol.*

***NIGERANUL** produs de Aspergyllus niger.*
polimer liniar al glucozei.

***LICHENINA** din Cetraria islandica*
este descompusă în sol de lichenază

Microorganisme active in descompunerea unor polizharide produse de alge

***LAMINARINA** ,polimer al glucozei*
produs al algei brune
Laminaria

ACIDUL ALGINIC
din alge brune, de[illegible]pus în sol, în apa de mare de:
bacteriile A.nonfermentans Alginomonas alginica, Beneckea alginica.

***AGAR-AGARUL** produs de alge roşii-Gelidium*
este hidrolizat de bacterii
din apa de mare, din algele marine şi sol .

Microorganisme active in descompunerea

ligninei

Microorganisme ligninoclastice

- **1. Ciupercile**

(mai ales cele ce produc putregaiul alb al lemnului şi care atacă şi celuloza).

- Tipul ***Polyporus versicolor***

– atacă la început lignina, apoi celuloza.

- Tipul ***Armillaria vera***

– atacă la început celuloza apoi lignina.

- Tipul ***Ganoderma applanatum***

– atacă simultan lignina şi celuloza.

- **2. Bacteriile**
- acţionează în condiţiile anaerobe şi termofile.

Ciuperci active in descompunerea ligninei

- ***Polyporus*** **(*Trametes*)** ***versicolor***

Armillaria

Ganoderma applanatum

https://www.google.ro/se

Microorganisme active in descompunerea

PROTEINELOR DIN RESTURI VEGETALE, ANIMALE ŞI MICROORGANISME

- **Bacterii proteolitice**
  - **Bacterii obligat aerobe (Sporulate, Nesporulate).**
  - **Bacterii facultative anaerobe.**
  - **Bacterii obligat anaerobe.**
- **Actinomicete proteolitice.**
- **Ciuperci proteolitice**

Microorganisme active in descompunerea

PROTEINELOR DIN RESTURI VEGETALE, ANIMALE ŞI MICROORGANISME

Bacterii proteolitice

- Bacterii **obligat aerobe**,

sporulate:

Bacillus cereus var. mycoides,

Bac.subtilis,

Bac.megaterium,

Bac thermoproteoliticus;

nesporulate:

Serratia marcescens, Arthrobacter;

Microorganisme active in descompunerea

PROTEINELOR DIN RESTURI VEGETALE, ANIMALE ŞI MICROORGANISME

- Bacterii **facultative anaerobe**:

Proteus vulgaris

Pseudomonas fluorescens

- Bacterii **obligat anaerobe**:

Clostridium putrefaciens.

- ***Bacillus cereus var. mycoides***, este cea mai activă bacterie proteolitica, **pe medii de cultură**,
- ***Proteus vulgaris,*** cea mai activă **în sol**, în condiţii naturale,

Microorganisme active in descompunerea

PROTEINELOR DIN RESTURI VEGETALE, ANIMALE ŞI MICROORGANISME

Actinomicete proteolitice:

Streptomyces violaceus

Micromonospora chalcea

- **Ciuperci** proteolitice

(produc mult acid care neutralizează amoniacul):

Penicillium- *Penicillium janthinelum*

Aspergillus- *Aspergillus niger*

Mucor- *Mucor pusillus*

Rhyzopus,

Alternaria etc.

Microorganisme descompunătoare a aminoacizilor

- bacterii

- ***Bacillus, Clostridium, Arthrobacter***,
- actinomocete

– ***Streptomyces,***

- ciuperci

– ***Aspergillus, Penicillium, Cephalosporium***, ***Mucor, Fusarium*** etc

Microorganisme active in

- **DESCOMPUNEREA LIPIDELOR DEŢINĂTOARE DE AZOT**

Cefalinele, lecitinele, din resturi organice sunt hidrolizate enzimatic rezultând glycerol, acid gras, o-fosfat şi un compus cu azot : colamină, colină.

Artrobacteriile descompun colina până la glicină prin două oxidări successive şi 3 demetilări.

- **DESCOMPUNEREA GLUCIDELOR CU AZOT**

Chitina, mureina – mucopeptid sau peptidoglucan din peretele bazal cellular al eubacteriilor, este un aminopolizaharid.

Se descompun in sol, produşii finali fiind: $NH_3+2CO_2+H_2O$

- **DESCOMPUNEREA CREATININEI**
- Hidrolizarea creatininei → creatină → uree şi sarcozină →
- → demetilare la glicină → $NH_3+2CO_2+H_2O$

Microorganisme active in descompunerea UREEI

- Se face în sol sub acţiunea **urobacteriilor, actinomicetelor şi ciupercilor.**

În 1866 Pasteur a numit bacteria descompunătoare:

- ***Torula ammoniacale.***
- ***Bacillus pasteuri şi Sporosarcina ureae***

sunt rezistente la pH alcalin.

Descompun urea provenită

- **din metabolismul azotului la mamifere (urină),**
- **din unele ciuperci,**
- **din sol – ureea formată în cursul descompunerii bazelor purinice şi pirimidinice, a argininei şi creatininei,**
- **din îngrăşăminte sintetice.**

Ureaza microorganismelor şi ureaza acumulată în sol este descompusă la ammoniac şi acid carbonic.

Microorganisme active in descompunerea ALCALOIZILOR

Cafeină, teofilină, teobromină , nicotina, atropina, chinina

Alcaloizii provin din resturi de plante:

- din cafea – cafeină,
- din ceai – teofilină,
- din cacao – teobromină. A
- Iţi alcaloizi sunt: nicotina, atropina, chinina.

Microorganisme din sol:

bacterii

Pseudomonas putida, Ps fluorescens, Bacillus coagulans,

ciuperci - *Penicilium*, folosesc alcaloizii ca sursă de C şi energie.

Alţi compuşi cu azot sunt de asemenea descompuşi de microorganismele din sol: vitamine, antibiotice, clorofile, medicamente, pesticide, cploranţi artificiali.

TRANSFORMĂRILE BIOTICE ALE AMONIACULUI

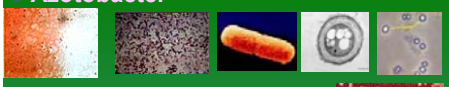
- *NH_3, sărurile de amoniu sunt asimilate de microorganisme.*
  - *NH_3 este oxidat la acid azotic şi nitraţi*
  - **Amonificarea** în sol.-descompunerea compuşilor organici cu azot, eliberând azotul ca amoniac.
  - **Nitrificarea** – oxidarea amoniacului la nitriţi în sol.
  - **Denitrificarea** – reducerea nitriţilor la N organic.
  - **Fixarea biologică a azotului molecular**:
- 1. Bacterii fixatoare de N_2 liber :
- Azotobacter, Azomonas, Klebsiella,
- Bacillus, Clostridium, Cianobacterii.
- 2. Fixarea simbiotică a N_2 în nodozităţi de către Bacterii, Actinomicete, Cianobacterii.

Concluzii:

- Plantele verzi **asimilează azotul** sub formă minerală (săruri de amoniu, nitraţi) transformandu-l in azot organic.
- Microorganismele din sol şi din ape **descompun compuşii organici cu azot**, eliberând azotul ca **amoniac** ***(=amonificarea)***
- **Amoniacul** este oxidat până **la nitraţi**, sub acţiunea microorganismelor nitrificatoare ***(= nitrificare)***
- Nitraţii pot fi reduşi la N_2 ***(= denitrificare)***
- Leguminoasele utilizează şi N_2 prin microorganismele simbionte din nodozităţile radiculare ***(= fixarea simbiotică a N_2)***

Fixarea biologică a azotului molecular
1. Bacterii fixatoare de N_2 liber

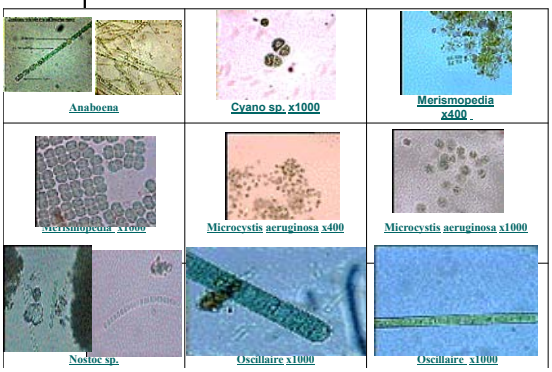
- Azotobacter



- Azomonas,
- Klebsiella,

- Bacillus, Clostridium, Cianobacterii.

Cianobacterii fixatoare de N_2 liber



https://www.google.ro/search

Microorganisme active in descompunerea

- **lipidelor**
- **hidrocarburilor alifatice**
- **hidrocarburilor aromatice**
- **fenolilor, acizilor aromatici**
- **cauciucului**
- **maselor plastice**
- **pesticidelor**

Microorganisme active in descompunerea lipidelor

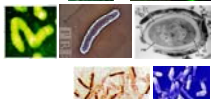
MICROBIOTA LIPOLITICA :

- Bacterii aerobe :

micobacteriile saprofi

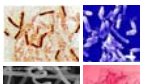
- ***Mycobacterium***
- ***Pseudomonas fluorescens***

- ***Bacterium megaterium***



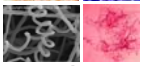
- ***speciile de Bacillus***

- Bacterii anaerobe:



- Clostridium sporogenes

- Actinomicete: ***- Nocardia***



- Ciuperci : ***mucegaiuri şi drojdii (levuri).***

Microorganisme active in descompunerea sterolilor

Colesterolul este degradat de:

- **Actinomicete -** ***Nocardia***
- **Bacterii -** ***Pseudomonas***
  - ***Bacillus***
- **Mucegaiuri**
- **Drojdii**.

Microorganisme active in descompunerea HIDROCARBURILOR ALIFATICE

CH_3- CH_3 (etan), CH_2= CH_2 (etilenă), CH_3- CH_2- CH_3 (propan), CH_3- CH = CH_2 (propilenă), CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 (n-butan)

- DESCOMPUNEREA METANULUI - un proces de oxidare sub acţiunea microorganismelor specializate, care oxidează şi metanolul.
- 1. Microorganisme metilotrofe:
  Methylomonas, Methylococcus, Methylosinus
- 2. Micobacterii
- 3. Ciuperci: *Cephalosporium, Penicillium janthienellum.*
- CH_4 → CH_3-OH → H_2C = O → HCOOH → CO_2 + H_2O
  Metan → methanol → formaldehidă → acid formic → CO_2 + H_2O

DESCOMPUNEREA ETANULUI, PROPANULUI, N-BUTANULUI
- un proces de oxidare, sub acţiunea microorganismelor din sol:
micobacterii, nocardii, pseudomonade, flavobacterii, micrococi.

Microorganisme metilotrofe

1. Bacterii

- *Methylomonas methanica*

M.pelagica *M.scandinavica*

Methylococcus capsulatus

Methylosinus

2. Micobacterii

3. Ciuperci: *Cephalosporium, Penicillium janthienellum*

2. Descompunatorii etanului, propanului, n-butanului

micobacterii, nocardii, pseudomonade flavobacterii, micro

www.wasser-wissen.de/lp/pseudomonaden.htm

Descompunerea hidrocarburilor superioare:

Parafine si hidrocarburi din ţiţei, benzină, petrol

Hidrocarburile superioare ajung în sol şi ape ca poluanţi. Ele sunt descompuse sub acţiunea unor

- **bacterii obligat sau facultativ aerobe :**
  Mycobacterium paraffinicum,
  Corynebacterium petrophilum,
  Pseudomonas desmolytica,
  Pseudomonas fluorescens etc.
- **bacterii obligat anaeobe :**
  Desulfovibrio desulfuricans

- **actinomicete** Nocardia paraffinae
- **drojdii** Candida lipolytica
  Candid[illegible]picalis

- **mucegaiuri.**

https://www.google.ro/search

Degradarea hidrocarburilor aromatice

- 1. Benzen, toluen, naftalina, antracen, fenantren:

Bacterii:
Bacterium benzoli
Bacterium toluoli
alte specii:
Mycobacterium
Pseudomonas etc.
Actinomicete
Ciuperci

Degradarea hidrocarburilor aromatice

- 2. Fenolul, crezolul, acidul benzoic:

Bacterii:
Mycobacterium
Pseudomonas fluorescens
Vibrio cyclosites
Actinomicete :
Nocardia,
Ciuperci.

Degradarea cauciucului

In special fungii, dar şi bacteriile, actinomicetele pot să degradeze cauciucul. Cauciucul natural se degradează mai uşor decât cel sintetic.

Microorganisme active in descompunerea maselor plastice

Clorura de Polivinil (PVC) era cunoscută ca fiind nedegradabilă de microorganisme.

Savantul român **Olga Săvulescu** a evidenţiat o **ciupercă** care foloseşte **PVC** ca sursă de C şi energie,

deci PVC este biodegradabil

Microorganisme active in descompunerea pesticidelor

Prima demonstrare a descompunerii metabolice a pesticidelor s-a realizat în 1951, la
Arthrobacter globiformis, descompunător al 2,4-D.
Alte bacterii,
Actinomicete,
Mucegaiuri, drojdii
produc descompunerea pesticidelor
Algele şi protozoarele interferează în acest proces.
Capacitatea microorganismelor de descompunere a pesticidelor este limitată.
Unele pesticide sunt descompuse lent.
(Ex. DDT persistă aerob în sol 24 ani.)

Exemple de descompunere microbiană a pesticidelor

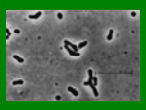
Microorganisme descompunătoare:

- **bacterii:**
  Arthrobacter
  Achromobacter
  Corynebacterium
  Pseudomonas
  Flavobacterium
- **actinomicete:** ***Nocardia***
- **ciuperci :** ***Aspergillus.***

Exemple de descompunere microbiană a pesticidelor

1. **2,4D = acidul 2,4 – diclorfenoxiacetic** este un erbicid care, în doze uzuale se descompune în sol, în 4-18 săptămâni.

Bacteria descompunătoare:
Arthrobacter globiformis



Mecanismul: 2,4D → 2,4 diclorfenol → 3,5 diclor pirocatechină→ acid 2,4 diclor cis-cis-muconic, prin scindarea ciclului în poziţia Orto.

Exemple de descompunere microbiană a pesticidelor

- **2. Lindanul = izomerul γ al hexaclorciclohexanului**,
  este degradat prin dehidrohalogenare
  în γ –2,3,4,5,6 pentaclorciclohex 1-enă →
  $\rightarrow CO_2 + H_2O + Cl$.

Escherichia coli şi Chlostridium
metabolizează lent lindanul,
unul din produşii metabolici fiind benzenul:
hexaclorciclohexan → tetraclor benzen + clor benzen + benzen + Cl- .

Exemple de descompunere microbiană a pesticidelor

- **Clorfenolii** din fungicide sunt descompuşi de **bacterii şi ciuperci - *Trichoderma viride*** *spori*

- **Nematocidul 1,2–dibrometan**

este dehalogenat, microorganismele eliberând etilenă şi Br.
Br-CH2 - CH2-Br → CH2 = CH2 + 2 Br

https://www.google.ro/search

- **Biochimia descompunerii microbiene a pesticidelor**
- Reacţii de bază catalizate enzimatic:
- Oxidarea;
- Dezalchilarea;
- Dehalogenarea;
- Reducerea;
- Hidroliza aminelor şi esterilor;
- Scindarea ciclurilor aromatice;
- Conjugarea şi condensarea.

LUCRAREA PRACTICĂ 4.

METODICA DE CERCETARE SI EFECTUAREA INVESTIGATIILOR DE MEDIU (BIOTIC/ABIOTIC PENTRU STUDIUL BIOTEHNOLOGIILOR AMBIENTALE.

Etape:
A. Scopul investigatiei? Ipoteza de lucru? Documentatia asupra problemei de poluare: sursele de poluare, istoricul poluarii, nivelul de poluare.
B. Efectuarea investigatiilor in teren si in laborator asupra probelor de mediu biotic si de substrat.

Pentru începutul studiului se precizează urmatoarele :

1) **Care este scopul investigatiei?**
   Exemplu: – Scopul investigatiei este evaluarea de mediu a biotehnologiei aplicate (prin masurarea parametrilor fizico-chimici, biologici).

2) **Care este ipoteza de lucru?**
   Exemplu: – Presupunem ca biotehnologia aplicata sau studiata are impact favorabil asupra zonei poluate sau a substratului poluat.

3) **Documentatia asupra problemei de poluare: cunoasterea surselor de poluare, istoricul poluarii, stabilirea gradului de poluare prin analize fizico-chimice si biologice.**
   Comparativ cu legislatia privind limitele de poluare admise ale solului, apei, aerului (pH, CE, potential redox, salinitate, TDS, anioni, cationi, metale grele etc).

4) **Efectuarea investigatiilor in teren:**
   Investigatiile asupra mediului biotic:
   - **investigarea speciilor semnalate in probele de mediu recoltate din zona care ne intereseaza, comparativ cu lista speciilor din publicatiile de specialitate (botanica, zoologie) privind zona;**
   - **prelevarea probelor biologice si de substrat din mediu;**
   - **efectuarea fotografiilor in zona studiata si apoi in laborator pe experimente, la microscopul biologic, la stereomicroscop.**

LUCRAREA PRACTICĂ 5

BIOMONITORIZAREA CU *LEMNA MINOR*

Instalarea experimentului de biomonitorizare in laborator cu *Lemna minor* pentru studiul apelor de suprafata poluate. Investigatiile de ecotoxicologie si de parametrii fizico-chimici ai apei/Ord. 261/2006.
(pH, salinitate, conductibilitate electrica, potential redox, total solide dizolvate, anioni, cationi, metale grele).
Studiu de caz: Experimentul de monitorizare cu *Lemna minor* a probelor de apă de la Roşia Poieni.
Sinteza datelor in TABELE si in PLANSE cu fotografiile din experiment.

Instalarea experimentului de biomonitorizare in laborator cu *Lemna minor* pentru studiul apelor de suprafata poluate.

Este important pentru investigatiile de ecotoxicologie. Se poate descrie prin analiza parametrilor fizico-chimici ai apei / Ord. 261/2006 pentru calitatea apelor de suprafata privind cele 5 clase. Acest ordin prezinta limitele admise ; indica starea ecologica a apelor respective, prezinta si lista speciilor de vietuitoare din apele de suprafata.

ETAPE:

1. Pregatirea vaselor cu probele de apa – vase de 100ml - pentru masuratori fizico-chimice (pH, salinitate, conductibilitate electrica, RedOx, total solide dizolvate, anioni, cationi, metale grele).

2. Amplasarea unei cantitati egale de Lemna minor in variantele cu probe de apa pentru biomonitorizarea impactului poluarii asupra plantelor.

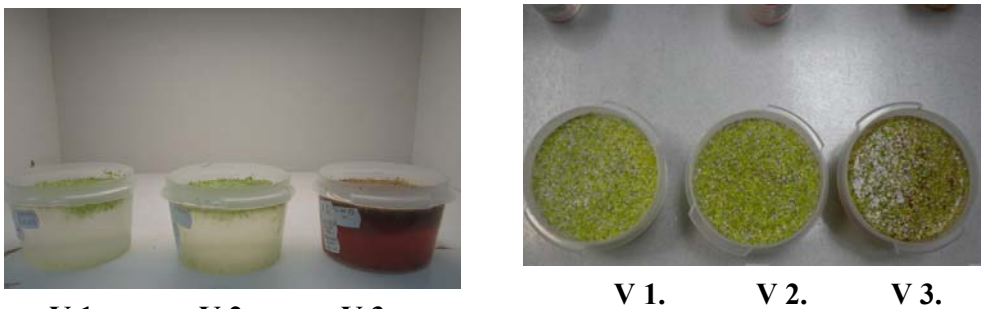
3. Notarea in table a numarului de frunze de Lemna / cm^2 : viabile (verzi) si moarte (ingalbenite) pentru calcularea mortalitatii in evolutia de timp a dezvoltarii simptomelor de atac.

Studiu de caz :

Experimentul de monitorizare cu *Lemna minor* a probelor de apă de la Roşia Poieni. Verificarea experimentului. Notarea impactului poluarii exprimat in % mortalitate la *Lemna minor.* TABELE.

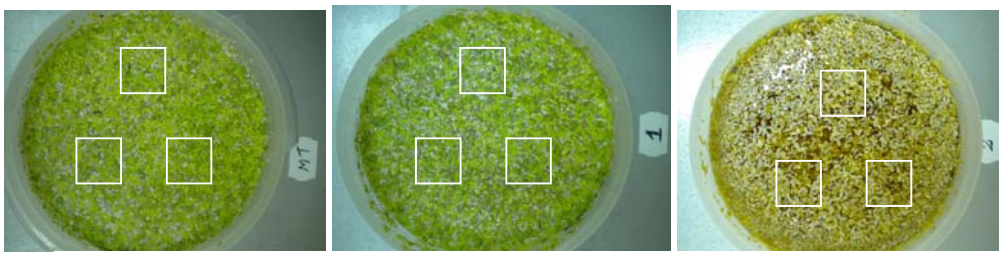
Experimentul de monitorizare cu *Lemna minor* a probelor de apă de la Roşia Poieni (28.04.2013) a cuprins variantele : V1: Martor (apă plată) pentru Iaz Valea Şesii; V2: A1 Iaz Valea Şesii NORD; V3: A2 Iaz Valea Şesii SUD (apă roşie), (Dupa Ferendino Andrei, 2013. Lucrare de licenţă: "*Studiu asupra impactului de mediu şi asupra posibilităţilor de reconstrucţie ecologică în zona exploataţiei de cupru Roşia Poieni, jud. Alba"*. Indrumator stiintific: dr.Dana Malschi, Facultatea de stiinta si ingineria mediului, UBB Cluj-Napoca

Imaginile din laborator din 3-6-13.06.2013 evidenţiază fitotoxicitatea apei din V 3 asupra plantelor de *Lemna minor,* mortalitatea acestora fiind de 100 % (Fig. 1, 2, 3.)



V 1. V 2. V 3. V 1. V 2. V 3.

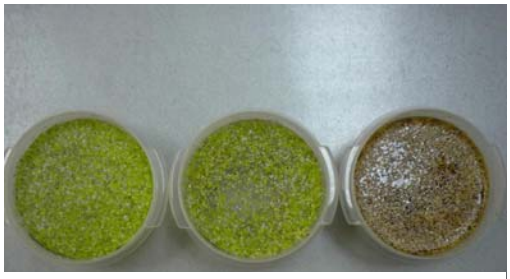
Fig. 1 . Monitorizarea cu *Lemna minor* a probelor de apa recoltate de la Iazul Valea Şesii al exploataţiei miniere Roşia Poieni în 28.04.2013. V1=Martor (apă plată); V2=proba A1 din Iazul Valea Şesii NORD; V3=probaA2 din Iazul Valea Şesii SUD (Imagini din laborator - 3.06.2013).



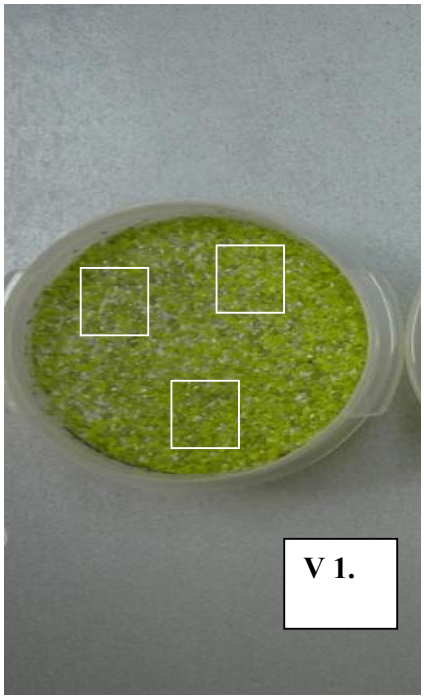
V 1. V 2. V 3.

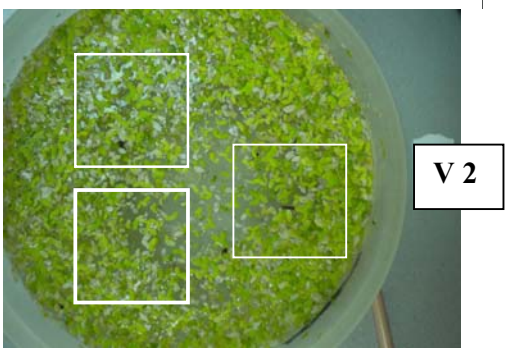
Fig. 2 . Monitorizarea cu *Lemna minor* a probelor de apa recoltate de la Iazul Valea Şesii al exploataţiei miniere Roşia Poieni în 28.04.2013. V1=Martor (apă plată); V2=proba A1 din Iazul Valea Şesii NORD; V3=proba A2 din Iazul Valea Şesii SUD (Imagini din laborator, după 3 zile de la începerea monitorizării - 6.06.2013).

V 1. V 2. V 3.



V 1. V 2. V 3.





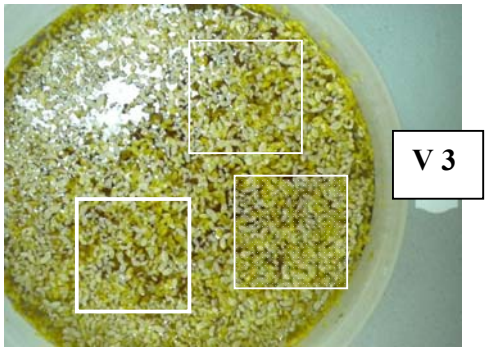


Fig. 3 . Monitorizarea cu *Lemna minor* a probelor de apa recoltate de la Iazul Valea Şesii al exploataţiei miniere Roşia Poieni în 28.04.2013. V1=Martor (apă plată); V2=proba A1 din Iazul Valea Şesii NORD; V3=proba A2 din Iazul Valea Şesii SUD (Imagini din laborator, după 10 zile de la începerea monitorizării - 13.06.2013).

Tabel nr. 1. Impactul poluării apei asupra mortalităţii (%) plantelor de *Lemna minor* evidenţiate în experienţele de biomonitorizare (3-13.06.2013). V1=Martor (apă plată); V2=proba A1 din Iazul Valea Şesii NORD; V3=proba A2 din Iazul Valea Şesii SUD.

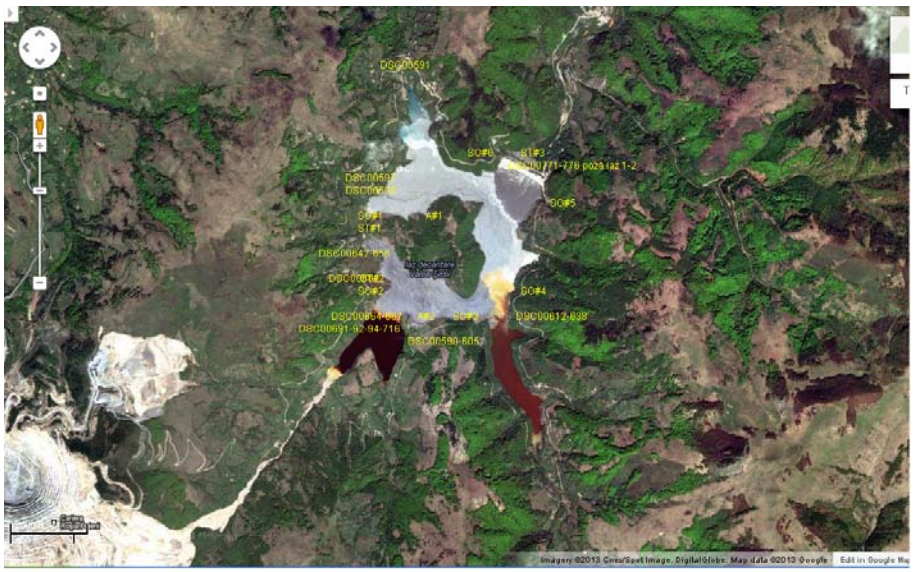
	Nr.plante de *Lemna minor /suprafaţa careului de notare*								% morta-litate
	R1		R2		R3		Media		
	Verzi	Moarte	Verzi	Moarte	Verzi	Moarte	Verzi	Moarte	
Instalarea biomonitorizării (03.06.2013)									
După 3 zile de biomonitorizare (6.06.2013)									
V1=Martor (apă plată)	78	11	31	9	39	8	45	9	16,66
V2=Iaz Valea Şesii NORD	32	15	30	11	26	10	29	12	29,26
V3=Iaz Valea Şesii SUD	26	18	31	12	28	13	28	14	33,33
După 10 zile de biomonitorizare (13.06.2013)									
V1=Martor (apă plată)	39	11	43	13	41	11	41	12	22,64
V2=Iaz Valea Şesii NORD	32	34	45	34	44	23	40	30	42,85
V3=Iaz Valea Şesii SUD	72	72	51	51	53	53	59	59	100,0

Tabel nr. 2. Parametrii de calitate ai apei din probele recoltate de la Iazul Valea Şesii al exploataţiei miniere Roşia Poieni (28.04.2013) şi supuse experimentului de bioremediere cu *Lemna minor* (03.06.-13.06.2013). Inainte de bioremediere (03.06.2013); B. După bioremediere (13.06.2013). (Multiparametru laborator LIAS)

Varianta	pH	t ^{o} C	Eh (mV)	CE (µS/cm)	TDS	Salinitate (‰)
A. Inainte de bioremediere (03.06.2013)						
V1=Martor (apă plată)	6,74	18,7	- 3,2	83,1	0,0	0,0
V2=Iaz Valea Şesii NORD	7,48	18,7	- 45,0	266,0	13,0	0,0
V3=Iaz Valea Şesii SUD	2,54	19,5	230,6	6410,0	320,0	3,5
B. După bioremediere (13.06.2013)						
V1=Martor (apă plată)	7,10	21,8	- 21,7	134,10	0,0	0,0
V2=Iaz Valea Şesii NORD	7,13	21,8	- 26,3	320,0	0,0	0,0
V3=Iaz Valea Şesii SUD	2,53	21,8	234,7	6830,0	160,0	3,7

Tabel 3. Fitoextracţia de metale grele (µg/L) cu *Lemna minor* din probe. A.= Inainte de fitoextractie (3-4.06.); B.= Dupa fitoextractie (13-22.06.), 2013.								
		Ni	Cd	Cr	Cu	Zn	Pb	Fe
V1=Martor (apă plată)	A.			-	-	1,00	-	
	B.	-	-	-	-	-	-	-
V2=Iaz Valea Şesii NORD	A.			-	8,827	13,83	69,35	281,9
	B.	-	-	-		11,30	-	196,5
V3=Iaz Valea Şesii SUD.	A.	487,4	248,3	-	27 420,00	5 212,00	205,30	22 610,0
	B.		234,0	-	-	5 287,00	203,00	22 680,0

Metale grele/limita maxima pentru apa de suprafata/Clasele de calitate I-V/Ordinul 161/2006						
Indicatorul de calitate	U/M	I	II	III	IV	V
Cupru (Cu^{2+})	µg/L	20	30	50	100	> 100
Zinc (Zn^{2+})	µg/L	100	200	500	1000	> 1000
Plumb (Pb)	µg/L	5	10	25	50	> 50
Cadmiu (Cd)	µg/L	0,5	1	2	5	> 5
Nichel (Ni)	µg/L	10	25	50	100	> 100
Fier total (Fe^{2+} + Fe^{3+})	µg/L	300,0	500,0	1000,0	2000,0	> 2000,0



Localizarea punctelor de prelevare a probelor în perimetrul Iazului Valea Şesii, Dupa Ferendino, 2013 (Google Earth,2013)

LUCRAREA PRACTICĂ 6

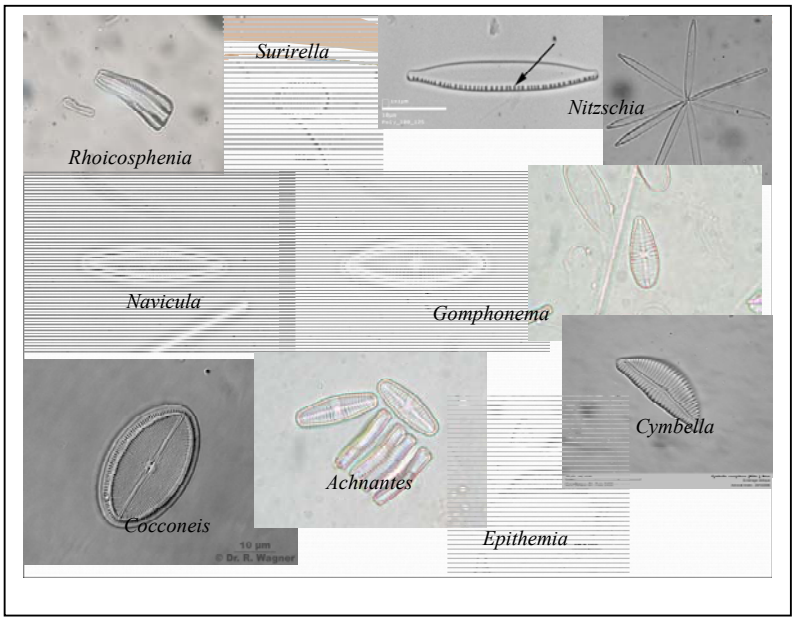
BIOMONITORIZAREA CU DIATOMEE *(BACILLAROPHYCEEAE)* ALTI BIOINDICATORI DE POLUARE IN APELE DULCI

Monitorizarea diatomeelor in ape de suprafata

(cu contribuţia drd. Adriana Olenici, FSIM, UBB Cluj).

Diatomeele -alge silicioase specifice mediului acvatic (fitoplancton, bentos);
- forme unicelulare =>sau de colonii; -sunt fotosintetizante => producând 25% din oxigenul de pe Terra.

Genuri des intalnite:
-Nitzschia
-Navicula
-Gomphomena
-Surirella
-Cymbella
-Epithemia
-Cocconeis
-Hantzchia
-Achnanthes
-Pinularia
-Rhoicosphenia



Importanta:
-Raspandite in ape dulci si marine. Specii cosmopolite + endemice.
-Sunt atasate de substrat => sunt influentate de factori biotici si abiotici.
-Sunt folosite pentru identificarea cazurilor de degradare si de saprobitate a apei = cantitatea de materie organic din apa.Tipuri: -Xenosaprobe, oligosaprobe, mezosaprobe, polisaprobe.
Indicele de saprobitate a apei ridicat indica o poluare ridicata. (indicele biologic de diatomee).

În functie de saprobitatea apei, se întalnesc următoarele grupe de diatomee:
- xenosaprobe – trăiesc în ape curate;
- oligosaprobe – trăiesc în ape slab impurificate, în care materia organică a fost aproape total mineralizată (*Cymbella amphicephala, Diploneis elliptica*);
- mezosaprobe – trăiesc în ape cu un conţinut moderat de materie organică; acestea sunt divizate în ape β-mezosaprobe, cu proprietăţi mai apropiate de cele oligosaprobe şi au o biodiversitate ridicată şi α-mezosaprobe, cu o cantitate mai mare de materie organică, mineralizată doar în cantitate mică (*Gyrosigma nodiferum, Navicula gregaria, Navicula lanceolata, Nitzschia amphibia*);
- polisaprobe – trăiesc în ape cu materie organică în exces, cu un conţinut scăzut în oxigen dizolvat (*Gomphonema parvulum, Nitzschia palea, Nitzschia umbonata*).

RECOLTAREA DIATOMEELOR

- **Perioada de recoltare**

Se recomanda ca perioada pentru recoltare perioada cand debitul apei este relativ stabil.

Pentru caracterizarea corespunzatoare a starii ecologice a raurilor si lacurilor este recomandat sa se preleveze cel putin doua probe pe an.

- **Statii de recoltare**

Intrucat diatomeele sunt utilizate in activitatea de monitoring, statiile de recoltare trebuie sa fie identice pentru toate probele fizico-chimice si biologice.

- **Tehnici de recoltare**

Recoltarea de pe suprafete tari naturale

In general, pietrele cu diametru cuprins intre 65 mm si 255 mm sunt substratul preferat pentru recoltare.

Recoltarea de la suprafata substratelor fine

In acest caz recoltarea se poate face direct cu lingurita sau cu seringa.

Recoltarea de probe de pe macrofite si macroalge submerse

Se recolteaza intreaga planta si se pune intr-o punga de plastic pentru a fi transferate in laborator. Pentru a disloca diatomeele atasate se agita puternic plantele in apa distilata intr-un pahar mare. Se scot macrofitele din pahar, se lasa diatomeele sa se decanteze si se indeparteaza supernatantul prin scurgere.

Prepararea lamelor pentru microscop

- **Probele trebuiesc fixate în teren in soluţie de formol 4%. In laborator, după spălări repetate ale materialului în apă distilată pentru eliminarea formolului, se trece la obţinerea preparatelor fixe.**

- **Materialul biologic (suspendat in apă distilată) se incinerează pe lamele timp de 12 - 24 de ore, după care se face fixarea permanentă a lamelelor cu colofoniu. Apoi urmeaza examinarea preparatelor la microscop, in vederea identificarii speciilor (dupa drd. Adriana Olenici, FSIM, UBB Cluj).**

Diatomee. Roşia Montană, 2013

BIOINDICATORI IN APELE DULCI

Macrofite acvatice. O serie de alge, briofite, fanerogane amfibii sau hidrofite prezintă aptitudini accentuate de concentrare în ţesuturi atât a unor elemente minerale (metale grele) cât şi a unor compuşi organici xenobiotici din ape.

Muşchii acvatici cu potenţial de bioacumulare sunt printre alţii: ***Fontinalis, Amblystegium, Rhychostegium, Plathyhypnidium, Cindidotus***.

O serie de cercetări au stabilit că ***Fontinalis squamosa şi Fontinalis antipyretica*** au o capacitate mare de bioacumulare a **Zn** şi altor **metale toxice**. S-a constatat că ultima specie acumulează şi **PCB** sau alţi compuşi organici xenobiotici, sau metale mai rare (concentratii foarte scăzute) ca **Ag, Bi, Sn.**

Alge. Alga roşie ***Lemanea sp.*** este una dintre puţinele macrofite care poate trăi în imediata apropiere a apei dintr-un iaz de steril de la o exploatare de **Pb** din Ţara Galilor. Ea are însuşirea că se poate dezvolta în ape cu concentraţii mari de metale toxice, putând fi găsită în ape cu conţinut de **1,16 mg / L Zn**.

Fanerogame. ***Typha latifolia*** **(papura)** s-a dovedit un bioacumulator eficace al **Zn,** acumulând în rădăcini până la **1400 mg Zn / kg** atunci când plantele au crescut pe sedimente cu conţinut de **10 mgZn/kg de sediment** (Oros, 2002).

Moluşte şi alte nevertebrate acvatice

Moluştele lamelibranhiate constituie bioindicatori excelenţi pentru contaminarea apelor atât a celor continentale cât şi a celor marine. Ele au capacităţi considerabile de bioacumulare şi în plus sunt sedentare ceea ce este foarte util în a detecta şi a localiza mai precis sursa de contaminare. .

In apele dulci, bivalvele (scoicile) de talie mare ca ***Unio*** **(scoica de lac),** ***Anodonta*** **(scoica de râu),** ***Dreissenia*** prezintă un interes deosebit datorită frecvenţei lor relativ mari. La acestea se adăuga unele bivalve de talie mică din mediul dulcicol precum sferiidele: ***Sphaerium, Pisidium***.

Peştii. Speciile de peşti situate la vârful piramidei ecologice, având un regim de **răpitori sau răpitori superiori** sunt susceptibili să prezinte factori de concentrare de 10^5-10^6 în raport cu conţinutul în apă al anumitor contaminanţi minerali sau organici.

Peştii au fost utilizaţi pe scară largă ca bioindicatori de poluare a ecosistemelor acvatice cu **metale grele** sau cu **alte elemente toxice**. Astfel, studiul bioacumulării **Cu** la **păstrăvul curcubeu** ***(Salmo gairdneri)*** a demonstrat o foarte bună corelaţie între concentraţia de Cu din corpul peştelui şi conţinutul din apă .

Ştiuca ***(Esox lucius)*** s-a dovedit un excelent bioindicator pentru monitorizarea poluării ecosistemelor dulcicole cu **mercur.** În acest caz s-a stabilit o corelaţie foarte bună între conţinutul corporal de **Hg** în ştiucă şi conţinutul de Hg în sedimente. Capacitatea sa de bioconcentrare depinde şi de pH-ul apei, fiind mai mare în apele acide.

LUCRAREA PRACTICĂ 7

MODUL DE INVESTIGATIE IN DEPOLUAREA BIOLOGICA A APELOR. STUDIUL EFICIENTEI BIOTEHNOLOGIILOR DE EPURARE A APELOR FORMAREA DE ZONE UMEDE CONSTRUITE

Modul de investigatie pentru studiul plantelor si microorganismelor care au rol in depoluarea biologica a apelor. Evaluarea eficientei biotehnologiilor de epurare a apelor prin studiul parametrilor de calitate ai apelor inainte si dupa bioepurare sau bioremediere.
Studiu de caz : Formarea de zone umede construite = Fitoremedierea cu plante acvatice.

MODUL DE INVESTIGATIE pentru studiul plantelor si a microorganismelor care au rol in depoluarea biologica a apelor.
EVALUAREA EFICIENŢEI BIOTEHNOLOGIILOR APLICATE. Studiul parametrilor de calitate ai apelor ca măsură a eficienţei biotehnologiilor aplicate pentru bioepurare şi bioremediere a apelor. (Analiza parametrilor La recoltare/inainte de bioremediere si dupa bioremedierea in laborator sau in teren: salinitate, pH, potenţial redox, conductivitate, TDS , anioni, cationi, metale grele, Oxigen dizolvat etc.)
FORMAREA DE ZONE UMEDE CONSTRUITE = Fitoremedierea cu plante acvatice.
Apele poluate cu metale grele pot fi eficient tratate utilizînd iazuri de decantare artificiale sau sisteme de zone umede. Îndepărtarea metalelor în aceste sisteme includ următoarele mecanisme: filtrarea şi sedimentarea particulelor în suspensie, adsorbţia, încorporarea în materialul vegetal, precipitarea prin procese biogeochimice mediate de microorganisme. Utilizând un habitat ingineresc şi o biocenoză construită ca instalaţii sau zone de inundare artificiale (zone umede construite - **constructed wetlands**) se poate realiza decontaminarea prin bioremediere a apelor subterane poluate, a apelor uzate şi a eluatelor din soluri contaminate. Metoda poate fi **o alternativă promiţătoare şi economică** fată de tehnologiile de pompare şi tratare sau faţă de barierele reactive. Astfel implementarea unui habitat ingineresc de zone umede construite exploatând principiile degradării biologice sunt aplicabile şi **in situ**, la scară largă sau medie (în instalaţii wetlands mobile) sau în scopul reducerii nivelului de poluare). S-au investigat **beneficiile proceselor anaerobe de reducere a sulfaţilor, reducere a cromului etc.), p**entru fixarea şi precipitarea metalelor grele şi a unor metaloizi (As). S-a demonstrat importanţa biotehnologiile wetland folosite pentru fixarea/recuperarea metalelor grele din apele de mină, din soluţiile rezultate din depozitele de deşeuri, şi din efluenţii industriali (Kuschk şi colab., 2005).

Studiu de caz: Bioremedierea batalului de ape toxice de la rampa de deseuri municipale Somard Medias, jud. Sibiu (Malschi et al., 2014)

Experimentul de biomonitorizare şi bioremediere cu plante acvatice şi alge

Specii testate:
Lintiţa - *Lemna minor L.*, (Familia Araceae), Salata de apă - *Pistia stratiotes* L. (Araceae),
V*allisneria spiralis L.* (Hydrocharitaceae), *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae),
Zambila de apă - *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae),
Lâna broaştei - *Cladophora glomerata* (Chlorophyta)
Variante:
1.Martor nepoluat (apa plată)
2.Apă toxică din batalul Şomârd
3.Apă din batalul Şomârd în diluţie 1 / 2 cu apă plată
Se analizează parametrii de calitate inainte si după fitoremediere.
Se notează efectul de bioremediere pentru fiecare parametru de calitate
Se efectuează asociaţii de specii pentru depoluare in bazine de bioremediere.

Teste de fitoremediere in laborator cu *Lemna minor* si *Pistia stratiotes*

· Materialul biologic de specii acvatice a fost crescut in conditiile de sera de la Gradina Botanica a Univ. Babeş-Bolyai, Cluj-Napoca.

· Timpul de experimentare a fost de doua saptamani pentru fiecare specie (24.10.2012-07.11.2012) cu lumina suplimentara de 16 ore zilnic..

1. 2. 3. Teste de fitoextractie / 23 - 29.10.2012

1. 2. 3. Teste de fitoextractie / 23.10 - 6.11.2012

Fitoextractie cu *Lemna minor* in apa din batalul rampei de deseuri Şomârd

1. 2. 3. Inainte de fitoextractie-23.10.2012.

1. 2. 3. Dupa fitoextractie - 6.11.2012

Fitoextractie cu *Pistia stratiotes*, in apa din batalul rampei de deseuri Şomârd
1 = Control, 2=apa din batal, 3=apa din batal cu dilutie 1/2

Teste de fitoremediere in laborator cu *Eichhornia crassipes si Vallisneria spiralis*

Conditii de crestere a plantelor in laborator in vase transparente de plastic de volum adecvat:
·700 ml / *L. minor*,
·1 L / *P. stratiotes*
·2 L /*E. crassipes*, *V. spiralis si H. verticillata*,
·400 ml pentru
·*C. glomerata* .

1. 2. 3. Fitoextractie-29.10.2012

1. 2. 3. Fitoextractie -29.10.2012

1. 2. 3. Dupa fitoextractie13.11.2012

Fitoremediere cu *Eichhornia crassipes*, in apa din batalul rampei de deseuri Şomârd

1. 2. 3. Inainte de fitoextractie-24.10.2012.

1. 2. 3. Dupa fitoextractie-6.11.2012

Fitoremediere cu *Vallisneria spiralis*, in apa din batalul rampei de deseuri Şomârd
1 = Control, 2=apa din batal, 3=apa din batal cu dilutie 1/2

Teste de fitoremediere in laborator cu *Hydrilla verticillata* si *Cladophora glomerata*

Type your t

1. 2. 3. Fitoextraction-29.10.2012

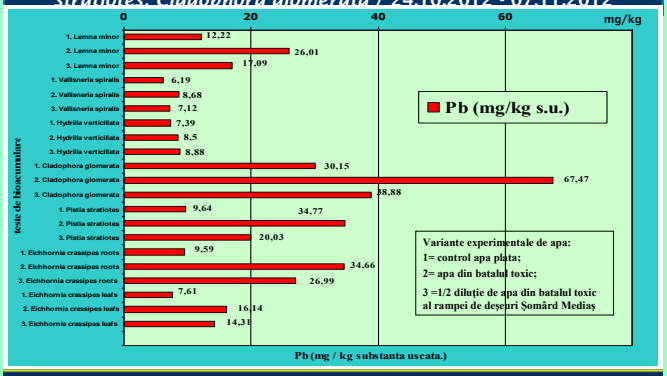
1. 2. 3. Dupa fitoextraction-6.11.2012

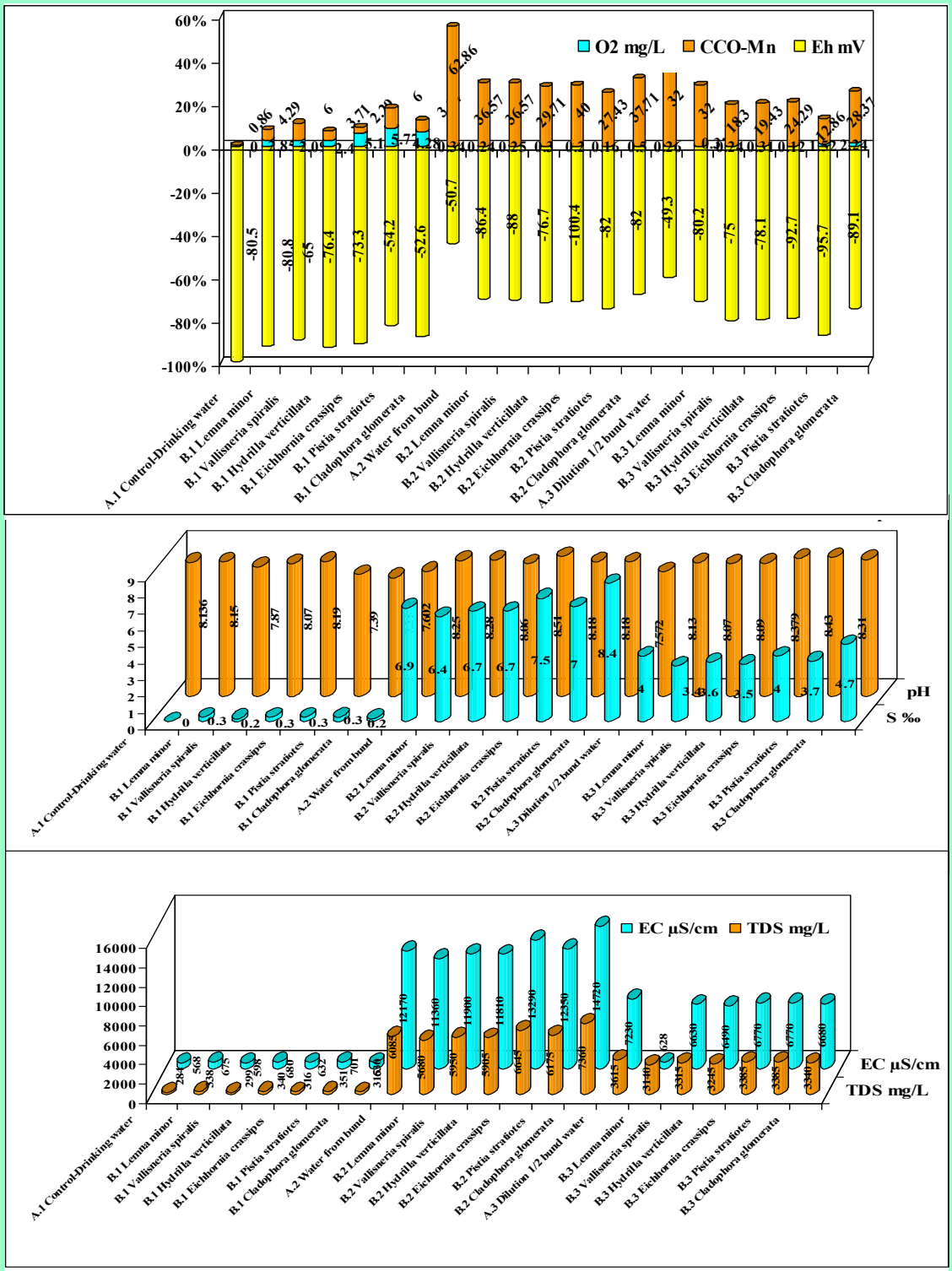
Fitoextractie cu *Hydrilla verticillata*, in apa din batalul rampei de deseuri Şomârd
1 = Control, 2=apa din batal, 3=apa din batal cu dilutie 1/2

Biotransformarea unor poluanti si indepartarea lor din masa apei sub forma unui film uleios pe suprafata apei observate la testele cu *V. spiralis, H. verticilata, E. crassipes, C. glomerata.*

1. 2. 3. Bioremediaere cu *Cladophora glomerata.* Dupa fitoextractie 15.11.2012

Teste de bioaccumulare si bioremediere pentru PLUMB, din apa batalului de la rampa de deşeuri Şomârd Mediaş, cu *Lemna minor, Vallisneria spiralis, Eichhornia crassipes, Hydrilla verticillata, Pistia stratiotes, Cladophora glomerata* / 24.10.2012 - 07.11.2012





Teste de laborator de fitoremediere a apelor uzate din batalul toxic al rampei de deşeuri municipale Şomird Mediaş, cu speciile acvatice: *Lemna minor, Vallisneria spiralis, Eichhornia crassipes, Hydrilla verticillata, Pistia stratiotes, Cladophora glomerata*.

A. Inainte de fitoremediere/24.10.2012; B. După fitoremediere/7.11.2012. 1. Control-apă plată; 2.apă din batal; 3. Dilutie1/2 din apă din batal.

Parametri de calitate: O_2 mg/l; CCO-Mn; pH; Eh–potential redox; EC-conductivitate electrica; TDS-total solide dizolvate; S-salinitate. (Multiparametrul WTW Multi 350) (Malschi et al., 2014)

LUCRAREA PRACTICĂ 8

BIOMONITORIZAREA cu *Lolium perenne*.

Experimentul de biomonitorizare a solurilor poluate cu *Lolium perenne*.
Efectul plantei din punct de vedere ambiental.
Metoda de crestere in laborator a bioindicatorului *Lolium perenne*.
MODELE EXPERIMENTALE: Aplasarea varientelor, fotografii, notari/numarea plantelor notarea mortalitatii in tabel la interval de 3-7zile, evaluari initiale si finale: mortalitatea, parametrii fizico-chimici.

1. Experimentul de biomonitorizare a solurilor poluate, in zona depozitului chimic Tarnaveni.

Specia bioindicatoare se numeste ***Lolium perenne*** (fam. Poacee).

Aspecte importante privind efectul plantei din punct de vedere ambiental:

-Protectia solului la suprafata

-Reglajul precipitatiilor,

-Radacinile plantei asigura fixarea solului,

-Efectul de rizosfera asupra fitoextractiei poluantilor, acidifierea solului favorabila pentru bioremediere.

-Mediu favorabil pentru bacteriile din sol,

-Realizarea bioremedierii

-Plantele sunt folosite pentru biomonitorizarea poluarii.

Aceasta specie este cel mai frecvent utilizata pentru biomonitorizarea solurilor poluate.

Metoda de crestere in laborator a bioindicatorului Lolium perenne:

-Din seminte se cresc plantutele timp de 4-6 saptamani,

-Din ghivece se scot si se replanteaza in vasele de observatie,

-Pentru fiecare variant se pun 3 repetitii, in fiecare vas 50 de fire de *Lolium perenne*

MODEL EXPERIMENTAL:

0 – Sol nepoluat (pamant de flori)

1 – Sol poluat (pamant din dreptul depozitului chimic Tarnaveni)

2 – Sol nepoluat din zona Tarnaveni.

1) Dupa montarea experimentului se fac fotografii la 3 zile in totalitatea lui: de sus pentru a se vedea numarul de Frunze verzi si galbene.

2) Se pot face numaratori ale plantelor ingalbenite si verzi, rezultatele fiind notate in tabel la interval de 3-7 zile pe o perioada de 2-3 saptamani. Dupa, se fac evaluarile finale inclusive: mortalitatea si parametrii fizico-chimice.

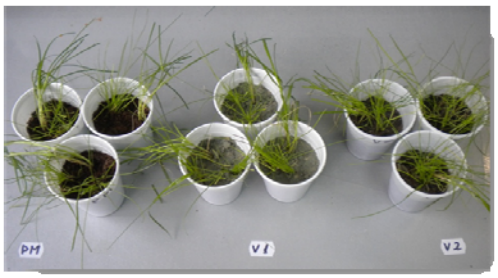
3) Se compara cu notarile de la inceputul experimentului atat pentru plante cat si pentru sol.

   SET A – inainte de experiment
   SET B – dupa fitoextractie.

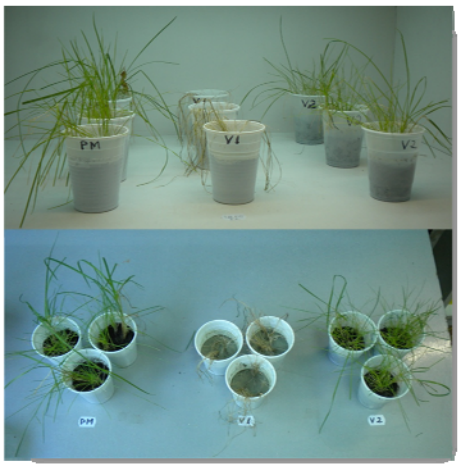
2. **Experimentul de biomonitorizare cu *Lolium perenne* a probelor de sol din zona Iazul Aurul, Baia-Mare – (**După drd. Brahaita Dorian, 2013. Lucrare de dizertatie *„Cercetări de fitoremediere pentru optimizarea secventei tehnologice de ecologizare (revegetare) la Iazul Aurul (ROMALTYN MINING) – Baia Mare”*. Indrumator stiintific: Dr. Dana Malschi, Facultatea de Stiinta si Ingineria Mediului)

Testul de fitotoxicitate în exp. de laborator cu *L. perenne* pentru fitoextractia metalelor grele (29 mai – 13 mai 2013). Pentru probele de sol/steril s-au plantat trei variante a câte 3 repetitii fiecare. Prima varianta a fost proba martor – sol fertil de flori; a doua variantă a fost steril; a treia variantă a fost un amestec de 50% steril si 50% sol fertil**.**

Semintele de *Lolium perenne* au fost semănate si crescute în germinatoare, după care s-au plantat câte 30 de fire în probele de steril si proba martor. După replantarea în variantele (sol martor, steril si steril + sol fertil), plantele s-au păstrat pentru fitoextractie timp de două săptămâni. După aproximativ 2 zile s-a putut observa ca plantele din probele cu steril s-au uscat comparativ cu proba martor si proba unde era steril si sol fertil, unde au rămas verzi.



Biomonitorizarea cu *Lolium perenne*(iniţierea experimentului: 29.05.2013).PM –Proba martor; V1 – Steril; V2 – Steril + sol fertil (Brahaita, 2013)



Biomonitoring cu *Lolium perenne*, după două săptămâni (29.05-13.06.2013). PM –Proba martor; V1 – Steril; V2 – Steril + sol fertil (Brahaita, 2013)

Tabel . Rata mortalitătii (%) plantelor de *Lolim perenne* în testul de biomonitorizare pe probe de sol si steril din zona studiată –Iazul Aurul, Baia-Mare (29.05-13.06.2013), (Brahaita, 2013)

Varianta	**Repetitia 1**			**Repetitia 2**			**Repetitia 3**		
	Verzi	*Uscate*	*RM*** (%)*	*Verzi*	*Uscate*	*RM*** (%)*	*Verzi*	*Uscate*	*RM*** (%)*
PM	30	0	0	30	0	0	28	2	6,66
V1*	1	29	96,66	4	26	86,66	9	21	70
V2**	28	2	6,66	28	3	10	28	2	6,66

PM – (martor, pământ de flori)
*V1 – probă unică a sterilului din punctele de colectare 1, 2,3 si 4 (steril iazul de decantare Aurul)
**V2 – 50% sol fertil + 50% steril – din proba unică (V5)
*** RM – rata mortalitătii

LUCRAREA PRACTICĂ 9

STUDIUL EDAFIC AL MEDIULUI BIOTIC.
CA METODA DE EVALUARE A EFICIENTEI BIOTEHNOLOGIILOR DE BIOREMEDIERE SI RECONSTRUCTIE ECOLOGICA A MEDIULUI TERESTRU

Studiul biotei solului ca metoda de evaluare a eficientei biotehnologiilor de bioremediere si reconstructie ecologica a mediului terestru
Metodele de laborator pentru studiul la microscop si stereomicroscop a faunei de artropode edafice: crustacee (izopode), miriapode (Scolopendra), insecte (colembode), carabide (gandaci) etc.

Metode de laborator pentru studiul biotei solului (Studiul edafic al mediului biotic).

Importanta studiului pentru biota solului:

Biota solului este

- foarte importantă pentru degradarea compusilor organici, deci pentru depoluare biologica;
- este importanta pentru pedogeneza si reconstructia ecologica.
- Biodiversitatea si abundenta biotei solului este un **bioindicator al nivelului de poluare** si
- studiul ei ofera o **metoda de evaluare a eficientei biotehnologiilor de bioremediere** si **reconstructie ecologica a terenurilor degradate.**

Observaţii practice privind

- **Metodele de laborator pentru studiul la microscop si stereomicroscop a faunei de artropode edafice:**
- **aranee,**
- **crustacee (izopode),**
- **miriapode (Scolopendra),**
- **izopode,**
- **insecte (colembode, carabide, stafilinide).**

Materialul biologic observat este conservat in alcool sau uscat.

LUCRAREA PRACTICĂ 10

BIOMONITORIZAREA POLUĂRII IN MEDIUL TERESTRU.
Bioremedierea si reconstructia ecologica cu specii de arbori si arbusti

BIOMONITORIZAREA POLUĂRII IN MEDIUL TERESTRU. Date privind bioindicatorii de poluare în mediul terestru. Arbori şi arbuşti utilizaţi în revegetarea terenurilor degradate si poluate (oxizi de sulf, de carbon, halogeni-floruri, metale grele etc.) (Dupa Oros, 2002 si Malschi, 2009)

BIOINDICATORI PENTRU MEDIILE TERESTRE

Lichenii. Constituie bioacumulatori puternici datorită capacităţii lor de a prelua poluanţii prezenţi în aerul atmosferic. Lichenul fiind o **simbioză ciupercă - algă**, nu are o membrană exterioară respectiv o cuticulă (cum are frunza plantelor superioare) de aceea aerul şi umiditatea pătrund uşor în corpul lichenilor (în tal). Având o sensibilitate deosebită faţă de poluanţi, lichenii sunt utilizaţi ca bioindicatori, pentru diverse categorii de poluanţi: ***SO_2, NO_X, HF, Cl_2, O_3, peroxiacetat, metale grele,elemente radioactive,fertilizatori, pesticide, erbicide.***

Ca metodă de testare pentru acumularea poluanţilor se poate proceda la:

- Prelevarea de **probe de tal din lichenii care cresc spontan în zona studiată.** Pentru a preleva probe din aceeaşi specie, se vor alege **specii epifite** care nu sunt dependente de sol şi se vor preleva porţiuni de tal care au o suprafaţă de contact cu substratul cât mai rnică.
- Utilizarea unor **licheni dintr-o zonă nepoluată care sunt transplantaţi în zona de studiu.**

Speciile de **licheni corticali** ***Parmelia physodes, Parmelia coperata şi Evernia prunastri*** au servit ca bioindicatori pentru a monitoriza **poluarea cu plumb** în în Franta. Rezultatele au dovedit o descreştere accentuată a concentraţiilor de Pb în aer pe distanţa a 80 m faţă de sursă (**şoseaua**) iar în continuare scăderea este mai lentă. ***Cladonia rangiferina şi Cladonia nitei*** pot fi utilizate ca bioindicatori acumulatori pentru **U, Fe, Pb, Ti** .**Mercurul** poate fi acumulat de lichenii: ***Alectoria capillaris, Alectoria tremontii, Hypogymmia physodes, Cladonia sp., Collema sp.*** Schutte a studiat conţinutul de **Cr** din lichenii ***Parmelia coperata şi Parmelia reducta***.

Cel mai larg utilizat bioindicator este lichenul ***Hypogymnia physodes***. Pe lângă **sulf** el poate acumula foarte multe metale realizând valori mari ale factorului de concentrare (de exemplu, în zona unui combinat siderurgic din Danemarca):

Muşchii. Briofitele (muşchii) prezintă o sensibilitate deosebită faţă de poluarea aerului. Ca urmare, numărul speciilor de briofite a fost mult diminuat în zonele urbane, în centrele industriale intens poluate. In Olanda au dispărut în ultimii 100 de ani 15% din speciile de briofite terestre şi 13% din speciile de briofite epifite.

În 1968 s-au utilizat ca bioindicatori speciile de muşchi ***Pleurozium schreberi, Hyloconium splendens şi Hypneum cupressiforme*** pentru a studia comparativ conţinuturile în **Pb** ale acestor specii din ierbarele vechi din Stockholm cu acelea din probele actuale. În 1990 aceleaşi 3 specii au fost utilizate într-un proiect de biomonitorizare a poluării de fond cu 8 metale **(As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, V, Zn)**. S-a întocmit o **hartă a poluării** cu aceste metale a Europei de Nord.

Elementele radioactive sunt şi ele acumulate în muşchi mai intens decât în plantele superioare. În Ungaria s-au utilizat speciile ***Ceratodon purpurens, Tortula ruralis şi Bryum argenteum*** pentru biomonitorizarea căderilor de ^{137}**Cs** după accidentul de la Cernobîl.

Hyloconium splendens originar dintr-o mină de cupru a acumulat **Pb, Cd, Cu, Zn** în concentraţie de **17320 ppm** (în comparaţie cu plantele superioare ***Picea*** 349,5 ppm, ***Clintonia*** 548,5 ppm în acelaşi mediu).

Plante superioare, bioindicatori pentru metale grele

- **Plante cu flori - specii ierboase**

Acumulatori. Majoritatea plantelor **ruderale** sunt capabile să acumuleze cantităţi mari de poluanţi, inclusiv metale grele fără apariţia unor simptome externe.

Dintre speciile *acumulatoare* de Ni şi Zn mai cunoscute sunt:

- *Melandrium album* (opaiţa)	4,286 µg/g
- *Lolium perenne* (raigras)	1,683 µg/g
- *Plantago lanceolata* (pătlăgina)	1,547 µg/g
- *Lepidium draba* (urda vacii)	1,437 µg/g
- *Polygonum aviculare* (troscot)	1,190 µg/g
- *Thlaspi* (pungulița)	1000-3500 µg/g

Specii indicatoare

Lolium perenne şi Lolium multiflora sunt foarte adecvate pentru a fi utilizate ca indicatori de expunere. Aceste plante sunt frecvente în parcuri, pe marginea drumurilor, a şoselelor. Pe lângă metale grele, ele sunt indicatori pentru **S şi F.**

Alte specii ierboase utilizate ca *bioindicatori* pentru metale grele sunt:

- ***Melandrium album* (opaiţă) - (Pb)**
- ***Thlaspi* (pungulițăă) - (Ni, Zn)**
- ***Solidago canadensis* (splinuţă)** Pb)
- ***Artemisia vulgaris* (pelin), *Calamagrostis epigeios* (trestia), *Chelidomium majus* (rostopoasca), *Plantago major* (pătlăgina mare), *Poa annua* (firuţa) -** utilizate pentru **metale grele** într-un studiu în Berlin;
- ***Equisetum arvense* (coada calului) -** acumulare de **Hg** în zona distrusă de vulcanul Sf.Elena din SUA;
- ***Hypericum perforatum* (pojarnig), *Hedera helix* (iedera), *Urtica dioica* (urzica moartă) - pentru Pb, Cu, Zn, Cd, Hg** .
- ***Vaccinium myrtilus* (afinul), *Vaccinium vitis ideea* (merişor) - pentru Cd, Fe, Mn, Pb** .

***Teste standard se efectuează cu Lolium multiflorum* - pentru SO_2, F, metale grele.** Expunerea se face pe o durată de 14-28 zile utilizând ghivece cu plante crescute din seminţe (plante de 6-8 săptămâni).

- **Arbori şi arbuşti de foioase**

Frunzele arborilor fixează metale grele din zonele poluate. Efecte asupra arborilor: diminuarea creşterii copacului, diminuarea creşterii frunzelor, căderea timpurie a frunzelor.

- Specii sensibile: ***Betula pendula* (mesteacăn), *Fraxinus excelsior* (frasin), *Sorbus aucuparia* (scoruş de munte), *Tilia cordata (tei), Malus domestica* (măr).**

- Indicatori acumulatori - specii cu posibilă rezistenţă.

- Alte specii considerate rezistente*: **Eleagnus angustifolia* (sălcioara), *Populus canadensis (plop* canadian), *Salix alba* (salcie), *Sambucus nigra (soc* negru).**

- Specii relativ rezistente (acumulatori): ***Carpinus betulus* (carpen), *Quercus robur* (stejar), *Fagus sylvatica* (fag), *Quercus palustris* (stejar de baltă), *Acer saccharum (arţar), Platanus acerifolia* (platan).**

- Indicatori pentru microelemente şi ultramicroelemente:

Ag ***Robinia pseudaccacia* (salcâm);**
Co ***Sophora japonica;***
Cr ***Koelrenteria paniculata;***
Ni ***Rosa rugoza, Sophora japonica, Thuja orientalis, Aesculus hyppocastanus;***
Sb ***Thuja occidentalis, Aesculus hyppocastanus;***
Sn ***Thuja occidentalis;***
U ***Rosa rugosa, Thuja occidentalis;***
V ***Rosa rugosa, Thuja occidentalis, Robinia pseudaccacia, Aesculus hyppocastanus;***
Zn ***Robinia pseudaccacia.***

Coniferele sunt indicatori mai sensibili decât copacii cu frunze căzătoare datorită faptului că

durata de viaţă a acelor (frunzelor) este de 3-4 ani şi sunt expuse poluării şi pe perioadele de iarnă.

Poluarea cu SO_2 la concentraţii în aer de **peste 1 ppm** produce o decolorare roşcată-galbenă brună a acelor, apar pete pe lângă stomatele saturate cu apă, acele cad, coroana devine mai mică datorită diminuării creşterii. Efectele cronice pot fi observate în cazul poluării frecvente cu SO_2 la concentraţii în aer de **peste 0,05 ppm**.

Poluarea cu SO_2 şi HF poate fi indicată de conifere şi prin determinarea conţinutului din frunze (coniferele sunt şi **acumulatori**). Astfel, la ***Picea abies*** conţinutul de sulf în frunze, la plantele situate in apropierea uzinelor cu emanaţii de **SO_2**, poate ajunge până la **2000 ppm** în acele vechi de 2-3 ani. Conţinutul de fluoruri, **HF** poate ajunge la **500 ppm** în acele de 2 ani (Oros, 1996).

Specii de conifere sensibile la poluarea cu **SO_2** sunt: ***Abies alba, Picea abies, Pinus banksiana, Pinus nigra, Pinus silvestris, Pinus strobus, Larix decidua,*** iar faţă de poluarea cu **HF** sunt sensibile: ***Abies alba, Picea abies, Pinus ponderosa, Pinus silvestris, Pinus strobus.*** Unele specii pot fi utilizate şi pentru indicarea poluării cu **oxidanţi fotochomici**: ***Picea abies, Pinus banksiana, Pinus strobus.***

Indicarea poluării cu **metale grele** se face prin acumularea acestora, mai ales în acele coniferelor (**coniferele sunt acumulatori de metale grele**). Astfel, ***Picea abies, Pinus silvestris, Pinus nrigra, Taxus baccata, Thuja occidentalis*** sunt specii adecvate pentru indicarea poluării cu ***Fe, Mn,Cu, Pb. Zn,Cd,Ag, Hg.***

Plante de tisă *(Taxus baccata)* au fost utilizate într-un proiect de evaluare a poluării cu metale grele (**Pb, Cu, Cd, Ni, Cr, Hg**) în Germania (Kovacs, 1992, dupa Oros, 2002).

Arbori şi arbuşti. Alegerea speciilor pentru bioremediere a terenurilor degradate.

Pentru plantarea pe terenurile degradate, este necesar să se aleagă specii cunoscute a fi bine **adaptate la mediul local**, cu acordul inspectoratului silvic. In general, speciile cele mai valoroase sunt cele care reprezintă **pionierii naturali**.

Arborii cei mai utilizaţi in recultivarea terenurilor degradate in zona temperată (Oros,2002; Malschi, 2009)

((N)=fixatoare de azot, N = neutru, A= acid, C = calcaros)

Specii de arbori	Cerinţe de fertilitate	Toleranţă la pH	Cerinţe de umiditate	Toleranţă la climat	Răspândire in România
Acer pseudoplatanus (paltin de munte)	medic	NC	uscat	rece, cald	++
Acer negundo (arţar american)	medie	NC	uscat	cald	
Alnus glutinosa (anin negru)	slabă (N)	ANC	umed	rece	++
Alnus incana (anin alb)	Slabă (N)	NC	umed	rece	++
Betula papyrifera (mesteacăn)	slabă	ANC	umed,	cald	-
Betula pendula (mesteacan)	slabă	NC	umed,	rece	-
Betula pubescens (mesteacan pufos)	slaba	ANC	umed,	rece	+
Coriaria arborea	slaba (N)	AN	uscat	rece, cald	-
Eleagnus sylvatica	slaba (N)	NC	uscat	rece, cald	-
Eleagnus umbellulata	slabă (N)	NC	uscat	rece, clad	-
Eleagnus angustifolia (sălcioară)	slaba (N)	NC	uscat	cald	+
Fagus sylvatica (fag)	medie	ANC	uscat	rece	++
Fraxinus americana (frasin american)	medie	NC	umed,	cald	-
Fraxinus excelsior (frasin)	medie	NC	uscat	rece	++
Juniperus virginiana (ienupar de Virginia)	slaba	ANC	uscat	rece,cald	cultivat
Larix leptolepis (zadă, larice)	slaba	ANC	uscat	rece	-
Pinus banksiana (pinul bancsian)	slaba	AN	uscat	rece	cultivat
Pinus echinata	slaba	AN	uscat	cald	-
Pinus nigra (pin negru)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Pinus rigida (pinul rigid)	slaba	AN	uscat	rece, cald	-
Pinus strobus (pinul strob)	medie	ANC	uscat	rece, cald	cultivat
Pinus sylvestris (pinul silvestru)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Pinus tolda	medie	AN	uscat	cald	
Pinus virginiana	slaba	AN	uscat	cald	-
Platanus occidentalis (platan)	medie	NC	umed	rece, cald	Cultivat
Populus nigra (plop negru)	*medie*	N	umed	cald, rece	++
Populus tremula (plop tremurator)	medie	ANC	umed	rece	++
Robinia fertilis	slaba	ANC	uscat	rece, cald	-
Robinia pseudacacia (salcam)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Salix caprea (salcie caprearsca)	slaba	ANC	umed, uscat	rece	++
Salix cinerea (zălog)	slaba	ANC	umed, uscat	rece	++
Salix daphnoides (salcie brumarie)	slaba	NC	umed	rece	++
Salix purpurea (rachita rosie)	slaba	ANC	umed	rece	++
Salix viminialis (rulaje)	medie	NC	umed	rece	++
Sorbus aucuparia (scoruş)	slabd	ANC	uscat	rece	+
Thuja occidentalis	medie	NC	umed, uscat	rece	cultivat

Este posibilă identificarea de specii care sunt adaptate in mod particular la condiţiile

dificile de **deficienţă de nutrienţi**, carenţa care este prezentă în succesiunea naturală timpurie a vegetaţiei pe terenurile degradate.

Ca şi în cazul ierburilor, speciile trebuie alese şi în funcţie de **însuşirile particulare ale sitului precum pH-ul şi climatul**.

Există un număr de **arbori** din familia Leguminoase în zona temperată precum ***Robinia pseudacacia*** (salcâmul), ***Cercis siliquastrum, Gleditschia triacanthos*** (plătică), ***Gymnocladus dioica, Sophora japonica,*** iar în climatul cald speciile genului ***Acacia,*** precum si alte specii de arbori, care nu sunt leguminoase, şi care **au capacitate de a fixa azotul** ex. specific de ***Alnus*** (anin), ***Hippophaë rhamnoides*** (cătina albă). Aceste specii cresc relativ repede fară adaos de fertilizatori (azot) şi reprezintă instrumente valoroase in reabilitarea terenurilor degradate sau a celor tehnogene, deşi uneori necesită adaos de alţi nutrienţi.

Dintre arbuştii foarte valoroşi, cu capacitatea de a **fixa azotul sunt leguminoasele** ***Ulex, Sarothamnus*** *şi* eleagnaceele ***Eleagnus*** (sălcioara) **şi** ***Hippofaë rhamnoides*** (cătina albă**).** Alţi arbuşti utilizaţi adesea pentru fixarea terenurilor degradate şi pentru halde sunt sângerul ***(Cornus sanguinea),*** cornul ***(Cornus mas),*** lemnul câinesc ***(Lygustrum vulgare),*** drobul ***(Cytisus nigricans),*** dârmozul *şi călinul* ***(Viburnum lantana, Viburnum opulus),*** etc.

Din experienţa acumulată in diferite ţăari cu condiţii fitoclimatice asemănătoare cu cele din România, precum şi din experimentările efectuete in ţara noastră se constată că **majoritatea haldelor miniere pot fi impădurite** dacă

- se iau in prealabil măsurile corespunzătoare de pregatire a terenului,
- de ameliorare a solului şi
- dacă se folosesc procedee de împădurire adecvate.

Sortimentul de specii forestiere care asigură rezultate bune pe halde este bogat, speciile utilizate depinzând de condiţiile staţionale existente sau create prin lucrările de ameliorare.

Speciile amelioratoare de sol (fixatoare de azot) precum

- **salcâmul** ***(Robinia pseudacacia),*** **aninul** ***(Alnus),*** **sălcioara** ***(Eleagnus)*** **şi cătina albă** ***(Hippofaë rhamnoides)*** au dat rezultate bune in toate cazurile. Ele au contribuit şi la ameliorarea materialului de sol din halde in timp relativ scurt şi au stimulat creşterea altor specii lemnoase când au fost cultivate in amestec cu acestea.

Dintre celelalte **specii forestiere folosite pe halde** au dat rezultate bune sau satisfăcatoare (Traci,1985):

- pinii, in special **pinul silvestru** ***(Pinus sylvestris),*** pe haldele miniere şi industriale cu depozite grosiere şi nisipoase, **cu pH sub 7,** şi
- **pinul negru** ***(Pinus nigra)*** pe hălzile calcaroase sau argiloase cu pH **peste 7;**
- plopii, mai ales **plopul alb** ***(Populus alba)*** şi **plopul tremurător** ***(Populus tremula)****, şi* **sălciile** ***(Salix alba, Salix caprea, Salix incana,*** etc.) pe hălzile formate din depozite nisipoase, din regiuni mai umede sau cu posibilităţi de irigare;
- **frasinul** ***(Fraxinus excelsior),*** **paltinul** ***(Acer),*** **cireşul pădureţ** ***(Cerasus avium),*** **ulmul** ***(Ulmus)*** **şi frasinul de Pensylvania** ***(Fraxinus pensylvanica),*** **arţarul tătăresc** ***(Acer tataricum)*** *şi* altele, pe hălzile cu condiţii staţionale ceva mai favorabile sau pe care s-a aşternut un strat de **pământ fertil;**
- **stejarul şi stejarul roşu** ***(Quercus robur şi Quercus borealis)*** pe hălzile cu cele mai bune condiţii de sol;
- **mesteacanul** ***(Betula verrucosa),*** **oţetarul fals (cenuşerul)** ***(Ailanthus altissima),*** **arţarul american** ***(Acer negundo),*** **mojdreanul** ***(Fraxinus ornus),****etc.* pe hălzile cu condiţii staţionale mai dificile (mesteacanul in zone mai umede pe hălzile acide, iar celelalte specii pe hălzile din zone mai calde şi secetoase - mai ales mojdreanul);
- **lemnul câinesc** ***(Ligustrum vulgare),*** **sângerul** ***(Cornus sanguinea) şi*** **alţi arbuşti**, pe diferite tipuri de hălzi, **in amestec** cu speciile menţionate mai inainte.

LUCRAREA PRACTICĂ 11

BIOMONITORIZAREA POLUĂRII IN MEDIUL TERESTRU. FITOREMEDIEREA TERENURILOR DEGRADATE

BIOMONITORIZAREA POLUĂRII IN MEDIUL TERESTRU.
Bioindicatorii de poluare în mediul terestru.
Fitoremedierea cu specii de ierburi. Poaceae, Fabaceae etc. (Dupa Oros, 2002 si Malschi, 2009)

Plante ierboase utilizate în recultivarea terenurilor degradate

În mai toate cazurile de reabilitare a unor terenuri degradate **formarea unui covor vegetal ierbos** este o ţintă finală sau o etapă intermediară pentru atingerea ţelului final care poate fi o pădure, un teren arabil sau un parc. De regulă printre ierburile care trăiesc pe o pajişte există şi **leguminoase** care au o mare capacitate de a fixa azotul atmosferic iar printre acestea, **trifoiul** este cel mai răspândit. Din punctul de vedere al recultivării unei zone degradate, cea mai importantă insuşire de luat in considerare trebuie să fie **adaptarea plantelor la condiţiile terenului (solului).** Unele dintre aceste plante sunt uşor de obţinut prin **seminţele produse** de producători specializaţi; altele insă se găsesc numai **sub formă de plante sălbatice**.

În cadrul fiecărei specii există de obicei foarte multe soiuri şi varietăţi cu însuşiri diferite privind rezistenţa, modul de iernare, cerinţele fată de condiţiile solului şi climatului etc. Căutarea soiurilor celor mai adecvate constituie o cheltuială de timp utilă pentru că o alegere corectă trebuie să ia în considerare toate diferenţele cu privire la persistenta si la intretinerea uşoara a covorului vegetal final.

Tabel 2. ***Graminee posibil de utilizat in recultivarea terenurilor degradate****(Oros,2002)*

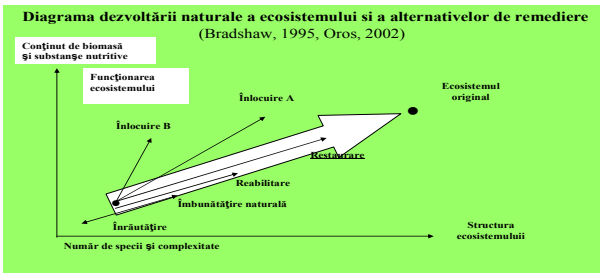
Specii	Cerinţe de fertilitate	Toleranţa la pH	Toleranţa la secetă	Toleranţa faţă de temperatură	Cultivatori
Agrostis gigantea (iarba câmpului)	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	putini
Agrostis stolonifera (iarba câmpului)	medii	neutru, calcaros	mica	rece, cald	putini
Agrostis tenuis (iarba câmpului)	mici	acid, neutru	medie	rece, cald	multi
Alopecurus pratensis (coada vulpii)	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	putini
Dactylis glomerata (golomăţ)	mari	neutru, calcaros	medie,	rece, cald	multi
Deschampsia caespitosa (târsă)	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	Specie salbatica
Deschampsia flexuosa (târsă mica)	mici	acid	mare	rece, cald	Specie salbatica
Festuca arundinacea (păiuş de livezi)	mari	neutru, acid	mica	rece, cald	multi
Festuca ovina (păiuşul oii)	mici	acid, neutru	mare	frig, rece, cald	putini
Festuca rubra (păius rosu)	mici	neutru, calcaros	mare	frig, rece, cald	multi
Festuca pratensis (păiuş de livezi)	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	putini
Lolium perenne (zâzanie) (raigras)	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	multi
Phleum pratense(timoftică)	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	multi
Poa pratensis(firuţă de livezi)	mici	acid, neutru, calcaros	mare	frig,rece, cald	multi

Leguminoasele reprezintă o componentă de importanţă crucială in aproape toate mixturile de ierburi deoarece ele contribuie la menţinerea unui influx adecvat de azot şi asigură furnizarea unui capital adecvat de azot organic în interiorul solului nou, în formare. Ele înlătură necesitatea tratamentelor cu azot pentru intreţinere prin marirea cantităţii de azot mineralizabil. Astfel, trifoiul este un **fertilizator** mai bun decât tratamentele cu fertilizatori chimici, intrucât furnizează azotul in mod gradual şi continuu.

Tabelul 4. Leguminoase perene cu utilitate deosebită in reabilitarea terenurilor (Oros 2002).

(A= acid; N = neutru; C = calcaros)

Specii de leguminoase	Preferinţe pentru sol	Preferinţe pentru climat	Existenţa în flora Romaniei
Amorpha fruticosa (tufa de indigo)	*N,C*	cald	-
Centrosema pubescens	A,N	cald	-
Coronilla varia(coronişte)	AN	rece, cald	++
Desmodium uncinatum	A,N	cald	-
Lathyrus sylvestris (lintea pratului)	N,C	cald	+
Lespedeza bicolor	A,N	cald	ornamentală
Lespedeza cuneata	A,N	cald	-
Lespedeza japonica	A,N	cald	-
Lotus corniculatus (ghizdei)	N,C	rece, cald	++
Lupinus perrenis (lupin)	A,N,C	rece, cald	cultivată
Medicago sativa (lucernă)	*N,C*	rece, cald	++
Melilotus alba (sulfină albă)	A,N,C	rece, cald	++
Melilotus officinalis (sulfină)	A,N,C	cald	++
Phaseolus vulgaris (fasole)	A,N,C	cald	cultivată
Stylosanthes humilis	A,N	cald	-
Trifolium pretense (trifoi roşu)	N,C	rece	++
Trifolium hybridum (trifoi)	A,N,C	rece	++
Trifolium repens (trifoi alb)	*N,C*	rece, cald	++
	A,N,C	rece	-



Utilizarea termenilor de
***reconstrucţie ecologică* şi de *refacere a mediului*.**

Termenul de **reconstrucţie ecologică** se poate suprapune peste oricare dintre termenii ***restaurare***, ***reabilitarea***, ***înlocuire***, însă **reconstrucţia ecologică inseamnă o înlocuire activă şi dirijată (inginerească) a ecosistemului iniţial cu altul in scop bine definit.**

Clasificarea staţionara a hălzilor. Cateva **tipuri de staţiuni** (Oros, 2002):

•**Staţiunea Hmc1** = hălzi miniere **(Hm)** formate din materiale grosiere de **roci acide** (bolovani, pietre, pietriş şi puţine materiale fine de riolit, din galeriile de **exploatare a aurului**), sub formă de ***movile şi valuri, inalte de 20--30 m, cu pante de 20-30°, stabile, situate in subzona de vegetaţie a fagului şi molidului* (c).**

• **Staţiunea Hmb3** = hălzi miniere **(Hm) carbonifere** formate din fragmente de rocă şi lignit, sub forma de ***valuri şi movile, înalte de 10-30 m, cu pante de 20-30°, semistabile, neînţelenite, din subzona de vegetaţie a gorunului* (b).**

• **Staţiunea Hmb4** = hălzi miniere **(Hm)** formate din materiale fine de rocă (nisip de la **flotaţia minereurilor de plumb-zinc**), cu pH 7-8, sub formă de ***platforme inalte de 7-15 m, cu panta versanţilor de 20-25°, semistabile, din subzona de vegetaţie a gorunului* (b).**

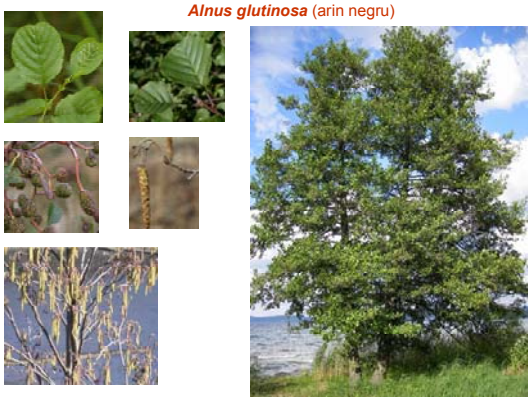
• **Staţiunea Hib2** = hălzi industriale **(Hi)** formate din cenuşa de la centrale electrice de termoficare, cu pH= 9,7 , cu conţinut ridicat de Fe, Mg, Pb, Ca şi conţinut redus de nitraţi, sub forma de ***dune inalte de 40-50 m, cu pante de 25-30°, nestabile, situate in subzona de vegetatie a stejarului* (b).**

• **Statiunea Hda1** = hălzi de deşeuri menajere **(Hd)** alcatuite predominant din materiale organice (hârtie, materiale plastice, resturi alimentare) şi puţine fragmente de sticlă, ceramică, obiecte metalice, etc., sub forma de ***platforme inalte de 5-10 m, situate în zone de câmpie şi coline din stepă si silvostepă* (a).**

Arborii cei mai utilizaţi in recultivarea terenurilor degradate in zona temperată
((N)=fixatoare de azot, N = neutru, A= acid, C = calcaros; după Oros, 2002)

Specii de arbori	Cerinţe de fertilitate	Toleranţă la pH	Cerinţe de umiditate	Toleranţă la climat	Răspândire in România
Acer pseudoplatanus(paltin de munte)	medie	NC	uscat	rece, cald	++
Acer negundo (arţar american)	medie	NC	uscat	cald	
Alnus glutinosa (anin negru)	slabă (N)	ANC	umed	rece	++
Alnus incana (anin alb)	Slabă (N)	NC	umed	rece	++
Betula papyrifera (mesteacăn)	slabă	ANC	umed, uscat	cald	-
Betula pendula (mesteacan)	slabă	NC	umed, uscat	rece	-
Betula pubescens (mesteacan pufos)	slaba	ANC	umed, uscat	rece	+
Coriaria arborea	slaba (N)	AN	uscat	rece, cald	-
Eleagnus sylvatica	slaba (N)	NC	uscat	rece, cald	-
Eleagnus umbellulata	slabă (N)	NC	uscat	rece, clad	-
Eleagnus angustifolia (sălcioară)	slaba (N)	NC	uscat	cald	+
Fagus sylvatica (fag)	medie	ANC	uscat	rece	++
Fraxinus americana (frasin american)	medie	NC	umed, uscat	cald	-
Fraxinus excelsior (frasin)	medie	NC	uscat	rece	++

Alnus glutinosa (arin negru)



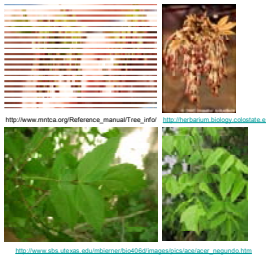
Alnus incana (anin alb)

http://www.bomengids.nl/soorten/Grauwe_els__Alnus_incana__Speckled_Alder.html

Acer pseudoplatanus (paltin de munte)

http://www.bomengids.nl/soorten/Gewone_esdoorn__ http://forum.garden-pur.de/attachments/

Acer negundo (arţar american)

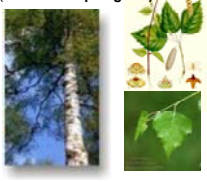


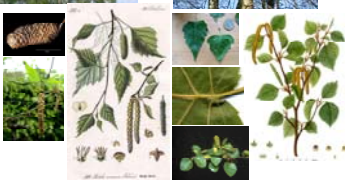
Betula papyrifera (mesteacăn)

Betula pendula (mesteacan)

Betula pubescens (mesteacan pufos)

Betula verrucosa (mesteacan plângator)

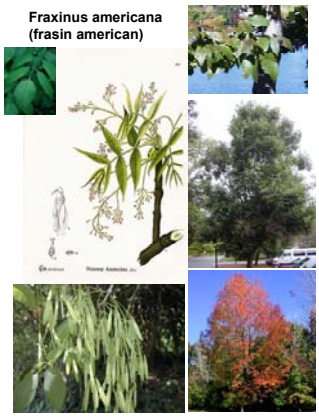




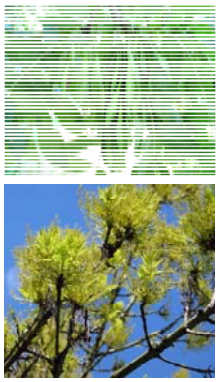
Fagus sylvatica (fag)

http://www.remediflorale.ro/images/img_15_z.jpg

Fraxinus americana (frasin american)



Fraxinus excelsior (frasin)



Coriaria arborea

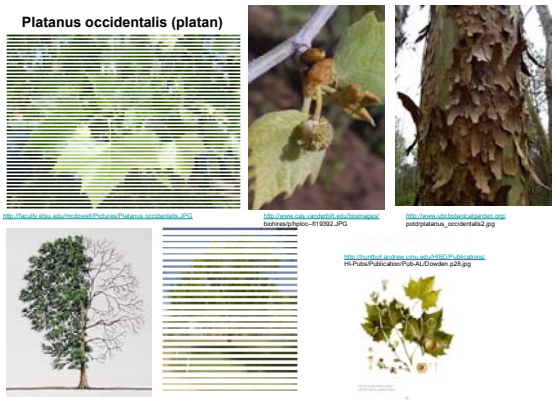
http://www.flickr.com/photos/megrout/2171449632/ http://davesgarden.com/pics/bootandall_1118219368_730.jpg

Arborescentă sau arbustivă, excelentă plantă pentru revegetare, fixatoare de azot, in sol.

Arbori utilizaţi in recultivarea terenurilor degradate in zona temperată
((N)=fixatoare de azot, N = neutru, A= acid, C = calcaros; după Oros, 2002))

Specii de arbori	Cerinţe de fertilitate	Toleranţă la pH	Cerinţe de umiditate	Toleranţă la climat	Răspândire in România
Platanus occidentalis (platan)	medie	NC	umed	rece, cald	cultivat
Populus nigra (plop negru)	*medie*	N	umed	cald, rece	++
Populus tremula (plop tremurator)	medie	ANC	umed	rece	++
Robinia fertilis	slaba	ANC	uscat	rece, cald	-
Robinia pseudacacia (salcam)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Salix caprea (salcie capreasca)	slaba	ANC	umed, uscat	rece	++
Salix cinerea (zălog)	slaba	ANC	umed, uscat	rece	++
Salix daphnoides (salcie brumarie)	slaba	NC	umed	rece	++
5alix purpurea (rachita rosie)	slaba	ANC	umed	rece	++
Salix viminialis (rulaje)	medie	NC	umed	rece	++
Sorbus aucuparia (scoruş)	slabd	ANC	uscat	rece	+

Platanus occidentalis (platan)



http://faculty.etsu.edu/mcdowell/Pictures/Platanus occidentalis.JPG http://www.cas.vanderbilt.edu/bioimages/bioh/res/p/hploc--819392.JPG http://www.ubcbotanicalgarden.org/potd/platanus_occidentalis2.jpg http://hurtfbot.andrew.cmu.edu/HIRD/Publications/HI-Pubs/Publication/Pub-AL/Dowden.p28.jpg

Populus nigra (plop negru)

http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/koehler/POPULUS.jpg http://botanicavirtual.udl.es/fam/salicaciesfma/populus_nigra_capsula_jac_sm.jpg

Populus tremula (plop tremurator)

http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/lindman/376.jpg

Robinia fertilis

Robinia pseudacacia (salcam)

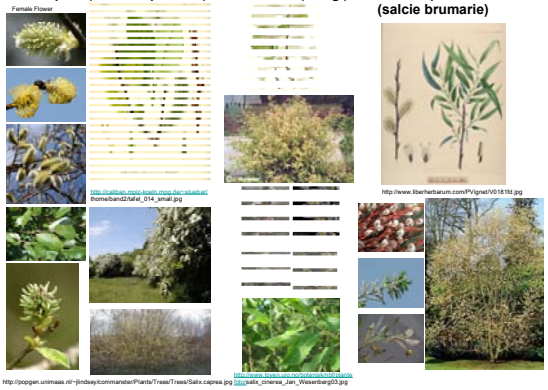
Sorbus aucuparia (scoruş)

Salix purpurea (rachita rosie)

Salix viminialis (rulaje)

http://www.rios-galegos.com/vimbio1.jpg

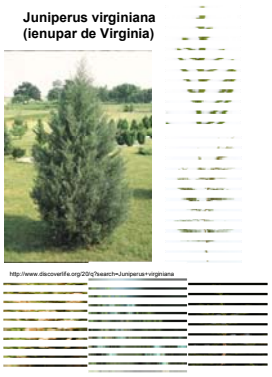
Salix caprea (salcie capreasca) Salix cinerea (zălog) Salix daphnoides (salcie brumarie)



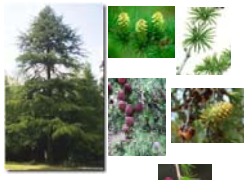
Arbori utilizaţi in recultivarea terenurilor degradate in zona temperată
((N)=fixatoare de azot, N = neutru, A= acid, C = calcaros; după Oros, 2002))

Specii de arbori	Cerinţe de fertilitate	Toleranţă la pH	Cerinţe de umiditate	Toleranţă la climat	Răspândire in România
Juniperus virginiana (ienupar de Virginia)	slaba	ANC	uscat	rece,cald	cultivat
Larix leptolepis (zadă, larice)	slaba	ANC	uscat	rece	-
Pinus banksiana (pinul bancsian)	slaba	AN	uscat	rece	cultivat
Pinus echinata	slaba	AN	uscat	cald	-
Pinus nigra (pin negru)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Pinus rigida (pinul rigid)	slaba	AN	uscat	rece, cald	-
Pinus strobus (pinul strob)	medie	ANC	uscat	rece, cald	cultivat
Pinus sylvestris (pinul silvestru)	slaba	ANC	uscat	rece, cald	++
Pinus tolda	medie	AN	uscat	cald	
Pinus virginiana	slaba	AN	uscat	cald	-
Thuja occidentalis	medie	NC	umed, uscat	rece	cultivat

Juniperus virginiana (ienupar de Virginia)



Larix leptolepis (zadă, larice)



Larix decidua (zadă)

Pinus sylvestris (pinul silvestru)

Pinus banksiana (pinul bancsian)

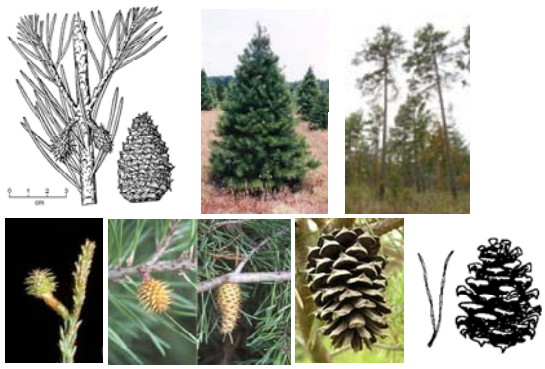
Pinus nigra (pin negru)

Pinus echinata

Pinus rigida (pinul rigid)

Pinus strobus (pinul strob)

Pinus virginiana



Thuja orientalis

Thuja occidentalis

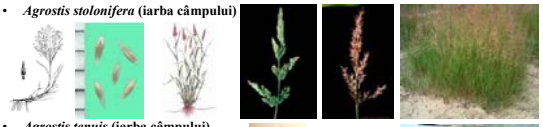
Graminee posibil de utilizat in recultivarea terenurilor degradate
(dupa Oros, 2002)

Specii	Cerinţe de fertilitate	Toleranţa la pH	Toleranţa la secetă	Toleranţa faţă de temperatură	Cultivatori
Agrostis gigantea **(iarba câmpului)**	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	putini
Agrostis stolonifera **(iarba câmpului)**	medii	neutru, calcaros	mica	rece, cald	putini
Agrostis tenuis **(iarba câmpului)**	mici	acid, neutru	medie	rece, cald	multi
Alopecurus pratensis **(coada vulpii)**	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	putini
Dactylis glomerata **(golomăt)**	mari	neutru, calcaros	medie,,	rece, cald	multi
Deschampsia caespitosa **(târsă)**	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	Specie salbatica
Deschampsia flexuosa **(târsă mica)**	mici	acid	mare	rece, cald	Specie salbatica
Festuca arundinacea **(păiuş de livezi)**	mari	neutru, acid	mica	rece, cald	multi
Festuca ovina **(păiuşul oii)**	mici	acid, neutru	mare	frig, rece, cald	putini
Festuca rubra **(păiuş roşu)**	mici	neutru, calcaros	mare	frig, rece, cald	multi
Festuca pratensis **(păiuş de livezi)**	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	putini
Lolium perenne **(zăzanie) (raigras)**	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	multi
Phleum pratense **(timoftică)**	medii	neutru, calcaros	medie	rece, cald	multi
Poa pratensis **(firuţă de livezi)**	mici	acid, neutru, calcaros	mare	frig,rece, cald	multi

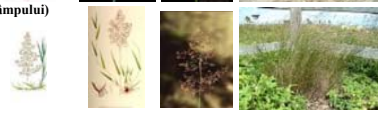
Gramineae (Poaceae)

- ***Agrostis gigantea*** **(iarba câmpului),**

- ***Agrostis stolonifera*** **(iarba câmpului)**



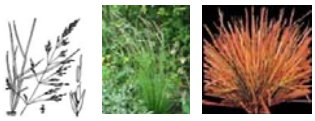
- ***Agrostis tenuis*** **(iarba câmpului)**



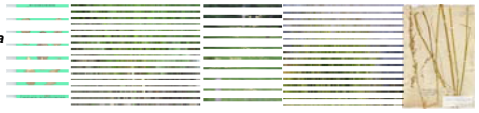
Alopecurus pratensis **(coada vulpii)**

Dactylis glomerata (golomăt)

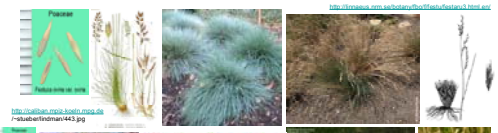
Deschampsia caespitosa **(târsă)**



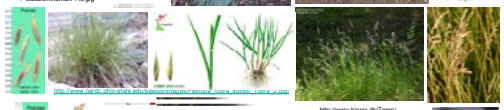
Festuca arundinacea **(păiuş de livezi)**



Festuca ovina **(păiuşul oii)**



Festuca rubra **(păiuş roşu)**



Festuca pratensis **(păiuş de livezi)**

Lolium perenne **(zăzanie) (raigras)**

Poa pratensis **(firuţă de livezi)**

Phleum pratense **(timoftică)**

Leguminoase perene cu utilitate deosebită in reabilitarea terenurilor
(A= acid; N = neutru; C = calcaros) (dupa Oros, 2002)

Specii de leguminoase	Preferinţe pentru sol	Preferinţe pentru climat	Existenţa in flora Romaniei
Amorpha fruticosa (tufa de indigo)	N,C	cald	-
Centrosema pubescens	A,N	cald	-
Coronilla varia(coronişte)	AN	rece, cald	++
Desmodium uncinatum	A,N	cald	-
Lathyrus sylvestris (lintea pratului)	N,C	cald	+
Lespedeza bicolor	A,N	cald	ornamentală
Lespedeza cuneata	A,N	cald	-
Lespedeza japonica	A,N	cald	-
Lotus corniculatus (ghizdei)	N,C	rece, cald	++
Lupinus perrenis (lupin)	A,N,C	rece, cald	cultivată
Medicago sativa (lucernă)	N,C	rece, cald	++
Melilotus alba (sulfină albă)	A,N,C	rece, cald	++
Melilotus officinalis (sulfină)	A,N,C	cald	++
Phaseolus vulgaris (fasole)	A,N,C	cald	cultivată
Stylosanthes humilis	A,N	cald	-
Trifolium pretense (trifoi roşu)	N,C	rece	++
Trifolium hybridum (trifoi)	A,N,C	rece	++
Trifolium repens (trifoi alb)	N,C	rece, cald	++
Ulex europeus	A,N,C	rece	-

Amorpha fruticosa (tufa de indigo)

Centrosema pubescens

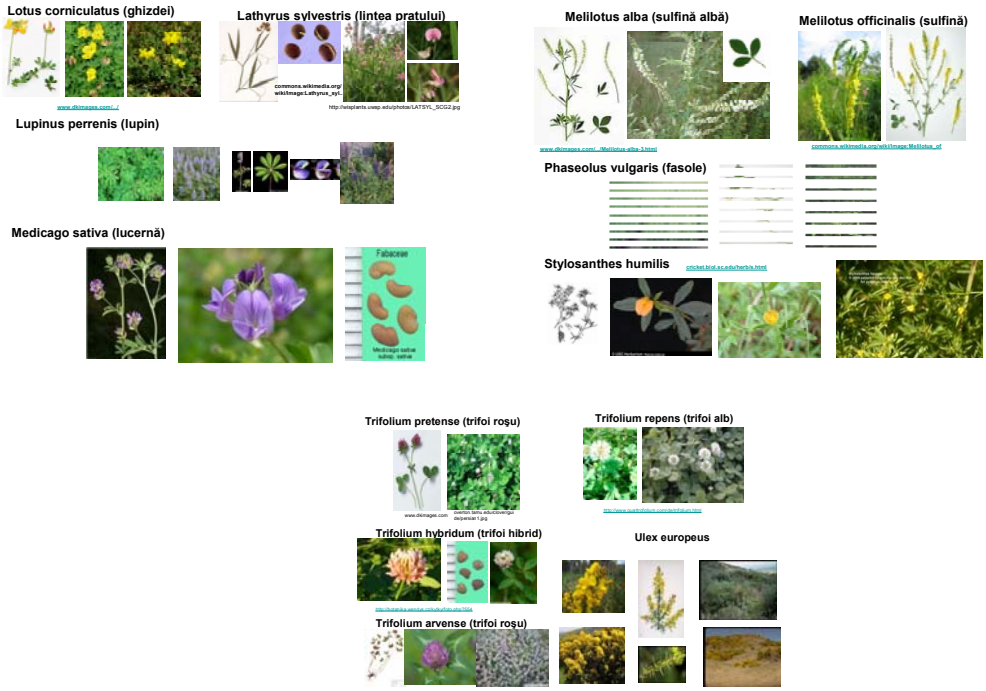
Coronilla varia (coronişte)

Desmodium uncinatum

Lespedeza bicolor

Lespedeza cuneata

Lespedeza japonica



Concluzii

In reconstructia ecologica,
pentru recultivarea cu arbori si arbusti (după Oros, 2002)**,**
se recomanda:

1. Speciile amelioratoare de sol (fixatoare de azot) :
salcâmul *(Robinia pseudacacia),*
aninul *(Alnus),*
sălcioara *(Eleagnus)* şi
cătina albă *(Hippofaë rhamnoides)*
au **dat rezultate bune** in toate cazurile.
Au contribuit şi la ameliorarea materialului de sol din halde in timp relativ scurt ;
au stimulat creşterea altor specii lemnoase când au fost cultivate in amestec cu acestea.

Dintre celelalte specii forestiere folosite pe halde au dat rezultate bune sau satisfăcatoare :

2. pinii, in special
- **pinul silvestru *(Pinus sylvestris),***
  pe haldele miniere şi industriale cu depozite grosiere şi nisipoase, cu pH sub 7, şi
- **pinul negru *(Pinus nigra)***
  pe hălzile calcaroase sau argiloase cu pH peste 7;

3. plopii, mai ales
- **plopul alb *(Populus alba)*** şi
- **plopul tremurător *(Populus tremula),***

4. sălciile
- ***(Salix alba, Salix caprea, Salix incana,*** *etc.)*
  pe hălzile formate din depozite nisipoase, din regiuni mai umede sau cu posibilităţi de irigare;

5. Frasinul *(Fraxinus excelsior),*
paltinul *(Acer),*
cireşul păduret *(Cerasus avium),*
ulmul *(Ulmus)* şi
frasinul de Pensylvania *(Fraxinus pensylvanica),*
arţarul tătăresc *(Acer tataricum)*
***şi* altele**,au dat rezultate bune
pe hălzile cu condiţii staţionale mai favorabile sau pe care s-a aşternut un strat de pământ fertil;

6. Stejarul *(Quercus robur)*
şi stejarul roşu *(Quercus borealis)*
pe hălzile cu cele mai bune condiţii de sol;

7. Mesteacanul *(Betula verrucosa),*
otetarul fals (cenuşerul) *(Ailanthus altissima),*
arţarul american *(Acer negundo),*
mojdreanul *(Fraxinus ornus), etc*.
pe hălzile cu condiţii staţionale mai dificile, in zone mai umede pe hălzile acide : mesteacanul, pe hălzile din zone mai calde şi secetoase : celelalte specii mai ales mojdreanul;

8. Lemnul câinesc *(Ligustrum vulgare),*
sângerul *(Cornus sanguinea) şi*
alţi arbuşti,
pe diferite tipuri de hălzi, in amestec cu speciile menţionate anterior.

Alegerea speciilor de arbori (dupa Oros, 2002)

Pentru plantarea pe terenurile degradate, este necesar să se aleagă
•Specii bine **adaptate la mediul local**, cu acordul inspectoratului silvic.
•Speciile cele mai valoroase sunt cele care reprezintă **pionierii naturali**.
•Specii care sunt adaptate la condiţiile de **deficienţă de nutrienţi**, prezente în succesiunea naturală timpurie a vegetaţiei pe terenurile degradate.
•Speciile trebuie alese în funcţie de însuşirile particulare ale sitului precum **pH-ul şi climatul**.
•**Speciile de arbori** care **au capacitate de a fixa azotul** sunt instrumente valoroase in reabilitarea terenurilor degradate sau a celor tehnogene **:**

Arborii din familia Leguminoase în zona temperată :
Robinia pseudacacia (salcâmul),
Cercis siliquastrum,
Gleditschia triacanthos (plătică),
Gymnocladus dioica,
Sophora japonica, iar în climatul cald
speciile genului ***Acacia.***

Alte specii de arbori, care **au capacitate de a fixa azotul dar nu sunt leguminoase**: ex. specific de
Alnus (anin),
Hippophaë rhamnoides (cătina albă).

Aceste specii cresc relativ repede fară adaos de fertilizatori (azot) şi deşi uneori necesită adaos de alţi nutrienţi.

Alegerea speciilor de arbuştii (după Oros, 2002)

Pentru plantarea pe terenurile degradate, este necesar să se aleagă speciile care au insuşirile cele mai **adecvate faţă de condiţiile terenului şi**
care indeplinesc bine rolul de fixare.

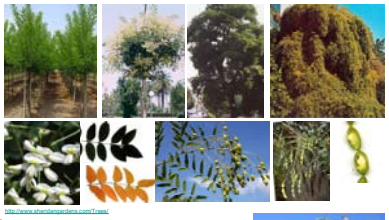
Dintre arbuştii foarte valoroşi, cu capacitatea de a **fixa azotul sunt:**
leguminoasele
•***Ulex,***
•***Sarothamnus (Cytisus);***
eleagnaceele
•***Eleagnus*** (sălcioara) **şi**
•***Hippofaë rhamnoides*** (cătina albă)**.**

Alţi arbuşti utilizaţi **pentru fixarea terenurilor degradate si pentru halde** sunt
•sângerul ***(Cornus sanguinea),***
•cornul ***(Cornus mas),***
•lemnul câinesc ***(Lygustrum vulgare),***
•drobul ***(Cytisus nigricans),***
•dârmozul ***(Viburnum lantana),***
•*călinul* ***(Viburnum opulus),*** etc.

Gleditschia triacanthos (plătică)

Cercis siliquastrum

Sophora japonica



Gymnocladus dioica

Acacia (Fabaceae)

A. baileyana

Alte specii de arbori, care **au capacitate de a fixa azotul dar nu sunt leguminoase**

Alnus glutinosa (arin negru)

Hippophaë rhamnoides (cătina albă)

Arbuşti leguminoase *(Fabaceae)* utilizaţi **pentru fixarea terenurilor degradate şi pentru halde : *Ulex* , *Sarothamnus***

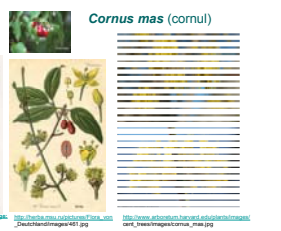
Ulex europaeus

Sarothamnus (Cytisus) scoparius (măturiceș)

Alţi arbuşti utilizaţi **pentru fixarea terenurilor degradate şi pentru halde:**

Cornus sanguinea (sângerul)

Cornus mas (cornul)



Ligustrum vulgare (lemnul câinesc)

Cytisus nigricans lemnul-bobului, salcâmul-galben, drobul

Viburnum lantana (dârmozul)

Viburnum opulus (călinul)

LUCRAREA PRACTICĂ 12

BIOTEHNOLOGII AMBIENTALE APLICATE IN AGRICULTURA SI SILVICULTURA PENTRU BIOREMEDIERE, RECONSTRUCTIE ECOLOGICA SI PENTRU REALIZAREA UNOR BENEFICII (BUNURI) PUBLICE DE MEDIU

(Dupa Malschi, 2007, 2008, 2009; Malschi et al., 2010, 2011, 2013, 2014)

Ce sunt **bunurile publice de mediu asociate cu agricultura si silvicultura** ?
Beneficiile publice de mediu asociate cu practicile agricole sunt reprezentate de:

1. Realizarea de produse agroalimentare netoxice;
2. Pastrarea si utilizarea durabila a biodiversitatii florei si faunei utile;
3. Limitarea poluarii cu pesticide prin practicarea tehnologiilor agroecologic integrate, a managementului integrat al daunatorilor, incluzand combaterea biologica a daunatorilor;.
4. Stabilizarea parametrilor favorabili de microclimat (precipitatii, temperatura);
5. decontaminarea (fitoremedierea) siturilor si zonelor toxice in mediu, sol, apa, aer;
6. Echilibrul oxigen-dioxid de carbon din atmosfera care asigura parametri calitativi favorabili ai vietii pe Pamant.

Studiu de caz: Ferma cu perdele agroforestiere antierozionale de la Boldut apartinand SCDA Turda. Unica in Romania. Actualmente reprezinta un **model de agricultura ecologica şi protectie antierozionala.**

EFECTE:

- Stabilizeaza solul impotriva eroziunii, alunecarilor de teren, surparilor.
- Echilibreaza apa din sol
- Protejeaza solul de eroziune eoliana
- Protectie impotriva arsitei si secetei.
- Conserva biodiversitatea florei si faunei, inclusiv a artropode entomofage.
- Limitarea poluarii cu insecticide etc.datorita activitatii eficiente de combatere biologica naturala realizata de bogatia de artropode entomofage conservata si dezvoltata in sistemul de agricultura cu perdele forestiere consolidate.

Acest model de bio si ecotehnologie asigura obtinerea unor bune rezultate pentru productia agricola si silvica si asigura **o contributie benefica de mediu**.

- Particularitati ecologice ale fermei cu perdele agroforestiere privind agricultura ecologica (agricultura biologica fara pesticide pentru obtinerea unor **productii bio**) dar si pentru **obtinerea beneficiilor publice de mediu** :
  -Importanta entomofaunei auxiliara
  -Limitarea biologica naturala a daunatorilor din culturi agricole

Studiu practic la stereomicroscop :

Exemple de entomofauna utila pradatoare : Buburuza, Staphylinus, Cicindella germanica; Sylpha obscura; Carabide: ***Harpalus rufipes. Brachinus explodens, Pterostichus melanarius***, si foarte important: ***Poecilus cupreu*** (specia dominanta si foarte activa).

LUCRAREA PRACTICĂ 13

DEZVOLTAREA DURABILA IN AGRICULTURA
BIOTEHNOLOGII APLICATE LA COMBATEREA DAUNATORILOR.
SISTEMUL CU PERDELE AGROFORESTIERE DE PROTECTIE ANTIEROZIONALĂ

(Dupa Malschi, 2007, 2008, 2009; Malschi et al., 2010, 2011, 2013, 2014)

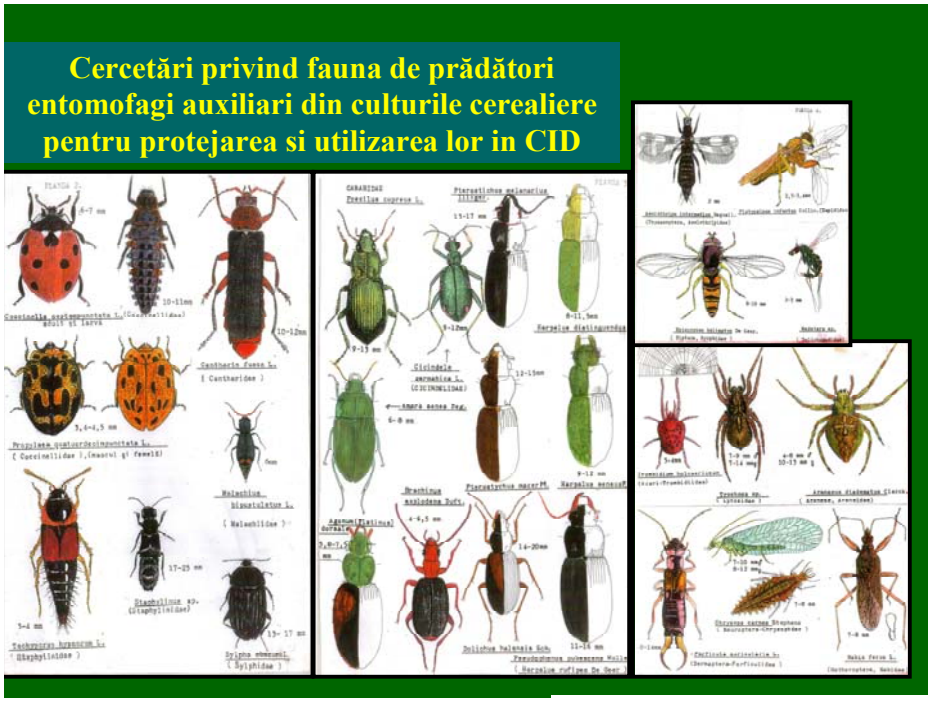
Biotehnologii aplicate la combaterea daunatorilor. **Combaterea biologica naturala**

Avantaj : Nu polueaza mediul si produsele agroalimentare.

1. Sistemul de ecotehnologie si biotehnologie al fermelor cu perdele agroforestiere de protectie

Exemplu : Ferma Cean-Boldut – se aplica biotehnologia numita **combaterea biologica naturala a daunatorilor.**

- Limitatori naturali, biologici ai daunatorilor :
  - Aranee : Paianjeni
  - Chrysopa
  - Staphylinus, Tachyporus rypnorum,
  - Cantharis fusca
  - Diptere: Syrphus
  - Coccinella septempunctata (Buburuza)
  - Poecillus cupreus
  - Harpalus rufipes
  - Brachinus explodens
  - Cicindella germanica.
- Rezultatul acestei combateri biologice naturale este acela ca daunatorii culturilor agricole sunt redusi la niveluri ale populatiilor care nu mai produc daune sau pagube de importanta economica si ca urmare in culturile respective nu este necesar sa se aplice insecticide. Deci se limiteaza poluarea cu insecticide a mediului si a produselor agroalimentare.
- Alte biotehnologii: utilizeaza feromoni sintetici – capcane cu feromoni.
- Biotehnologii genetice a organismelor modificate genetic. Aceste biotehnologii pot fi pentru rezistenta la daunatori, la frig, seceta, combaterea buruienilor.



(Malschi, 2007, 2008, 2009)

Bibliografia titularului pentru Lucrările practice:

Cărţi, manuale:

- Malschi Dana, 2009. *Elemente de biologie, ecofiziologie si microbiologie.* Note de curs si aplicatii practice, Manual in format electronic. Facultatea de Stiinta Mediului, Universitatea Babes-Bolyai Cluj-Napoca. Editura Bioflux, Cluj-Napoca. 2009, http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2009/ p. 640, planşe color. ISBN 978-606-92028-4-5. http://www.editura.bioflux.com.ro/docs/malschi2.pdf
- Malschi Dana, 2009. *Biotehnologii si depoluarea sistemelor ecologice.(Tehnologii de depoluare biologica. Tehnologii de bioremediere. Reconstructia ecologica).* Note de curs si aplicatii practice. Manual in format electronic. Facultatea de Stiinta Mediului,Universitatea Babes-Bolyai. Editura Bioflux, Cluj-Napoca. BIOFLUX, Cluj-Napoca, ISBN 978-606-92028-5-2.
- Malschi Dana, 2011, Caiet de practică pentru laboratorul didactic de biotehnologii**,** format electronic, http://enviro.ubbcluj.ro/cercetare/laboratoare/Laborator de biotehnologii.php/
- Malschi Dana, 2008. *Mediu-agricultură-dezvoltare durabilă. Optimizarea tehnologiilor de management integrat al daunatorilor grâului in dinamica modificarilor agroecologice din Transilvania*. Ed. Argonaut. 2008. ISBN 978-973-109-115-0.
- Malschi Dana, 2009. *Integrated pest management in relation to environmental sustainability. Part I. Ecological management of wheat pests.* Manual online. Faculty of Environmental Sciences, Bioflux Publishing House, Cluj-Napoca, p. 200. ISBN 978-606-92028-3-8. *http://www.editura.bioflux.com.ro/carti-2009/*

Articole ştiinţifice:

- Dana Malschi, Cecilia Roman, Mirela Miclean, Marin Şenilă, Lucrina Ştefănescu, Bianca Malschi Florian, Alin Bolonyi, George Ghira, Dorian Brăhaiţa, Alexandru Crihan, 2013. *Phytoextraction of heavy metals from industrially polluted zone using Lolium perenne and Lemna minor.* ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND MANAGEMENT JOURNAL. Categ ISI, factor de impact 2012: 1,117. Domeniul ISI: Environemental Sciences. Vol. 12, No. 5, May 2013, p. 1109-1112.
- Dana Malschi, Ioan C. Oprea, Lucrina Ştefănescu, Gabriela E. Popiţa, Dorian Ioan Brăhaiţa, Elena Rînba, 2014. *Research on wastewater bioremediation using aquatic species for heavy metals phytoextraction and bioaccumulation.* **In press.** The 10-th ELSEDIMA International Conference **2014**, Book of Abstracts. Ed.EFES, ISBN: 978-973-606-526-183-9. p 87.
- Malschi D., Liviu O. Muntean, Ioan Cătălin Oprea, Carmen Roba, Gabriela E. Popiţa, Ştefănescu Lucrina, Bianca Malschi Florian, Elena Rînba, 2014. *Research on wastewaters bioremediation with aquatic species for constructed wetlands.* **In press**. Poster. National Symposium with International Participation ENVIRONMENT & PROGRESS - 9th edition, 25 October 2013, Cluj-Napoca, Romania. Program simpozion, poster 36, p 5. on line at at: http://enviro.ubbcluj.ro/evenimente/environment&progress 2013.php.
- Ieremia Georgiana, Muntean Octavian-Liviu, Malschi Dana, 2011. *Evaluarea impactului generat de haldele de steril de la Mina Lupeni (Valea Jiului)*, PROENVIRONMENT Vol. 4, No. 7, 2011, USAMV Cluj-Napoca, Index Copernicus Journal Information, P.27-35
- Oprea I.C., Dana Malschi, L.O. Muntean, 2013. *The biomonitoring and bioremediation of toxic water resulting from municipal waste storage of Somârd, Sibiu county.* Advances in Environmental Sciences - International Journal of the Bioflux Society AES Bioflux, 2013, Volume 5, Issue 2: 189-196. http://www.aes.bioflux.com.ro
- Dorian Ioan Brăhaiţa, Dana Malschi, Gabriela Emilia Popiţa, 2014. *Phytoremediation study of water polluted with heavy metals using floating macrophytes: Lemna minor and Pistia stratiotes.* **In press.** Poster. The 10-th ELSEDIMA International Conf.2014, Book of Abstracts. Ed.EFES, ISBN:978-973-606-526-183-9. p 24.
- Malschi Dana, Tărău Adina Daniela, Kadar Rozalia, Tritean Nicolae, Cheţan Cornel, **2014**. *Climate warming in relation to wheat pest dynamics and their integrated control in Transylvanian technologies with no tillage system and with agroforestry belts.* **In press**: Romanian Agricultural Research, 2015, Ed. NARDI FUNDULEA, ROMANIA www.incda-fundulea.ro
- Dana Malschi, Felicia Mureşanu, Rozalia Kadar, Adina Daniela Tărău, Ana-Maria Păcurar, Cornel Cheţan, Nicolae Tritean, **2014**. *New entomocoenotic particularities and integrated pest control in Transylvanian wheat crops under the impact of climate warming.* **In press.** The 13th International Symposium "Prospects for the 3rd Millennium Agriculture**",** Cluj-Napoca, 25th– 27th of September 2014. Program booklet: p 15. in press at Bulletin UASVM Agriculture, 2014 http://www.usamvcluj.ro/symposium. http://journals.usamvcluj.ro
- Dana Malschi, Felicia Mureşanu, Rozalia Kadar, Adina Daniela Tărău, Ana-Maria Păcurar, Nicolae Tritean, Cornel Cheţan, **2014.** *Environmental public goods associated with agriculture practice of integrated wheat pest management.* **In press.** Poster. The 10-th ELSEDIMA International Conference 2014, Book of Abstracts. Ed.EFES, ISBN: 978-973-606-526-183-9. p 88

Teme

PENTRU EXAMEN

BIOTEHNOLOGII SI DEPOLUAREA SISTEMELOR ECOLOGICE

TEME PRINCIPALE

1. **Bioremedierea-Definiţie, generalităţi.**
2. **Bioremedierea-Tehnologii implicate în bioremediere.**
3. **Depoluarea biologică-Descompunerea substanţelor organice în sol.**
4. **Biodegradarea controlată a deşeurilor (compostarea).**
5. **Reconstrucţia ecologică- Generalităţi, principii, importanţă.**
6. **Recultivarea biologică a terenurilor degradate-Generalităţi, importanţă.**
7. **Sistemul ecotehnologic de agricultură cu perdele forestiere de protecţie antierozională şi environmentală în condiţiile încălzirii şi aridizarii climatice în Transilvania**

ALTE TEME

1. **Impactul de mediu cauzat de microorganisme- rolul microorganismelor. in funcţie de tipul de nutriţie.**
2. **Rolul microorganismelor în ciclurile biogeochimice.**
3. **Rolul microorganismelor in biodegradarea substanţelor organice**
4. **Rolul microorganismelor in biodegradarea deşeurilor.**
5. **Rolul microorganismelor în reconstrucţia ecologică.**
6. **Rolul microorganismelor în pedogeneză.**
7. **Rolul microorganismelor în ecosisteme acvatice.**
8. **Rolul plantelor-fitocenozelor asupra mediului – generalităţi.**
9. **Rolul plantelor-fitocenozelor în reconstrucţia ecologică.**
10. **Rolul plantelor-fitocenozelor în bioremedierea mediului terestru (biodegradare, bioadsorbţie, fitoextracţie, fitoremediere).**
11. **Rolul plantelor-fitocenozelor în bioremedierea mediului acvatic (biodegradare, bioadsorbţie, fitoextracţie, fitoremediere).**
12. **Specii de plante utilizate în reconstrucţia ecologică / în funcţie de tipul terenului degradat / haldei de steril sau deşeuri.**
13. **Alegerea arborilor şi arbuştilor pentru revegetarea terenurilor degradate.**
14. **Alegerea speciilor ierboase pentru revegetarea terenurilor degradate.**
15. **Prezentarea importanţei unei biotehnologii de depoluare/referatul predat.**

Dana Malschi

Manualul **„Biotehnologii si depoluarea sistemelor ecologice”, (Tehnologii de depoluare biologică. Tehnologii de bioremediere. Reconstrucţie ecologică)** elaborat de lector dr.biolog Dana Malschi, oferă o bază de cunoştinţe tehnologice de ecologie aplicată, utile studenţilor în domeniul Ştiinţei şi Ingineriei Mediului pentru a înţelege şi elabora sisteme de management ecologic, tehnologii de depoluare biologică, bioremediere, reabilitare sau reconstrucţie ecologică, în scopul conservării şi dezvoltării durabile a calităţii mediului.

De asemenea, manualul este o sinteză de elemente de bio- şi ecotehnologii ambientale necesare studenţilor în desfăşurarea studiilor interdisciplinare de mediu, în cadrul **Cercului Ştiinţific Studenţesc ECOUNIVERSITARIA,** secţia **„Biotehnologii de conservare şi utilizare a bioresurselor (reconstructie ecologica, bioremediere, depoluare biologica)”**, având ca emblemă o delicată stalagmită de gheaţă a Peşterii Scărişoara, simbol al preocupărilor pentru dezvoltarea durabilă environmentală.

Lucrarea este dedicată memoriei primului Decan al Facultăţii de Ştiinţa Mediului a Universităţii „Babeş-Bolyai”, regretatul Profesor Univ. Dr. Iustinian Petrescu, înscriindu-se dezideratului pentru interrelaţia **MEDIU – BIOTEHNOLOGIE - DEZVOLTARE DURABILĂ.**

„Pasărea măiastră”
Viehmann & colab.1963
”Gheţarul de la Scărişoara”,
Ed. Meridiane, Bucureşti.