



MILJÖFÖRVALTNINGEN

Saneringsmetoder för mark- och grundvattenföroreningar

2004



Innehållsförteckning

1. Inledning	3
2. Förklaringar	5
3. Termiska metoder	5
3.1 Termisk avdrivning	5
3.2 Termisk destruktion – förbränning	6
3.3 Effekter på omgivningen	6
3.4 Termiska metoder som prövats i Stockholm	7
4. Fysikaliska metoder	7
4.1 Jordtvätt	7
4.2 Markventilering/Vakuumentilering	8
4.3 Air Sparging	8
4.4 Bio slurping	8
4.5 Skimming	9
4.6 Markfilter	9
4.7 Fysikaliska metoder som prövats i Stockholm	10
5. Kemiska metoder	10
5.1 Extraktion med lösningsmedel	10
5.2 Kemisk oxidation/reduktion	10
5.3 Elektrokinetik	11
5.4 Kemiska metoder som prövats i Stockholm	11
6. Biologiska metoder	11
6.1 Behandling <i>In situ</i>	12
6.2 Bioventilation	12
6.3 Behandling <i>Ex situ</i>	12
6.4 Bio-slurry	12
6.5 Kompostering	12
6.6 När ska biosanering användas	13
6.7 Biologiska metoder som prövats i Stockholm	14
7. Referenser	14
8. Mer information och vägledning	14

1. Inledning

Miljöförvaltningen har sammanställt ett antal saneringsmetoder för markföroreningar i syfte att ge en övergripande information om vilka som kan vara lämpliga att använda i olika föroreningsituationer. Behandling på plats är i många fall att föredra framför deponering genom att transportarbetet kan undvikas, behovet av ersättningsmassor minskar och deponikostnader undviks.

Sammanställningen är övergripande och kan inte användas utan förbehåll utan kräver noggranna analyser och fördjupade kunskaper om en rad faktorer. Sammantaget så saknas metoder som fungerar i alla lägen. Alla metoder har sina specifika för- och nackdelar. Vilka saneringsmetoder som kan användas beror bl.a. på vilken typ av förorening det handlar om, de geologiska förutsättningarna och ibland geografiskt läge. Geologiska faktorer påverkar föroreningars mobilitet dvs hur föroreningarna rör sig i marken, samt bindning till mark och därmed valet av saneringsmetod. Mark är ett heterogent medium och inom ett förorenat område kan den ofta ha annan sammansättning än vad som förväntas. Industrimark består ofta av t.ex. stenkross, restprodukter och avfall från egna industrin. Det innebär att det kan vara svårt att kartlägga markens egenskaper och möjligheten att rena jorden. Det är i regel lämpligt att göra pilotförsök med aktuella massor innan beslut tas om behandlingsmetod.

Det bör noteras att metoderna kan förekomma med olika tekniska varianter eller ha olika namn för ungefär samma metod beroende på vem som utför saneringen. En del metoder tangerar flera tekniker. Till exempel kan vissa fysikaliska metoder även medföra att biologisk nedbrytning av organiska ämnen sker.

Man bör vara medveten om att alla saneringsmetoder innebär effekter på omgivningen på olika sätt och i olika hög grad. I sammanställningen har omgivningseffekter tagits upp där information funnits eller varit uppenbart, men det bör beaktas vid varje enskilt saneringsfall. Likaså har tydliga för- och nackdelar med metoderna nämnts men även här kan det skilja sig från fall till fall.

Tabell 1. Tabellen visar ett urval av saneringsmetoder. Den tar inte upp alla existerande metoder som finns på marknaden.

Teknik/metod	Typ av jord	Typ av förorening	Prövats i Stockholm?
Termiska Ex Avdrivning Förbränning	Finmaterialhalt < 30%	Lösningsmedel, organiska föroreningar och pesticider. Även kvicksilver i låga halter Komplicerade föroreningar	Hjorthagen gasverkstomten, Kv. Lyftkranen, Högbytorp
Fysikaliska Ex Jordtvätt Markventilering Air sparging Bio slurping Skimming Markfilter	Sandiga, grusiga och grövre jordar Homogena sandiga och grusiga jordar Föroreningar i grundvatten Olja i fri fas i grundvatten Olja i fri fas i grundvatten Föroreningar i grundvatten	Både organiska och oorganiska föroreningar Lättflyktiga, gasfasiga föroreningar Lättflyktiga, gasfasiga föroreningar Oljeutsläpp Oljeutsläpp Klorerade lösningsmedel	Kv. Lyftkranen Bensinstationer
Kemiska Ex Extraktion Oxidation/ Reduktion Elektrokinetik	Grovt liksom finkornigt material Homogent material Homogent material	Huvudsak organiska föroreningar Organiska föroreningar och metaller Metallhaltiga jordar	Kv Lyftkranen Kv Lyftkranen
Biologiska Ex Bioventilation Bio-slurry Kompostering	Grovkorniga jordar. Biotillgänglighet avgörande Grovkorniga jordar. Biotillgänglighet avgörande	Tyngre kolväten såsom eldningsolja och diesel Organiska föroreningar, oljeföreningar, pesticider	Banvall i Värtahamnen, samt Kv. Godsvagnen Kv Lyftkranen Högbytorp, Loudden

2. Ordförklaringar

In-situ: Sanering sker på plats utan att jorden grävs upp.

Ex-situ: Jorden behandlas efter uppgrävning

On-site: Vid on site behandling sker behandlingen vid det ställe där föroreningen finns, inga transporter behövs.

Off-site: Vid off site behandling däremot transporteras massorna till en anläggning.

PAH: Polyaromatiska kolväten, kolväten med flera aromatiska ringar

PCB: Polyklorerade bifenyler. Dioxin är ett exempel.

Extraktion: Separering, utdragning

Toxisk: Giftig

Persistent: Ej reaktiv, bestående, uthållig

Solidifiering: Föroreningen innesluts i en fast kropp med låg genomsläpplighet

Permeabilitet: Genomsläpplighet

3. Termiska metoder

Värme används för att avlägsna föroreningarna. Två metodgrupper finns: Termisk avdrivning och Termisk destruktion/förbränning. Termisk avdrivning syftar till att skilja föroreningarna från jorden och sedan fånga upp eller destruera dem. Förbränning innebär att både jord och föroreningar förbränns tillsammans.

Termiska behandlingsmetoder är energikrävande processer. De ställer omfattande krav på vatten och elförsörjning. Utsläppen till luft från termiska behandlingsanläggningar bedöms utgöras av främst koldioxid, vattenånga och möjligen kväveoxider. Problem med damning kan uppstå under förbehandling i form av siktning och krossning. Dessutom kan betydande bullernivåer uppstå till följd av behandling och transporter. Förorenat vatten från avrinning från bl a tvätt av maskinpark, torkanläggning, och efterbehandlingsupplag kräver uppsamling och behandling.

3.1 Termisk avdrivning

Föroreningarna avskiljs från jorden genom förgasning då den förorenade jorden upphetas till drygt 400° C. Temperaturen avgörs av vilken förorening som ska behandlas. De avdrivna lösgjorda föroreningarna fångas upp för att sedan behandlas i olika rökgasreningssteg. Tekniken delas normalt in i tre steg: förbehandling och materialhantering, avdrivning och sist efterbehandling.

Förbehandlingen och materialhanteringssteget innebär att jorden sönderdelas och stora partiklar tas bort. En enhetlig massa i behandlingsanläggningen ger bättre förutsättningar att

nå ett bra resultat. Är materialet vått kan det finnas behov av att torka det eller att blanda in sand.

Materialet förs sedan till en roterande ugn där avdrivningen av föroreningarna sker. Detta kan i vissa fall ske med hjälp av överhettad vattenånga, men den vanligaste metoden är att låta massorna passera en öppen låga i en brännkammare som drivs av eldningsolja eller gas.

Vid efterbehandlings steget behandlas de avdrivna gaserna. Det kan ske i flera steg med t ex efterförbränning, aktivt kolfilter eller skrubber. Typ av efterbehandling som krävs beror på föroreningarna och reningsmålet.

Avdrivningsmetoden lämpar sig bäst på organiska ämnen som petroleumprodukter, lösningsmedel, PCB, PAH och vissa pesticider. Kvicksilverföroreningar i låga halter är också möjliga att avdriva.

3.2 Termisk destruktion - förbränning

Förbränningsmetoden används på kraftigt förorenad jord, framför allt organiska föroreningar. Tekniken innebär att komplicerade föroreningar som inte kan behandlas framgångsrikt med andra metoder destrueras genom förbränning. Detta sker vanligen i en roterande ugn i höga temperaturer mellan 800-1400° C. Därefter renas rökgaserna i flera steg.

Restprodukten vid termisk avdrivning och förbränning är i regel fri från organiskt material. Detta är en fördel om den behandlade jorden skall återanvändas på byggnadsplatser.

3.3 Effekter på omgivningen

Utsläppen till luft från termiska behandlingsanläggningar bedöms utgöras av främst koldioxid, vattenånga och möjligen kväveoxider, men även rester av de avdrivna föroreningarna förstås. Utgående gaser passerar ett kolfilter innan utsläpp till atmosfären. Förordningen om förbränning av farligt avfall reglerar hur höga halter av olika föroreningar som får finnas i rökgaserna.

Problem med damning kan dessutom uppstå under förbehandling i form av siktning och krossning. Termiska behandlingsanläggningar kan medföra betydande bullernivåer till följd av transporter och behandling varför plats och tidsaspekter noga bör övervägas. Förorenat vatten från avrinning från efterbehandlingsupplag, torkanläggning och tvätt av maskinpark kräver uppsamling och behandling.

Fördelar med termiska metoder:

- Lämpar sig bra på organiska ämnen som petroleumprodukter, lösningsmedel, PCB, PAH och vissa pesticider.
- Även kvicksilverföroreningar i små mängder

Begränsningar och nackdelar med termiska metoder:

- Förorenade jordmassor måste grävas upp för behandling
- Energikrävande processer
- Ställer omfattande krav på vatten och energiförsörjning

- Problem med damning
- Betydande buller
- Förorenat vatten kräver uppsamling och behandling

3.4 Termiska metoder som prövats i Stockholm:

Gasverkstomten i Hjorthagen med mobil anläggning ”On site”.

Kvarteret Lyftkranen i Ulvsunda

Högbytorp

4. Fysikaliska metoder

4.1 Jordtvätt

Jordtvätt handlar om att avskilja finfraktionen som normalt binder föroreningarna. Metoden lämpar sig för både organiska och oorganiska föroreningar. Genom att avskilja finfraktionerna ur en förorenad jordmassa sorterar man samtidigt ut det mesta av föroreningarna. Det innebär att halten finfraktioner inte bör överstiga 20 procent. Halten organiskt material bör vara låg. De grövre fraktionerna rengörs och kan återföras som rena massor medan de finare fraktionerna normalt klassas som farligt avfall. I normalfallet kan minst 75-80 procent av massorna återföras och återanvändas. En del av föroreningarna frigörs till processvattnet som därför renas för att inga föroreningar ska spridas till omgivningen.

Tekniskt sett fungerar processen så att massorna sorteras, blandas med vatten och behandlas i en flotationsanläggning i vilken olika kemikalier kan användas för att nå önskad avskiljning. Därefter passerar slurryn en eller flera hydrocykloner. Slutligen avskiljs vattnet som, efter rening, kan återanvändas i processen. Den ”tvättade” jorden är i regel fri från organiska material.

Fördelar:

- Största delen av de uppgrävda massorna kan återanvändas.
- Låg energiförbrukning
- Små mängder eller inga kemikalier används
- Låga eller inga utsläpp
- Kan utföras på plats (On site) eller på annan lämplig yta (Off site)
- Kan användas för både organiska och oorganiska föroreningar. Även på komplext sammansatta föroreningar med kombinationer av tungmetaller, PAH, fett och liknande
- Kan enkelt kombineras med andra behandlingsmetoder

Begränsningar

- Silt och lerjordar är svåra att tvätta
- Den koncentrerade föroreningsfraktionen måste hanteras vidare genom deponering, solidifiering, förbränning, kompostering eller annat
- Jordmassorna måste grävas upp för behandling

4.2 Markventilering/Vakuumentilering

Markventilering är en in situ metod med sitt ursprung i USA där den oftast benämns soil vapor extraction (SVE). Den har blivit en accepterad metod att rena markens omättade zon från lättflyktiga organiska föroreningar, till exempel lösningsmedel och bensen.

Genom att installera ett antal vertikala, ibland i kombination med horisontella, rör i jorden och koppla dem till en vakuumpressor skapas ett undertryck i marken närmast rören. På grund av tryckgradienten strömmar då markluften via brunnarna upp till atmosfären. Ämnen som finns i markluften strömmar naturligtvis med. Rören slås inte ned så långt att grundvatten riskerar att sugas med upp. Tekniken lämpar sig bara för lättflyktiga ämnen som befinner sig i den omättade zonen. Den gas som pumpas ur jorden måste sedan renas för att föroreningarna inte skall spridas till luften. Vanligast är att man använder aktivt kol. Men även skrubber och förbränning kan användas.

Faktorer som styr funktionen av processen är luftflödet i marken. Ju högre luftfylld porositet, permeabilitet, temperatur och tryckgradient desto snabbare sker lufttransporten. Den ”perfekta” jorden skulle därför vara en homogen torr sand med varm markluft. En förorening som befunnits i marken under en lång tid har hunnit diffundera in i de minsta porerna. Det är därför fördelaktigt att starta saneringen så snart som möjligt.

En effekt av att luft trycks ner i marken är att biologisk nedbrytning kan komma igång och hjälpa till med nedbrytningen av vissa ämnen (Se Bioventilering).

4.3 Air sparging

Vakuumentilering kan inte ensamt ta bort föroreningar från den mättade zonen under grundvattenytan. På platser där föroreningen finns i den mättade zonen kan en metod som heter air sparging användas. Det innebär att man pumpar ner luft i den mättade zonen för att med hjälp av luftbubblor spola upp föroreningarna till den omättade zonen (stripping). Den förorenade porluften avlägsnas därefter från den mättade zonen genom vakuumentilation.

Fördelar med markventilation och air sparging

- Kan utföras *in-situ* och man slipper schaktning
- Sanering kan utföras även om det finns byggnader i vägen
- Lämpar sig väl vid föroreningar som trikloretan, trikloretylen, bensen, toluen, xylen, lätta oljor och bensen

Nackdelar med markventilation och air sparging

- Inte tillämplig i täta jordar eftersom transport av luft och därmed föroreningarna begränsas
- Det tar lång tid, oftast flera år, att uppnå fullgod effekt

4.4 Bio slurping

När oljeutsläpp har skett i områden där grundvattnet är beläget nära markytan, blir följden ofta att en stor del av föroreningen lägger sig som en fri fas ovanpå grundvattenytan. Så länge det förekommer fri fas är risken stor att föroreningen sprids i koncentrerad form. Därför är det viktigt att den fria fasen avlägsnas så fort som möjligt. Då kan man med fördel använda Bio

slurping istället för en sedvanlig uppumpning. Metoden används även på skyddade fria vattenytor.

Olja i fri fas försöker man ofta avlägsna med hjälp av en pumpbrunn varifrån man pumpar grundvatten och olja. Problemet är dock att det bildas en sänkningstratt i grundvattenytan runt pumpbrunnen. Inom sänkningstratten kommer oljeföroreningen att förflyttas nedåt i jorden. Mängden fri fas i pumpbrunnen reduceras ofta kraftigt, men orsaken är ej att oljan har avlägsnats, utan att föroreningen har blivit utspridd i en större jordvolym. Vid Bio slurping dras vatten och olja mot brunnen av ett kraftigt vakuum. Den nödvändiga gradienten mot brunnen behöver alltså inte skapas av en sänkningstratt. På detta sätt kan man undvika att oljeföroreningen sprids nedåt i jorden.

Ett rör förs ned i behandlingsbrunnen så att spetsen står i samma nivå som fasövergången mellan vatten och olja. Brunnen utsätts därefter för vakuum. Olja och vatten sugas upp genom röret och vidare till en vätskeavskiljare där luft och vätska separeras. Luften leds genom ett kolfilter och vätskan till en oljeavskiljare.

Tillsammans med olja och vatten kommer stora mängder luft att sugas genom jorden, vilket kan medverka till en ökning av den biologiska nedbrytningen i den omättade zonen.

4.5 Skimming

En annan variant att få bort olja i fri fas på grundvattenytan är "Skimming". En ståltrumma eller ett band roterar i vattenytan varvid oljan fastnar på metallytan för att sedan skrapas av. Olja och vatten sugas upp genom röret och vidare till en oljeavskiljare. Metoden kan användas på fria vattenytor för tyngre petroleumprodukter.

4.6 Markfilter eller reaktiva barriärer

Markfilter eller sk reaktiva barriärer kan installeras för att sanera förorenat grundvatten. Man talar om passiva eller aktiva markfilter. De installeras genom att man gräver en avskärning genom flödesvägen för det förorenade grundvattnet. Filtret placeras i avskärningen och kan bestå av olika material beroende på vad man vill fånga upp. I sin enklaste form består den av ett sandfilter. Oftare består de dock av ett reaktivt filtermaterial som består av finfördelat järn och järnoxider. En bestämd flödesväg skapas där man kan kontrollera föroreningarna. I vissa fall kan man göra ett underjordisk ledningssystem som styr vattnet mot filtret.

Exempel på föroreningar man kan sanera är klorerade lösningsmedel som perkloretylen, trikloreten, vinylklorid och trikloreten.

Fördelar med markfilter

- Man behöver inte gräva upp jorden
- Inga tekniska system som behöver övervakning
- Smidigt vid byggsammanhang då exploatering kan fortgå trots pågående sanering

Nackdelar med markfilter

- Filtret kan sättas igen och får därigenom minskad effekt
- Svårt att kontrollera vattenflödet

- Långa och djupa gravar måste grävas, ofta på stort avstånd från utsläppskällan. Klorerade kolväten finns i hela den mättade zonen, dvs att filtret skall nå ända ner till opermeabelt material.

4.7 Fysikaliska metoder som prövats i Stockholm:

Jordtvätt har prövats som pilotförsök på kvarteret Lyftkranen.

5. Kemiska metoder

5.1 Extraktion med lösningsmedel (solvent extraction) eller kemisk lakning

Metoden går ut på att använda ett lösningsmedel som främst kan separera eller ta bort skadliga organiska föroreningar men även oorganiska föroreningar, från slam, sediment och jord. Extraktion med lösningsmedel förstör inte föroreningen utan koncentrerar dem så att de kan återvinnas lättare och möjligen återanvändas eller förstöras med en annan metod.

Processen utförs genom att de förorenade massorna grävs upp och läggs i en extraktortank på plats eller transporteras iväg. Lösningemedel tillsätts och allt mixas samman varvid föroreningarna löses ut ur jorden. Processen ger upphov till flera fraktioner som måste tas om hand.

5.2 Kemisk oxidation/reduktion

Kemisk oxidation eller reduktion kan användas för att rena jordar som förorenats av både organiska föroreningar och metaller. Vid fullständig oxidation av organiska föroreningar bryts föreningarna ner till koldioxid, vatten och salter. Ozon, väteperoxid, luft och koldioxid är exempel på oxidationsmedel som används. Reduktion av organiska föroreningar är inte lika vanlig, men används till exempel vid behandling av halogenerade föroreningar som PCB, pesticider, klorfenoler och DDT. Nollvärt järn (Fe^0) kan användas vid reduktionen.

Oxidation av metaller kan t.ex. ske med hjälp av kaliumpermanganat, väteperoxid eller klorgas. Jordar med mycket organiskt material kan kräva ganska stora mängder oxidationsmedel. Metallernas tillstånd och därmed toxicitet och mobilitet förändras vid oxidationen. Reduktion av metaller kan ske med hjälp av alkalimetaller, svaveldioxid, sulfitsalter, järnsulfat etc. T.ex. kan metaller omvandlas till mycket svårlösliga sulfider. Kemisk reduktion kan användas för behandling av jord som förorenats med krom, bly, kvicksilver, kadmium mm.

Fördelar med oxidation/reduktion

- Behandlingen kan ske *in situ*.
- Väteperoxid har dubbel effekt dels som oxidationsmedel dels som syretillskott till mikroorganismer.

Nackdelar med oxidation/reduktion

- Oxidation och reduktion är inte ämnesspecifika processer. Önskade bieffekter kan erhållas, t.ex. genom att andra metaller som finns i jorden påverkas och mer mobila och toxiska former kan bildas. Generellt kan oxidationsprocesser generera fler toxiska former av metaller än reduktionsprocesser.
- Jorden bör vara homogen. Det är svårt att avgränsa behandlingsvolymen.
- Det krävs ett omfattande provtagnings och analysarbete för att säkerställa att förväntade resultat uppnås.

5.3 Elektrokinetik

Elektrokinetik är en metod där man använder sig av elektriska fält för att avlägsna laddade komponenter från jorden. Jorden vattenmättas och två elektroder, en anod och en katod, sätts ner i jorden varpå en elektrisk ström skapas. Metalljonerna går då i lösning och vandrar mot elektroderna. Efter några veckor har metallföroreningarna koncentrerats och bildat metallplåtar som kan återvinnas. De renade jordmassorna kan också återanvändas.

Metoden fungerar bäst för tungmetaller men det kan även följa med organiska komponenter med det osmotiska vattenflödet som uppstår när joner som är bundna till partikelytor börjar röra på sig.

Fördelar med elektrokinetik

- Saneringen kan utföras *in situ*

Nackdelar med elektrokinetik

- Processen är långsam, endast små områden kan i praktiken behandlas.
- Markens ledningsförmåga behöver sannolikt förbättras genom tillsats av t ex syra.
- Marken skall vara homogen och bör inte innehålla metallföremål.

5.4 Kemiska metoder som prövats i Stockholm:

Extraktion/kemisk lakning har använts i pilotprojekt på kvarteret Lyftkranen.

6. Biologiska metoder

Biologiska saneringsmetoder bygger på naturliga processer i marken som utförs av bakterier och svampar och kan leda till fullständig nedbrytning av föroreningarna. Mikroorganismerna stimuleras till att växa och dela sig, och som mat och energikälla kan de använda föroreningarna som då sönderdelas och bryts ned. Vissa mikroorganismer kan "äta" petroleumprodukter och lösningsmedel som är giftiga för människan och andra högre organismer. Dessa ämnen kan av mikroorganismerna brytas ner till ofarliga ämnen - främst koldioxid och vatten. När näringskällan har förbrukats i jorden dör mikroorganismerna och utgör inte någon föroreningsrisk.

Två grundläggande principer finns. Den ena går ut på att optimera temperatur, syrehalt och näringsämnen för att stimulera de mikroorganismer som redan finns i jorden. Den andra går ut på att tillsätta organismer som inte finns naturligt men vars effekt har utprovats tidigare. Att tillsätta "patentorganismer" är dock med få undantag olämpligt. De organismer som redan finns på platsen är anpassade till miljö och substrat till skillnad från "patentorganismerna".

6.1 Behandling *In situ*

Den biologiska behandlingen sker på plats utan att jordmassorna måste grävas upp. Nedbrytningen kan stimuleras genom att vatten som är närings- och syretillsatt får infiltrera jorden. I kallare klimat kan det vara aktuellt att försöka täcka jorden så att värmen bibehålls, annars avstannar nedbrytningen.

In situ behandling är lämplig om stora mängder är förorenade och uppgrävning och borttransport är för dyrt eller inte tekniskt möjligt. Ett exempel på *in situ* behandling är Bioventilation.

6.2 Bioventilation

Vid bioventilation tillförs syre för att optimera miljön för mikroorganismerna. Genom tillförsel av syre kan den biologiska nedbrytningsprocessen återupptas och föroreningen brytas ner. I vissa fall kan även näringsämnen i form av kväve och fosfor tillsättas.

Bioventilering kan i huvudsak delas upp i tre olika metoder:

1. Aktiv tillförsel av luft genom att pumpa in luft i marken
2. Ventilering, genom att suga ut porluft eller mark- och/eller grundvatten ur jorden
3. Uppgrävning av jorden så att luft får tillträde

6.3 Behandling *Ex situ*

Ex situ metoder kan vara snabbare och lättare att kontrollera än *in situ* metoderna. Nackdelen är att de kräver schaktning och i vissa fall måste kombineras med andra reningstekniker före eller efter den biologiska reningsbehandlingen. Saneringen sker genom att massorna grävs upp och sedan behandlas på olika sätt. Två huvudtyper av *ex situ* behandling finns: Bio-slurry och kompostering.

6.4 Bio-slurry

I Bio-slurry blandas förorenad jord med vatten och andra additiv, till exempel bakterier, i en stor tank (bioreaktor). Genom omblandning kommer mikroorganismerna i kontakt med föroreningarna och genom tillskott av syre och näringsämnen optimeras nedbrytningsförhållandena. Detta är en mycket effektiv metod som kan bryta ner mer persistenta föroreningar. När behandlingen är klar separeras jord och vatten från varandra.

6.5 Kompostering

Beroende på hur komposten byggs upp har metoderna olika benämningar, men fungerar i grunden efter samma principer. Genom att man kontrollerar fuktighet, temperatur, näringsämnen och syretillförsel hjälper man till att förstärka den naturliga nedbrytningen som sker i jorden.

Handhavandet av komposteringsmetoderna är relativt lätta. Nackdelarna är att det krävs stora uppläggningsytor och att det tar ganska lång tid att uppnå tillräcklig nedbrytningsgrad. Ett sätt är strängkompostering, materialet läggs ut i långa strängar och blandas med hästgödsel eller flis för att skynda på nedbrytningsprocessen. Strängarna luftas genom vändning med jämna mellanrum. Massorna kan också spridas ut i ett tunt lager över en större yta, s.k. landfarming. Vid statisk kompostering läggs massorna upp med luftningsskikt med jämna mellanrum och här behöver inte materialet bearbetas för att luftas.

- Vid kompostering kan jordtemperaturen bli mycket hög (komposten brinner). Det finns då stor risk att flyktiga komponenter avgår till luften.
- Tillsatser av hästgödsel, sågspån och annat organiskt material innebär att jordens halt av organiska ämnen ökar vilket i sin tur gör att dess användbarhet i byggsammanhang minskas

Fördelar med Biologiska reningsmetoder

- Tanken är att utnyttja helt naturliga processer till att bryta ner föroreningarna till koldioxid och vatten
- Marken behåller sina biologiska egenskaper efter saneringen och blir inte förstörd som vid andra behandlingar
- Belastningen på miljön liten vid *in situ*-behandling

Nackdelar med Biologiska reningsmetoder

- Metoderna ännu under utveckling och inte helt optimerade
- Resultatet av nedbrytningsprocesserna kan ibland bli biprodukter som är mer toxiska än de ursprungliga ämnena.
- Vid *in situ* behandling kan dessa biprodukter förflyttas till vattenfasen (t.ex. grundvattnet) som då måste renas
- Vid biologisk sanering finns det risk att jordens giftighet först ökar för att därefter minska igen. Det är därför viktigt att veta att nedbrytningen fortsätter som den ska och inte stannar av efter de första stegen.
- Metoden fungerar bäst på grovkorniga jordar. Leror kan stänga in föroreningar och göra dem oåtkomliga för mikroorganismerna.
- Biotillgängligheten av föroreningarna är ett av de största problemen med biologisk sanering. Om inte föroreningen är tillgänglig för mikroorganismerna kan den heller inte brytas ner av dem. Tiden som föroreningen funnits i jorden påverkar också tillgängligheten kraftigt. En föroreningmolekyl som haft 50 år på sig att tränga in i en jordpartikel kan vara extremt svår att få ut igen.
- Biologiska behandlingsmetoder är begränsade till vissa organiska föreningar.

6.6 När ska biosanering användas?

Om jorden är förorenad med nedbrytbara organiska föroreningar så som bensin, diesel och dylikt kan biosanering vara ett kostnadseffektivt alternativ. Om det däremot finns höga koncentrationer av metaller eller ämnen som är giftiga för mikroorganismer är biosanering olämplig.

6.7 Biologiska metoder som prövats i Stockholm:

I Värtahamnen används Bioventilation för sanering av olja i jorden.

Biosanering prövades för sanering av Blekholmstorget. Där fanns tjocka lager med PAH vilket var för svårnedbrytbart för bakterierna.

7. Referenser:

A. Ahlgren mfl, 2001. Saneringsmetoder för förorenad mark. Grupparbete Ht 2001, KTH, Avd för mark- och vattenresurser 2001-11-01

Marksaneringsinfo: <http://home.swipnet.se/marksanering/index.htm>

Soilrem: www.soilrem.se

Däldehög Miljö AB: <http://www.daldehyogmiljo.se/>

Lyftkranen – teknikdemonstration för efterbehandling. 1999. Naturvårdsverket. ISBN 91-620-5020-6

8. Mer information och vägledning:

Renare Mark: <http://www.renaremark.se/>

SPIMFAB: <http://www.spimfab.se/>

Naturvårdsverket: <http://www.naturvardsverket.se/>

Kemikalieinspektionen: <http://www.kemi.se/>

Länsstyrelsen i Stockholms Län: <http://www.ab.lst.se>

EkoTec: <http://www.ekotec.se/>

Svenska Geotekniska Föreningen: <http://www.sgf.net>