



CHALMERS



Undersökning om kunskapen och användningen av mykoremediering, fytoremediering och jordförbättringsmedel i Sverige

En enkätstudie

Kandidatarbete inom förorenade områden

Magdalena Berghel

Mathias Bergqvist

Johanna Hörnelius

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

Undersökning om kunskapen och användningen av mykoremediering, fyto Remediering och jordförbättringsmedel i Sverige

En enkätstudie

Magdalena Berghel, Mathias Bergqvist, Johanna Hörnelius

© 2021 Magdalena Berghel, Mathias Bergqvist, Johanna Hörnelius

Handledare: Yevheniya Volchko

Examinator: Lars Rosén

Kandidatarbete 2021

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

ACEX10-21-38

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Telefon +46 31 772 1000

Omslagsbild: © Mathias Bergqvist

Förord

Denna rapport är ett kandidatarbete på civilingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. Arbetet har genomförts av Magdalena Berghel, Mathias Bergqvist och Johanna Hörnelius under våren 2021. Kandidatarbetet ger 15 högskolepoäng.

Tack till

Vi vill främst tacka vår handledare Yevheniya Volchko som bidragit med ett bra stöd, goda diskussioner och positivitet under hela arbetets gång.

Vi vill även tacka Jenny Norrman som bidragit med bra input och kommentarer under arbetets gång.

Ett stort tack till Nätverket Renare Mark som hjälpt oss att distribuera enkäten.

Vi vill även ge ett stort tack till alla som tagit sig tid att svara på enkäten.

Sammanfattning

I dag finns det cirka 80 000 förorenade områden i Sverige. En vanlig metod vid saneringsprojekt är att förorenade jordmassor schaktas upp och läggs på deponi. Transporter av förorenad jord, och därmed sekundära utsläpp, till deponi är exempel på en konsekvens av denna konventionella saneringsmetod. Deponier är även i sig en källa till negativa miljökonsekvenser som exempelvis utlakning av föroreningar till närliggande områden. Användningen av dessa konventionella saneringsmetoder är idag oundvikligt för förorenade områden med ett högt exploateringsstryck men de kan potentiellt undvikas genom att implementera naturbaserade saneringsmetoder vid förorenade områden med lägre exploateringsstryck och tidspress.

De naturbaserade saneringsmetoder som undersöks i rapporten är mykoremediering, fyto remediering och fastläggning med jordförbättringsmedel. Med hjälp av växter, svampar och/eller jordförbättringsmedel kan dessa saneringsmetoder minska riskerna för föroreningsspridning till människor och miljö och har samtidigt möjlighet att förbättra jordens kvalitet. Syftet med rapporten är att skapa möjligheter för en ökad förståelse om hur utbredd kunskapen är för naturbaserade saneringsmetoder i Sverige. Undersökningen genomförs med hjälp av en enkät som distribueras till Sveriges 290 kommuner och till nätverket Renare Marks medlemmar via deras månatliga nyhetsbrev och sociala medier.

Enkätresultatet visar på en varierande kunskap om de tre naturbaserade saneringsmetoderna. Av totalt 153 respondenter svarade 113 (74%) att de kände till en eller flera av metoderna. Majoriteten av respondenterna, 87 (57%) personer, kände till fyto remediering. 68 (44%) respondenter kände till jordförbättringsmedel och 42 (27%) respondenter kände till mykoremediering. Vidare visar enkätresultatet att endast ett fåtal respondenter kände till saneringsprojekt i Sverige där metoderna används, varav endast 8 projekt kunde identifieras från de givna enkätsvaren. Enkätresultatet visar att det finns en osäkerhet i huruvida metoderna kommer att användas mer i framtiden. 40 procent svarade att de inte vet om någon av metoderna kommer att få en ökad användning.

De respondenter som är bekanta med en eller flera av saneringsmetoderna ser de som miljövänliga, resurseffektiva och som ett sätt att återställa ekosystemtjänster. Samtidigt ser respondenterna tidsbrist, kunskapsbrist och brist på aktörer som hinder för implementering av dessa metoder i Sverige. Kunskapsbristen hänger ihop med både en låg användning och de hinder som finns för naturbaserade saneringsmetoder. Om användningen av naturbaserade saneringsmetoder inte ökar kommer antagligen inte kunskapsbristen att minska, men om kunskapsbristen inte minskar kommer antagligen inte användningen att öka. Detta blir en ond cirkel som skapar ett hinder för naturbaserade saneringsmetoders framtid.

Ett sätt att bryta den onda cirkeln skulle kunna vara mer samarbeten mellan aktörer efter genomförda pilotprojekt, detta skulle kunna bidra till att lärdomar och kunskap från projekt förs vidare och omsätts i praktiken. Ett annat sätt att minska kunskapsbristen är att fler projekt utförs med metoderna, exempelvis på områden med låg riskklassning, där föroreningshalterna är låga till måttliga, och där det inte finns ett högt exploateringsstryck. En långsiktig planering för hur sanering av områden utan högt exploateringsstryck ska genomföras skulle kunna öka acceptansen hos tillsynsmyndigheter och bidra till en ökad användning av naturbaserade saneringsmetoder.

Investigating knowledge and the use of mycoremediation, phytoremediation and soil amendments in Sweden – A questionnaire study.

Abstract

There are about 80 000 potentially contaminated sites in Sweden today. A common remediation method in Sweden is to excavate the contaminated soil and dispose it at a landfill site. The transportation of contaminated soil is associated with extensive greenhouse gas emissions. Leachate of contaminants at landfill sites to surrounding areas is an undesired consequence of landfills and conventional remediation methods. These extensive interventions can potentially be mitigated with nature-based remediation solutions at contaminated sites with a non-urgent need of exploitation, but they are difficult to avoid in areas with an urgent need of development.

This report is focusing on the use of three nature-based remediation methods: mycoremediation, phytoremediation and stabilization of contaminants with soil amendments. These are low-impact methods which use plants, fungi and/or soil amendments to reduce the risks posed by contaminants to human health and the environment while improving soil quality and its ecological functions. The aim of this report is to study the knowledge about and how widespread the use of these three nature-based remediation methods is in Sweden. The data is collected through a survey that is sent to Sweden's 290 municipalities. The survey is also distributed by Nätverket Renare Mark through their monthly newsletter and their social media accounts.

The result of the questionnaire shows a varied knowledge about the three nature-based remediation methods. 87 (57%) respondents were familiar with phytoremediation. 68 (44%) respondents knew about soil amendments and 42 (27%) respondents were familiar with mycoremediation. Only a few of the respondents had information to share about remediation projects that had been realized in Sweden. 8 individual projects could be identified through the information shared by the respondents. The survey results show an uncertainty with respect to the respondents' belief that the use of the methods will increase, with 40 % saying that they do not know if the methods will be used more in the future.

The respondents that were familiar with one or more of the remediation methods believe that the methods are environmentally friendly, resource effective and a way to restore ecosystem services. They however also think that there are some obstacles to implement these methods in Sweden, mainly a time pressure in remediation projects, knowledge gaps in the application of these methods and a few remediation contractors that can deliver these methods. The gaps are related to the rare usage of these methods, but if the usage of these methods does not increase neither might the knowledge gaps be bridged. This forms a vicious circle which hinders the increased usage of these nature-based remediation methods.

One way to break this circle might be to increase cooperation between actors that carry out pilot-studies of these methods and the knowledge gained, and lessons learned during these trials might be put in to practice more effectively. Another way to suppress the knowledge gap is to increase use of these methods at contaminated sites with low to moderate contamination levels and with no time pressure. A thorough plan on implementation of nature-based remediation methods at sites which are not sensitive to remediation time may increase the acceptance of regulatory agencies and promote increased use of these methods.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte och mål	2
1.3. Avgränsningar	2
2. Teori	3
2.1. Riskklassning	3
2.2. Föroreningar i Sverige	4
2.2.1. Organiska föroreningar	4
2.2.2. Oorganiska föroreningar	5
2.3. Naturbaserade saneringsmetoder	6
2.4. Mykoremediering	6
2.4.1. Fungi i ekosystem	7
2.4.2. Fungi som saneringsverktyg	8
2.4.3. Vitträtesvampar	8
2.4.4. Brunträtesvampar	9
2.4.5. Fördelar med mykoremediering	9
2.4.6. Implementeringshinder	9
2.5. Fytoremediering	11
2.5.1. Processer inom fytoremediering	11
2.5.2. Användningsområden	14
2.5.3. Fördelar med fytoremediering	14
2.5.4. Implementeringshinder	15
2.6. Fastläggning av föroreningar med jordförbättringsmedel	16
2.6.1. Biotillgänglighet och fastläggning	17
2.6.2. Olika typer av jordförbättringsmedel	17
2.6.3. Implementeringshinder	18
3. Metod	20
4. Resultat av enkätstudie	22
4.1. Kunskap om saneringsmetoderna	22
4.2. Kartläggning av projekt i Sverige	25
4.3. Framtida implementering av naturbaserade saneringsmetoder	27
4.4. Resultat från tillsynsmyndigheter	28
5. Diskussion	31
5.1. Användning i framtiden	32
5.2. Kunskap om projekt i Sverige	32
5.3. Tillsynsmyndigheter	33
5.4. Osäkerheter i enkätstudie	34
6. Slutsatser	35

Litteraturförteckning

36

Bilagor

41

1. Inledning

Ett av Sveriges 16 nationella miljömål är *Giftfri miljö* som syftar till att minska och förebygga spridningen av farliga ämnen i miljön för att skydda människors hälsa samt den biologisk mångfalden (Sveriges miljömål, 2020). Toxiska och miljöfarliga ämnen sprids och har spridits till miljön genom mänskliga aktiviteter och verksamheter. För att skydda människors hälsa och miljön måste åtgärder ske, som exempelvis sanering av förorenade områden. En av preciseringarna av målet *Giftfri miljö* lyder "Förorenade områden är åtgärdade i så stor utsträckning att de inte utgör något hot mot människors hälsa eller miljön" (Naturvårdsverket, 2020d). För att uppnå det målet krävs att fler förorenade områden saneras.

1.1. Bakgrund

Förorenade områden är områden där farliga och skadliga ämnen utgör ett hot mot miljö och människor (Länsstyrelsen Västra Götaland, u.å.). Länsstyrelsen beskriver att det kan vara mark- eller vattenområden där hälso- och miljöfarliga föroreningar avsatts genom olika typer av verksamheter eller industrier. Det kan även innefatta föroreningar i yt- och grundvatten, sediment eller byggnader och anläggningar. Exempel på verksamheter som kan bidra till utsläpp av föroreningarna är olika typer av industrier, oljedepåer och gruvverksamhet, skjutfält eller avfallsdepåer. där områden exempelvis kan förorenas genom utsläpp av föroreningar via avloppsvatten till vattendrag, läckage eller spill till omkringliggande mark eller på grund av giftiga ämnen som placerats på avfallsdeponi (Sveriges miljömål, u.å.).

I Sverige finns cirka 80 000 potentiellt förorenade områden (SGU, 2019). Många av områdena är en konsekvens av tidigare industrier och verksamheter. Med en ökande urbanisering och växande städer finns en stor efterfrågan på bland annat gamla industriområden där nybyggnation av bostäder och anläggningar kan ske på ett hållbart sätt. Detta skapar ett behov för att sanering av förorenade områden sker på ett sätt som inte vidare skadar miljö eller människor och där marken efter sanering blir brukbar. Efterbehandling av förorenade områden är en mycket kostsam process. Enligt en rapport skriven av CJ Carlbom m.fl. (2016) beräknas åtgärderna av förorenade områden kosta minst 60 miljarder kronor och ta upp till 40 år, detta enbart för de värst förorenade områdena i Sverige.

De konventionella efterbehandlingsmetoderna som exempelvis schaktsanering och efterföljande deponering eller behandling, antingen på plats eller på annan anläggning. Detta kan bidra till höga kostnader, arbetsrelaterade olyckor samt i vissa fall vidare miljöpåverkan, de är idag dock oundvikliga för områden med högt exploateringsstryck och höga föroreningshalter. Vid deponering av förorenad jord förflyttas föroreningsproblemet till en annan plats. Deponier kan orsaka spridning av miljögifter till omgivningen, både ytvatten och grundvatten, om lakvatten från deponier inte omhändertas på rätt sätt (Naturvårdsverket, 2020c). En annan typ av efterbehandling är att använda sig av naturbaserade saneringsmetoder. Exempel på naturbaserade saneringsmetoder är mykoremediering (mycoremediation), som är användningen av svampar för att behandla förorenade områden, fyto remediering (phyto remediation) som är användningen av växter för att sanera mark samt användningen av jordförbättringsmedel (soil amendments) för att fastlägga föroreningar och förbättra jordens kvalitet. Dessa saneringsmetoder är lämpliga för större områden där halterna av föroreningar är låga till måttliga (Andersson-Sköld m.fl., 2009). Saneringsmetoderna sker i regel *in situ* vilket gör att man inte utsätter miljön för sekundära utsläpp, exempelvis transport av jord till deponier, i lika stor utsträckning. Ändå är kunskapen, implementeringen och användningen av metoderna väldigt liten i Sverige. Eftersom användningen är låg i Sverige är det intressant att undersöka och kartlägga dess användning, kunskap och utbredning i Sverige.

1.2. Syfte och mål

Syftet med arbetet är att skapa möjligheter för en ökad förståelse om hur utbredd kunskapen och användningen är för mykoremediering, fyto remediering och jordförbättringsmedel i Sverige.

Delmål med rapporten är att ge svar på följande frågeställningar:

- Hur utbredd är användningen av naturbaserade saneringsmetoder i Sverige?
- Hur utbredd är informationen om projekt genomförda med naturbaserade saneringsmetoder i Sverige?
- Vad finns det för åsikter om att använda naturbaserade saneringsmetoder i Sverige?
- Vad finns det för fördelar och svårigheter med att implementera naturbaserade saneringsmetoder i Sverige?

1.3. Avgränsningar

Inom ramen för detta arbete undersöks användningen och kunskapen för enbart de tre naturbaserade saneringsmetoderna mykoremediering, fyto remediering och fastläggning av föroreningar med jordförbättringsmedel. Arbetet innefattar kartläggning av kunskap och användning för de valda saneringsmetoderna i Sverige genom en enkätstudie. Undersökningen sammanställer enbart de svar som samlas in med hjälp av enkäten samt de projekt som respondenterna har identifierat. Respondenterna består av representanter från Sveriges kommuner och medlemmar från Nätverket Renare mark. Detta för att resultaten från datainsamlingen ska ge en rättvis bild av kunskapen och implementeringen av naturbaserade saneringsmetoder i branschen och över hela landet.

2. Teori

I detta kapitel ges en översikt över riskklassning av förorenade områden i Sverige, vanligt förekommande föroreningar samt de tre naturbaserade saneringsmetoderna, mykoremediering, fytoremediering och fastläggning av föroreningar med hjälp av jordförbättringsmedel, som ligger i fokus för rapporten.

2.1. Riskklassning

Länsstyrelsen har skapat en nationell databas (EBH-stödet) där riskklassade och misstänkt förorenade områden identifierats och kartlagts (SGI, 2020). I EBH-kartan kan flera källor till förorenade områden urskiljas. Några industrier och verksamheter som varit orsaker till föroreningar i mark och vatten i Sverige är enligt EBH-kartan hamnverksamhet som exempelvis fribåtshamnar, uppställningsplatser och varv. Dessa kan bidra med föroreningar i form av halogenerade lösningsmedel eller giftiga båtbottnfärger. Andra verksamheter är före detta kemtvättar och textilindustrier där lösningsmedel använts, drivmedelshantering som bilverkstäder och bilvårdsanläggningar eller verkstadsindustrier som arbetat med gummiproduktion, tillverkning av krut- och sprängämnen eller järn- och ståltillverkning. Även skrothantering och avfallsstationer har varit möjliga orsaker.

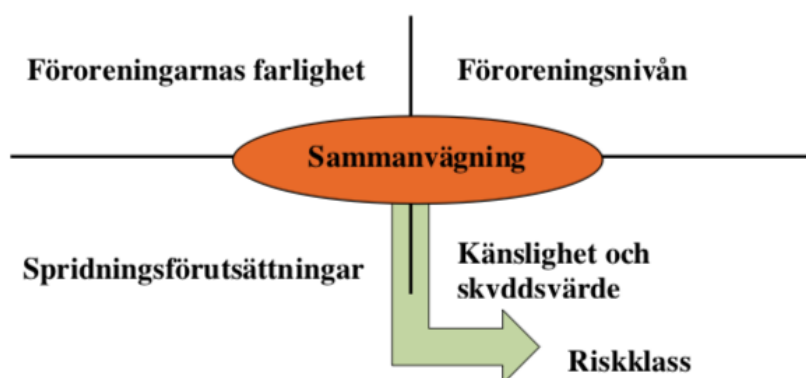
För att klassificera områden är det första steget att identifiera potentiellt förorenade områden. Identifieringen innebär att hitta områden där det har bedrivits verksamhet som kan ha förorenat mark samt grund- och ytvatten. Områdena placeras i en branschklass (branschklass 1–4) (Naturvårdsverket, 1999). Branschklassningen är en samlad bedömning av de risker som finns för människa och miljö som objektet medför, både nu och i framtiden. Till hjälp för att kunna genomföra en bedömning finns blanketter från Naturvårdsverket. Bland annat vägs föroreningarnas farlighet, föroreningsnivån, spridningsförutsättningar, känslighet och skyddsvärde in. Med hjälp av dessa fyra faktorer görs en sammanvägning så att en riskklassning kan göras, se figur 1. Den färdiga bedömningen ska genomföras så att objektet kan delas in i någon av de fyra riskklasserna:

Klass 1 – Mycket stor risk

Klass 2 – Stor risk

Klass 3 – Måttlig risk

Klass 4 – Liten risk



Figur 1. Sammanvägning för genomförande av riskklassning för förorenade områden, från (Carlblom, Joelsson, & Tang, 2016).

Av de 26 000 områden som hittills har riskklassats i Sverige klassas 1 100 områden som riskklass 1, alltså utgör de områden störst risk för miljö och hälsa (Naturvårdsverket, 2020e). Riskklass 2 innefattar 7 900 områden samt 11 000 i riskklass 3 och 6000 områden i riskklass 4. Eftersom de områden som

bidrar till störst risk ska åtgärdas först är det ännu endast riskklass 1 och 2 som omfattas av Naturvårdsverkets saneringsanslag, vilket är ett bidrag till länsstyrelser och kommuner för sanering av förorenade områden (Naturvårdsverket, 2020e).

2.2. Föroreningar i Sverige

Vilken typ av förorening som ska omhändertas bestämmer vilken typ av naturbaserad saneringsmetod som kan användas för effektiva saneringsresultat (OVAM, 2019). För att skapa en hanterbar bild över relevanta föroreningar kan man gruppera de efter egenskap och struktur, se figur 2. Det ska nämnas att denna gruppering är en förenkling av verkligheten. Endast ett urval av de föroreningar som har potential att behandlas med någon av de tre ovannämnda naturbaserade saneringsmetoderna har tagits upp i rapporten.

Miljögifter kan delas upp i organiska eller oorganiska föroreningar. En fundamental skillnad mellan dessa, i kemiska termer, är att organiska föroreningar alltid innehåller kol. De flesta oorganiska föroreningar saknar kol i sin molekylära struktur. Naturbaserade saneringsmetoder, exempelvis fyto- och mykoremediering, har möjlighet att bryta ned och oskadliggöra ett flertal organiska föroreningar medans andra mekanismer verkar för att sanera oorganiska föroreningar, exempelvis biosorption (Gadd, 2004; OVAM, 2019). Biosorption innebär att föroreningar tas upp i den biologiska massan hos fungi eller växter.

2.2.1. Organiska föroreningar

Organiska föroreningar kan delas upp i klorerade lösningsmedel, långlivade organiska föroreningar (POP) och föroreningar som härstammar ifrån oljeprodukter. Denna strukturering är inspirerad av OVAM (2019), men förenklad med hänsyn till de saneringsmetoder som ligger i fokus i denna rapport.

Klorerade lösningsmedel

Tetrakloreten (PCE) och trikloreten (TCE) är två vanligt förekommande föroreningar som misstänks ha en cancerogen effekt hos människor (Guyton m.fl., 2014; Mayans m.fl., 2021). De sjunker och lagras i bottensediment och är därför relativt komplicerade att sanera och deras persistens gör att de blir kvar i naturen under lång tid. TCE är idag förbjudet att användas enligt REACH-förordningen medans PCE är förbjudet att användas för enskilt bruk (Kemikalieinspektion, 2021).

Långlivade organiska föroreningar

Polyklorerade bifenyler (PCB) tillhör långlivade organiska föroreningar (persistent organic pollutants, POP) (Kemikalieinspektionen, 2021a). Att dessa föroreningar är svårnedbrytbara och långlivade leder till att de fortfarande idag är en miljöfara. En annan vanligt förekommande långlivad organisk förorening är insektsmedlet diklordifenyltrikloretan (DDT). DDT förbjöds i Sverige på 1970-talet efter att forskning visat att ämnet bland annat är cancerogent samt att det bioackumuleras och biomagnifieras i näringskedjan med många hälsorisker som följd för djur och människa (Deribe m.fl., 2013; Naturvårdsverket, 2020a).

Till de långlivade organiska föroreningarna hör även högfluorerade ämnen, så kallade PFAS. Dess breda funktionalitet har gjort PFAS mycket vanligt förekommande i produkter, men nyproduktion är förbjuden inom EU sedan 2008 (Naturskyddsföreningen, u.å.). De är mycket svårnedbrytbara i naturen men det finns potential till remediering av dessa med både fyto- och mykoremediering (Gobelius, 2016; Merino, 2016).

Oljeprodukter

BTEX är ett samlingsnamn för bensen, toluen, etylbensen och xylener. Bensen är giftigt för vattenlevande varelser och är inte lösligt i vatten (Naturvårdsverket, 2019). Det bryts ned långsamt i vatten och mark och därför föreligger en risk för förorening av grundvatten vid utsläpp i mark och miljö. Toluen, etylbensen och xylen förekommer i bensin vilket gör spill och läckage av drivmedel till en primär källa till utsläpp av dessa föroreningar (Bäckström m.fl., 2012).

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) är en grupp vanligt förekommande icke-klorerade organiska föreningar som är biprodukter av ofullständig förbränning av organiskt material (WGPAH, 2001). PAH sprids med förbränningsångor och kan därför med vinden avsättas i naturen på andra platser än där de ursprungligen skapades. Ett flertal polycykliska aromatiska kolväten är misstänkt cancerogena (ASTDR, 1996).

2.2.2. Oorganiska föroreningar

Oorganiska föroreningar kan delas upp i metaller/halvmetaller och icke-metaller. Icke-metaller saknar de egenskaper som de flesta metaller besitter: exempelvis hög densitet, hög smältpunkt samt god konduktivitet. Halvmetaller befinner sig egenskapsmässigt mellan metaller och icke-metaller.

Metaller och halvmetaller

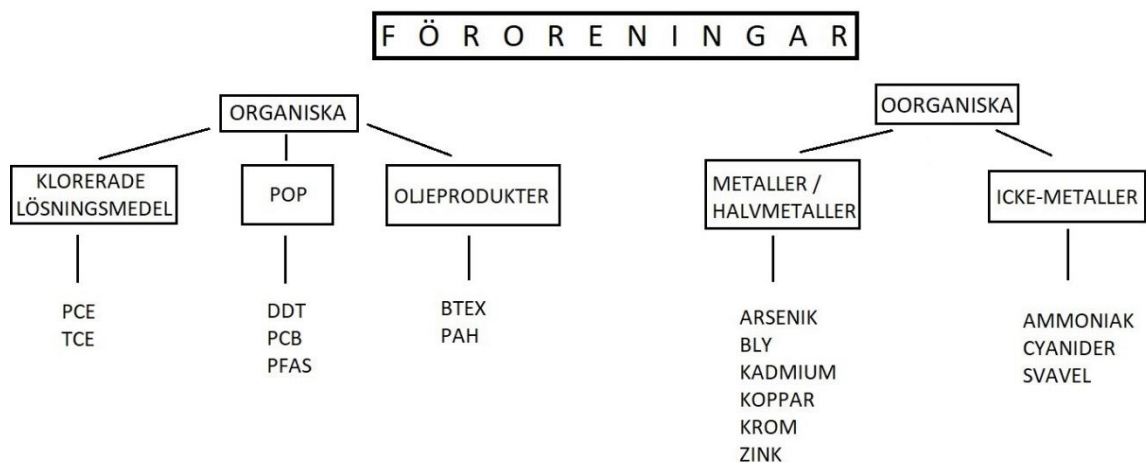
Metaller och halvmetaller är grundämnen som är naturligt förekommande i marken i små mängder (Luch m.fl., 2012). Vid höga halter kan dessa dock ha en toxisk effekt och vara skadliga för växter, djur och människor. Enligt Naturvårdsverket (2020b) är vanligt förekommande metallföroreningar i Sverige bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver och zink. En vanligt förekommande halvmetallisk förorening är arsenik. Militär verksamhet har avsatt tungmetaller i naturen, i synnerhet bly men också halvmetallerna arsenik och antimon (Edlund m.fl., 2001; Hagman, 2018; Rådberg, 2012).

Icke-metaller

Enligt Naturvårdsverket (2020f) släpptes det ut 53 tusen ton ammoniak i Sverige 2019. Ammonium är en svag syra som oxiderar i naturen till nitrat vilket i sin tur leder till fria vätejoner som har en försurande effekt. Pilotförsök har påvisat en minskning av ammoniak i naturliga miljöer med hjälp av vattenhyacint, *Eichhornia crassipes* (Ting m.fl., 2020). Kalk är ett vanligt jordförbättringsmedel som verkar för att höja pH-värdet i försurade miljöer.

Cyanider är ett exempel på en icke-metallisk föroreningsgrupp. I Sverige har utsläpp av cyanider skett bland annat från metallåtervinningsprocesser (Andrén, 2016). Naturvårdsverket (2020g) skriver att cyanider är extremt giftigt för vattenlevande organismer och leder till negativa långtidseffekter vid utsläpp i naturliga miljöer. Många cyanider är mycket giftiga för människor och kan vara dödliga vid hudkontakt, inandning eller förtäring.

Svavel är ytterligare en källa till försurning. I atmosfären kan svaveldioxid oxidera till svavelsyra (SMHI, 2016). Stora källor till utsläpp av svaveldioxid är bland annat raffinaderier och sjöfart. Jordförbättringsmedlet kalk används i stor skala i Sverige för att återställa områden som påverkats mycket av försurning.



Figur 2. En schematisk illustration av vanliga föroreningar i Sverige som har potential att saneras med naturbaserade saneringsmetoder.

2.3. Naturbaserade saneringsmetoder

Naturbaserade saneringsmetoder är tekniker för riskhantering av förorenad mark. Saneringen ska leda till förbättrade förhållanden för jorden och får inte leda till försämrade markförhållanden samt att det ska bidra till en effektiv sanering, detta skriver Cundy m.fl. (2016) i rapporten *Brownfields to green fields: realising wider benefits from practical contaminant phytomanagement strategies*. Författarna fortsätter förklara att naturbaserade saneringsmetoder kan leda till många fördelar som både ekonomiska, miljömässiga och sociala. Ett exempel som tas upp är att implementering av naturbaserade saneringsmetoder kan minska andelen yta med ogenomtränglig mark i städer och på så sätt minska risk för översvämningar och dagvattenproblem. Andra fördelar kan vara generering av biomassa, restaurering av ekosystem och djursamhällen, koldioxidbindning eller skapandet av plats för rekreation (Cundy m.fl., 2013a).

Utbredning av naturbaserade saneringsmetoder sker i liten grad och de används sällan för sanering av förorenad mark, särskilt i Europa (Cundy m.fl., 2013a). Det finns en viss skepsis trots effektiv hantering av risker, främst på grund av att föroreningarna kan finnas kvar i marken efter sanering (Cundy m.fl., 2013b). Några av de hinder som finns för implementering av metoderna är kravet på en snabb sanering, till följd av att marken som saneras i många fall ska återanvändas för annat bruk, eller att fokus till stor del ligger på sanering av områden med kritiska risker (Cundy m.fl., 2013b). Detta gör att naturbaserade saneringsmetoder inte ses som alternativ eftersom de fungerar bättre för större områden och att saneringen oftast tar längre tid jämfört med konventionella metoder (Cundy m.fl., 2013b). De naturbaserade saneringsmetoderna som fokuseras på i den här rapporten är användningen av växter, svampar och/eller jordförbättringsmedel.

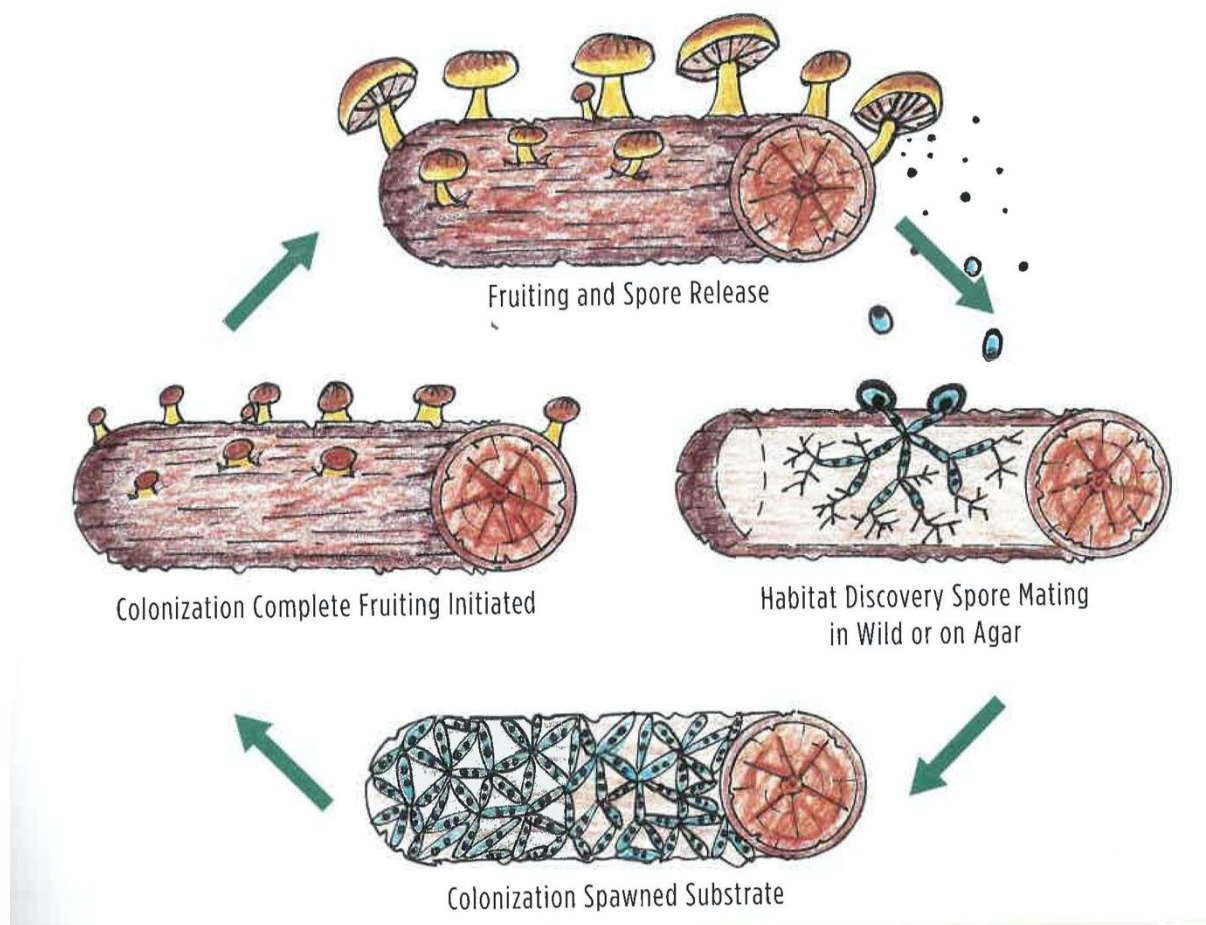
2.4. Mykoremediering

Mykoremediering är den saneringsmetod där svampar används för att oskadliggöra toxiska ämnen i naturen som kan vara till skada för växter, djur eller människa (Rehman m.fl., 2018). Att bryta ned föroreningar med hjälp av svampar är en teknik som har varit känd för forskare sedan mitten av 1900-talet. Prasad m.fl., (2018) förklarar att remediering med hjälp av fungi har potential att bli en mycket kostnadseffektiv och miljövänlig metod för att rena mark och grundvatten från en stor variation av xenobiotiska ämnen. Vidare skriver Cheek m.fl., (2020) att människan idag inte har full förståelse för svampars roll i naturens kretslopp. Detta är delvis en konsekvens av svag forskning historiskt inom

ämnet samt svampars komplicerade och främmande livscykel som ofta är gömd för vår syn, till skillnad från djur och växter.

2.4.1. Fungi i ekosystem

Fungi är ett stort släkte encelliga och flercelliga organismer som lever i de flesta av jordens biotoper (Cheek m.fl., 2020). Mängden arter i riket fungi uppskattas vara stor – cirka 150 000 arter finns beskrivna i forskningen, vilket dock uppskattas vara mindre än 10% av det totala antalet arter i riket fungi. I jämförelse uppskattas det finnas cirka 400 000 arter i växtriket. Denna mångfald av arter visar sig i den funktionella diversitet av svampars föda, beteende och hårdighet. Prasad m.fl. (2018) beskriver hur mykoremediering har potential att förvandla kontaminerade områden till välmående ekosystem med hög biologisk mångfald, men att detta idag är svåruppnåeligt på grund av den expertis som krävs inom mykologi i allmänhet och mykoremediering i synnerhet.



Figur 3. Fungis livscykel, från (Cotter, 2014).

Livscykeln för arter inom riket fungi börjar, generellt, med sporer (Petersen, 2012). Dessa sporer är mycket små, storleksordningen totalt mikrometer, och de utsöndras av fruktkroppar när de är mogna. Det är dessa fruktkroppar som i dagligt tal kallas för svampar, men i denna rapport syftar *svamp* till en medlem av riket fungi. Petersen (2012) beskriver att när sporer utsöndras av fruktkroppen färdas de med väder och vind till en plats där de, vid fördelaktiga levnadsförhållanden, kan börja gro. När en spora börjar att gro utvecklar den trådliknande strukturer som kallas för hyfer. Över tid breder detta trådlika nätverk ut sig i substratet och bildar komplexa nätverk som kallas för mycel. I hyfernas ändrar utsöndras enzymer som bryter ned näringsämnen i substratet som sedan kan fördelas ut i mycelet

som näring åt organismen. Efter en tid kan mycelet producera fruktkroppar som växer på substratets yta. När fruktkropparna är mogna utsöndrar de sporer och svampens livscykel är fulländad, se figur 3.

Till skillnad från växter, som i stor utsträckning använder sig av fotosyntesen för att tillgodogöra sig energi, är svampar saprofyter (Engelbrecht, 2006). Saprofyter är organismer som livnär sig på att bryta ned och ta upp näring ur dött organiskt material. Denna mekanism ger svampar möjligheten att bryta ned växtmaterial och döda djur till mindre beståndsdelar som kan distribueras ut i mycelet som näring, vilket är en viktig del i det biologiska kretsloppet för de flesta habitat i världen. Denna källa till näring är något som många växter utnyttjar via en symbios som kallas för mykorrhiza (van der Heijden m.fl., 2015). Mykorrhiza är en symbios mellan majoriteten av världens landlevande växter och svampar. Av de 150 000 arter av svampar som finns beskrivna idag vet man att minst 30 % av dessa använder sig av denna symbios tillsammans med cirka 90 % av världens växter (Cheek m.fl., 2020).

Det finns olika typer av mykorrhiza som inte kommer att särskiljas på i denna rapport, men en gemensam nämnare för dessa är att en svamps hyfer och en växts rötter förbinder sig till varandra och utbyte av näring kan ske mellan organismerna. Symbiosen kan ge växter tillgång till mycelnätverket vilket möjliggör ett större upptag av mineraler och näringsämnen ur marken och svampar kan få tillgång till de näringsprodukter växter skapar via fotosyntesen (van der Heijden m.fl., 2015).

van der Heijden m.fl. (2015) fortsätter att förklara att denna symbios är en nyckelkomponent i de flesta ekosystem på jorden vad gäller kretsloppet av kol, kväve och fosfor. Forskning visar på att 20–50 % av växters näringsproduktion kan tilldelas till svampar via vissa typer av mykorrhiza (Hobbie & Hobbie, 2008). Forskning visar på att mykorrhiza är en multi-parts symbios där organismer kan ingå i vad som kallas för *wood-wide-webs*. Växter och svampar kan vara anslutna i kedjeliknande nätverk där näring kan distribueras i större utsträckning än vad som är möjligt via en konventionell symbios med enbart två organismer (Simard m.fl., 1997; van der Heijden m.fl., 2015).

2.4.2. Fungi som saneringsverktyg

Alla arter av fungi kräver ett substrat för att kunna växa (Petersen, 2012). Substratet blir mediet som mycelet kan växa i och ta upp näring ur, en svamps motsvarighet till vad jord är för en grön växt. De enzymer som utsöndras av vissa arter har en förmåga att bryta ned olika föroreningar i marken till sina minsta beståndsdelar eller bioackumulera föroreningar i mycelet eller svampens fruktkroppar, vilket underlättar bortförel av olika miljögifter (Cotter, 2014). Röttsvampar är en grupp arter som är av stort intresse inom mykoremedieringsprojekt. Röttsvampar angriper ofta träd (och många andra gröna växter) och kan bryta ned de olika beståndsdelar trädet består av som exempelvis cellulosa, hemicellulosa och lignin. Det är i huvudsak två typer av röttsvampar som tas upp i denna rapport som är speciellt intressanta för användning vid saneringsprojekt: vitrötesvampar och brunrötesvampar. De beståndsdelar av växter som bryts ned av röttsvampar, i huvudsak cellulosa och lignin, liknar ett flertal vanliga organiska föroreningar i sin molekylära struktur, vilket underlättar nedbrytningsprocessen av dessa.

2.4.3. Vitrötesvampar

Svampar tillhörande denna grupp producerar enzym, exempelvis lackas, som i första hand fokuserar på att bryta ned den organiska föreningen lignin (Cotter, 2014). Lignin är en byggsten för cellväggar hos de flesta växter. När lignin bryts ned av svampar bildas en röta som färgas ljus av den kvarvarande cellulosan. Släktet *Pleurotus*, som bland annat innefattar ostronskivling, tillhör vitrötesvampar och har visat sig vara en potentiell kandidat för mykoremediering. Kapahi & Sachdeva (2017) förklarar att släktet *Pleurotus* är en av naturens viktigaste komponenter för remediering. De är lätta att kultivera, växer snabbt och ger i regel stora skördar. *Pleurotus* har en stor biosorptionspotential vilket är en viktig egenskap vid remediering då arter i släktet *Pleurotus* kan absorbera miljögifter i sina

fruktkroppar. Experiment visar på att arter i släktet *Pleurotus* effektivt ansamlar tungmetaller ur substratet i sina fruktkroppar vilket underlättar bortförel av dessa föroreningar i naturen. Arter i släktet *Pleurotus* har även visat på förmåga att bryta ned kemiska föroreningar. Arten *P. Ostreatus* har vid experiment brutit ned markföroreningar av DDT med upp till 95 % (Kumpiene & Lagerkvist, 2019; Purnomo m.fl., 2010). C. O. (2012) förklarar att vitrötesvampar, bland annat *P. Ostreatus*, har påvisat sig användbara för att bryta ned olika typer av polycykliska aromatiska kolväten (PAH). Stamets (2005) beskriver ett experiment där ostronmussling använts för att remediera Gupta m.fl. (2017) beskriver hur ett flertal olika vitrötesvampar har påvisat goda förmågor att bryta ned olika typer av polyklorerade bifenyler och hänvisar till svamparnas potenta enzymer som en huvudsaklig förklaring till deras bioremedieringsförmågor.

2.4.4. Brunrötesvampar

Svampar tillhörande gruppen brunrötesvampar producerar enzym som i första hand bryter ned cellulosa och hemicellulosa, två huvudkomponenter hos de flesta gröna växter i naturen. När dessa ämnen bryts ned får rötan en brun färg av det kvarvarande ligninet (Cotter, 2014). Ett flertal brunrötesvampar har på samma sätt som vitrötesvampar visat sig tolerera toxiska miljöer och en förmåga att bryta ned vissa miljögifter. Akgul & Akgul (2019) förklarar hur ett flertal brunrötesvampar har uppmätts vara toleranta mot höga halter metall i växtsubstratet. Det visar hur vissa av dessa arter, exempelvis *Fibroporia radiculosa*, kan användas vid remediering av kopparföroreningar vid tryckimpregneringsanläggningar.

2.4.5. Fördelar med mykoremediering

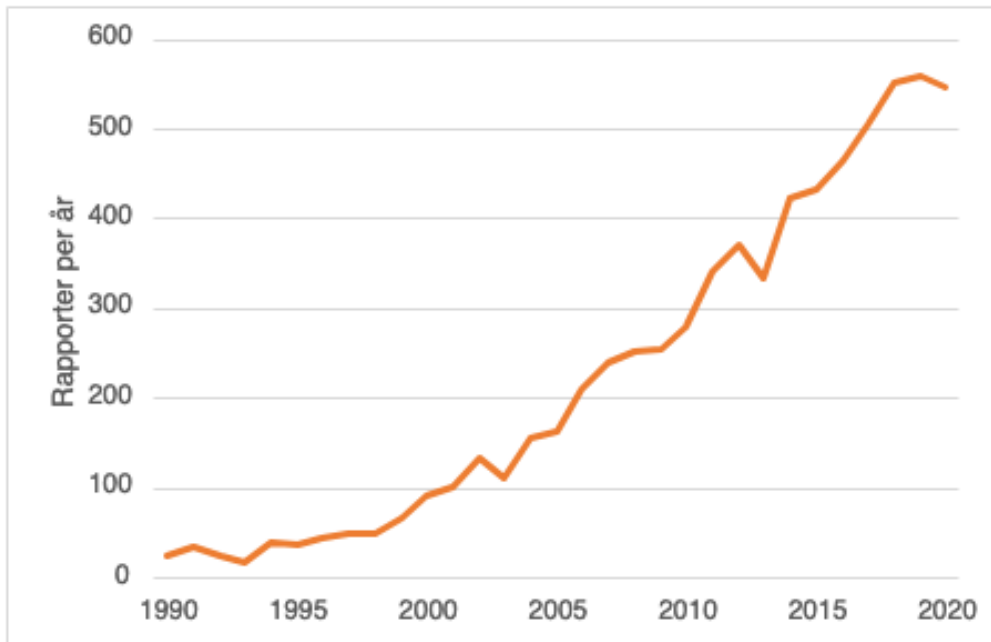
Mykoremediering är en kostnadseffektiv saneringsteknik (Rehman m.fl., 2018). Remedieringen kan ske in situ vilket eliminerar behov av schaktning, transporter och saneringsanläggningar. I och med att frakttransporter till deponi inte behövs minskar mängden sekundära föroreningar vilket gör mykoremediering till en miljövänligare lösning jämfört med schaktning. Det finns även potential att implementera mykoremediering som ett verktyg för att återskapa och stärka det ekologiska värdet i områden som utsatts för olika typer av mänsklig eller naturlig påverkan (Stamets, 2005). En analys av de arter som naturligt lever i området genomförs och man skraddarsyr en lösning där fungi kan bidra till återställande av näring i mark och ökning av den biologiska mångfalden. Stamets (2005) beskriver hur man vid undersökning av ett område, där det bedrivits en verkstad för lastbilar i mer än 30 år, funnit att koncentration PAH i marken överskridit 20 000 ppm (parts per million). Efter att ha behandlat marken med *P. Ostreatus* i åtta veckor var koncentrationen i marken mindre än 200 ppm då *P. Ostreatus* har brutit ned PAH i mindre skadliga beståndsdelar.

2.4.6. Implementeringshinder

Mykoremediering är en experimentell saneringsmetod som hittills testats främst i forskningssammanhang och vid diverse pilotprojekt. Metoden anses vara ny och har historiskt inte utforskats till stor del, vilket kan ses i figur 4 som visar hur antal publicerade forskningsartiklar per år sedan 1990 ökat med 1000-tals % fram till idag. 70 % av artiklarna har publicerats de senaste tio åren. Till skillnad mot konventionella saneringsmetoder, exempelvis schaktning, finns det idag inga bestämda ramverk för hur mykoremediering bör genomföras, där Naturvårdsverkets riktlinjer för efterbehandlingsmetoder inte nämner mykoremediering alls (SEEPA, 2009). Vidare kräver olika typer av föroreningar olika typer av fungi som kan bryta ned eller bioackumulera dessa. Olika fungi kan komma att kräva olika typer av substrat och miljöer för att frodas, vilket kräver kunskap inom mykologi för att projektet ska uppnå fastsatta mål. Unika lösningar och utföranden kan därför komma att krävas vid varje enskilt saneringsprojekt i jämförelse med schaktning där metoden är fastställd och antagligen inte skiljer sig märkvärdigt mellan olika projekt.

Det är sällan mykoremediering uppnår en fullständig sanering där 100 % av föroreningen har eliminerats. Saneringsområdets biologiska samt geologiska uppbyggnad kommer att påverka slutresultatet av saneringen vilket kan göra det problematiskt att i förväg planera för ett projekts effektivitet. Det kan då vara svårt att nyttja fungi då det finns osäkerheter kring åtgärdsuppfyllelse.

Det kan krävas tid för fungi att anpassa sig till den miljö där de ska användas. Tidsåtgången för nedbrytning- och/eller biosorptionsprocessen kan variera från ett par timmar till ett flertal veckor, beroende på förorening som skall åtgärdas (Akhtar & Mannan, 2020; Gupta m.fl., 2017b).



Figur 4. Antal forskningsrapporter som publicerats per år som innehåller nyckelorden "fungi" och "pollutant" eller "mycoremediation". Data hämtad från Scopus databas i maj 2021.

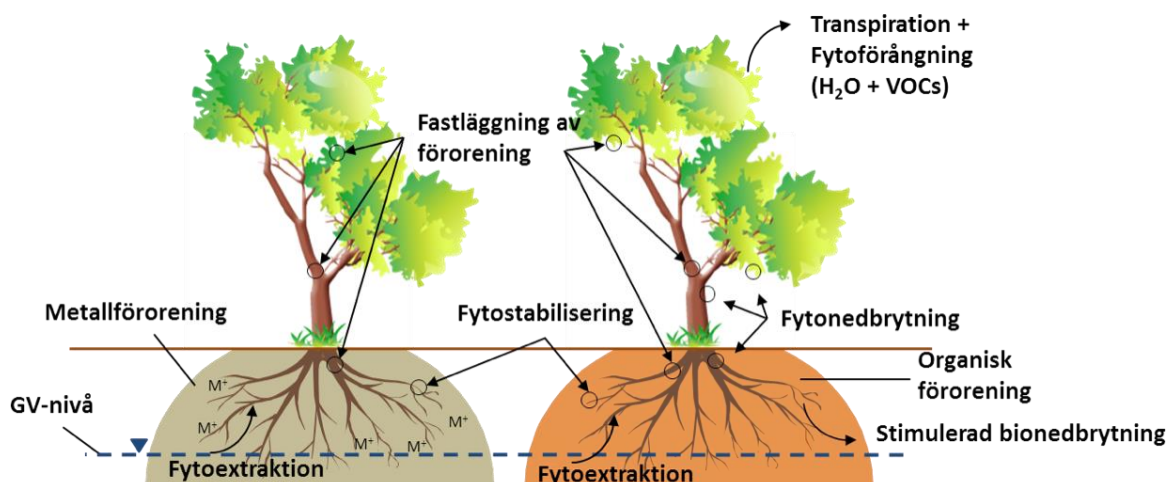
2.5. Fytoremediering

Fytoremediering är en saneringsmetod som genom användandet av växter kan ta bort eller minska föroreningar i mark, sediment, ytvattenvatten eller i grundvatten (OVAM, 2019). Enligt OVAM beskrivs fytoremediering som en miljövänlig och hållbar saneringsmetod som kan ge många positiva fördelar i form av ekosystemtjänster, naturresurser och ökad kvalitet på naturen i området där saneringsmetoden används samt ökad biologisk mångfald. Sanering med hjälp av fytoremediering kan ske på olika sätt, exempelvis genom nedbrytning, stabilisering, transformering, eller extraktion.

Fytoremediering är ett samlingsnamn för flera metoder för rening av föroreningar med hjälp av växter och fungerar genom att levande växter tillsammans med deras naturliga mikroorganismer används för att bryta ner, stabilisera, omvandla eller extrahera föroreningar, se figur 5 (OVAM, 2019). De olika teknikerna som kan användas innefattar plantering av växter, användning av djupt rotade träd för att pumpa ut föroreningar i grundvatten eller nedbrytning av föroreningar i marken via rotsystem.

2.5.1. Processer inom fytoremediering

Det finns flera typer av fytotekniska mekanismer som kan användas. Några av dessa är fytodegradering, fytoextraktion, fytoavdunstning, hydraulisk kontroll, fytostabilisering och rhizodegradering (OVAM, 2019). OVAM skriver vidare att vilken metod som bör användas beror på förorening, vilken typ av område som ska saneras samt växtens mikroorganismer och mikroorganismernas symbios. Några av de vanligaste processerna beskrivs nedan.



Figur 5. Figuren visar tekniker inom fytoremediering för organiska föroreningar och metaller, från Åtgärdsportalen (2020).

Fytodegradering (phytodegradation)

Fytodegradering är en fytoteknisk mekanism där föroreningar tas upp av växter för att sedan brytas ned i växtens vävnad (OVAM, 2019). OVAM beskriver nedbrytningen vidare med att föroreningen bryts ned till mindre molekyler efter att de absorberats av växten och kan i vissa fall, vid nedbrytning till koldioxid, avges från växten. Nedbrytningen kan göras med hjälp av växtens mikroorganismer, enzymer från växten och genom metaboliska processer inuti växten. Växtens mikroorganismer kan bidra genom att mobilisera de farliga ämnena i marken samt göra de mer biologiskt tillgängliga för växter att absorbera. I boken *Phyto: principle and resources for site remediation and landscape design* av Kate Kennen och Niall Kirkwood (2015) förklaras att i vissa fall kan de mindre molekylerna användas av växten för tillväxt och uppbyggnad. I boken *Introduction to Phytoremediation* nämner

EPA (2000) vilka typer av föroreningar fytodegradering är möjlig för. Några av dessa är klorerade lösningsmedel, insektsmedel, ammunition, fenol och näringsämnen.

Rhizodegradering (Rhizodegradation)

Rhizodegradering innebär att nedbrytningen av föroreningar sker i jorden, i kontakt med rötterna i stället för att ämnet absorberas av växten, där mikrobiella aktiviteter bryter ned föroreningen (OVAM, 2019). Processen, förklaras av OVAM, sker i rhizosfären i samband med tillförsel av vatten, syre och rhizodeposition. Rhizodeposition är restprodukter från fotosyntesen och kan vara både organiska ämnen som exempelvis vävnader eller proteiner från rötterna eller oorganiska komponenter som olösliga material vilket utsöndrats av jorden. Det kan även vara koldioxid från cellandning. Även om rhizodegradering sker genom att mikroorganismer bryter ned föroreningen har växten fortfarande stor betydelse för processen eftersom växten kan bidra till att miljön är gynnsam för mikroorganismerna vilket bidrar till att nedbrytningen fungerar (Kennedy & Kirkwood, 2015). I boken *Phyto: principle and resources for site remediation and landscape design* (2015) står även att rhizodegradering endast appliceras på organiska föroreningar. Några av de föroreningar som kan saneras med rhizodegradering är petroleumkolväten, PAH, BTEX, bekämpningsmedel, tensider och klorerade lösningsmedel (EPA, 2000).

Fytoextraktion (Phytoextraction)

Vid fytoextraktion tas föroreningar upp av växten och ackumuleras sedan i växtens vävnad (OVAM, 2019). Fytoextraktion kan användas både för organiska och oorganiska ämnen där de oorganiska föroreningarna, exempelvis metaller, kan inte brytas ned av växten som vid fytodegradering och lagras därför i stället i växtens vävnad (Kennedy & Kirkwood, 2015). För att avlägsna föroreningarna krävs att växten skördas och omhändertas.

Hur väl fytoextraktion fungerar på metaller beror, enligt OVAM (2019) till stor del på vilken typ av förorening det är och dess koncentration, pH-värdet i jorden samt metallens biotillgänglighet. Även vilken växtart som används är en viktig komponent för en fungerande fytoextraktion. För att upptag av metaller ska fungera finns mekanismer som spelar stor roll vid fytoextraktion, som exempelvis utsöndring av organiska syror samt protoner i jorden. Detta kan öka biotillgängligheten av metallen och även mobilisera metallen. Även mikroorganismer kan främja fytoextraktion genom mobilisering av metallen, vilket kan resultera i högre extraktion (OVAM, 2019). Fytoextraktion används främst för att sanera områden med metallföroreningar. Vanliga metaller som kan extraheras av växter är silver, kadmium, krom, koppar, kvicksilver, mangan, nickel, bly och zink (EPA, 2000).

Fytoextraktion är en process som tar lång tid, upp till flera decennier (OVAM, 2019). Tiden påverkas av det kontaminerade områdets skick och omfattning men även av vilka saneringsmål som ska uppnås. En annan svårighet som OVAM tar upp är att växterna som används för fytoextraktion måste skördas väldigt noggrant och ofta för att inte de ackumulerade föroreningarna ska kontaminera marken igen när växten dör eller löv släpper från träden. De skördade växterna kan antingen deponeras eller brännas och användas för biomassa, i vissa fall kan även metallerna återvinnas (Kennedy & Kirkwood, 2015).

Fytoförångning (Phytovolatilization)

Fytoförångning är en process där växten sanerar marken genom att ta upp föroreningen, omvandla föroreningen, transportera den till löven där föroreningen sedan utsöndras genom avdunstning (OVAM, 2019). Vidare förklaras att fytoförångning endast bör användas om föroreningen som ska saneras är snabbt nedbrytbar i luft eller om avdunstningen kan ske under kontrollerade förhållanden.

Detta eftersom avlägsnandet av föroreningar genom avdunstning kan skapa problem om föroreningen endast förskjuts till ett annat område. Fytoförångning kan appliceras på både flyktiga organiska föroreningar och även på några oorganiska föroreningar (Kennen & Kirkwood, 2015). De organiska föroreningar som kan saneras genom fytoförångning innefattar klorerande lösningsmedel som TCE, TCA och karbontetraklorid (EPA, 2000). Enligt EPA kan även de oorganiska föroreningarna kvicksilver och selen fytoförångas.

Hydraulisk kontroll (Hydraulic control)

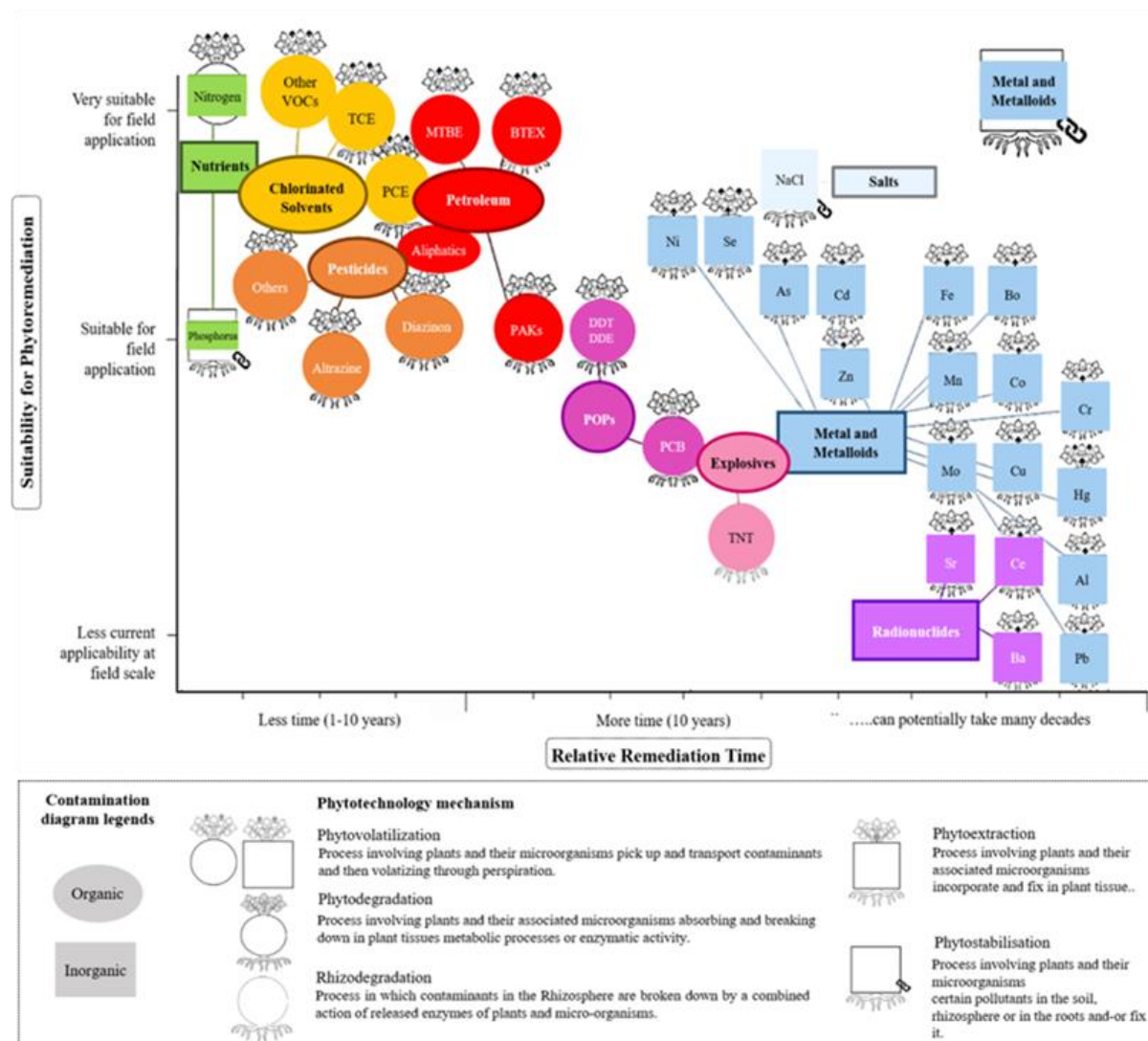
Hydraulisk kontroll är en process där träd och växter används som en barriär för spridning av föroreningar för yt-och grundvatten eller användas som ett behandlingssystem för grundvatten (OVAM, 2020). Genom att använda växter kan kontaminerat vatten absorberas för att sedan transpireras av växten. Med användning av djupt rotade träd kan grundvatten behandlas från föroreningar. Enligt EPA (2000) kan hydraulisk kontroll användas för vattenlösliga och lakbara föroreningar och fungerar för både organiska och oorganiska föroreningar, om inte koncentrationen gör det toxiskt för växten. Exempel på föroreningar där hydraulisk kontroll använts är bensin och diesel.

Fytostabilisering (Phytostabilization)

Fytostabilisering är en teknik som stabiliserar föroreningar med hjälp av växter och kan demobilisera föroreningar för att undvika spridning till atmosfären eller till närliggande grundvatten (OVAM, 2020). Det kan ske genom exempelvis fysisk stabilisering av jorden, absorption eller ackumulering av föroreningen i växtens rötter. En konsekvens av fytostabilisering är att föroreningarna i många fall bidrar till växtförgiftning och för att undvika eller minska växtförgiftningen kan stabiliserande jordförbättringsmedel användas som exempelvis kalk. Även denna process kan användas både för organiska och oorganiska ämnen (Kennen & Kirkwood, 2015). I boken *Introduction to Phytoremediation* har EPA (2000) listat några av de ämnen som har fytostabiliserats. Dessa är arsenik, kadmium, krom, koppar, zink, kvicksilver samt bly.

2.5.2. Användningsområden

Fytoremediering har visat sig fungera både för organiska och oorganiska föroreningar. Vilken teknik som fungerar för vilken förorening samt vilka föroreningar som går att sanera med fytoremediering kan utläsas ur figur 6 nedan.



Figur 6. Översikt över ämnen som potentiellt kan saneras med olika tekniker inom fytoremediering, från Chowdhury m.fl (2020) som har modifierat utifrån OVAM (2019) och Kennen & Kirkwood (2015).

2.5.3. Fördelar med fytoremediering

Fytoremediering är en naturlig saneringsmetod som har många fördelar. Genom att använda sig av växter som saneringsmetod kan det ge fördelar i form av skapande eller återställande av ekosystemtjänster, det kan leda till en ökning av biologisk mångfald eller återställa ekosystem i det tidigare förorenade området (OVAM, 2019). Genom det kan naturresurser och råmaterial bildas. Vidare kan fytoremediering även bidra till nya grönområden vilka kan ge kulturella ekosystemtjänster som estetiska fördelar eller kan fungera i utbildningssyfte.

Fytoremediering är en in-situ metod, alltså sker saneringen på plats vilket kan minska mängd transporter som behövs i jämförelse med ex-situ metoder. Detta bidrar till att fytoremediering blir en

mer miljövänlig och sparsam saneringsmetod. Eftersom växter arbetar med hjälp av solenergi kan fyto Remediering även vara en ekonomiskt lönsam metod (Vangronsveld m.fl., 2009).

Förutom att fyto Remediering kan bidra till reducerade risker för förorenad mark och grundvatten kan det även bidra till andra fördelar som exempelvis förbättrade förhållanden i mark och vatten, nya grönområden, producera material och förnybar energi samt bidra till minskning av växthusgaser (Cundy m.fl., 2016).

2.5.4. Implementeringshinder

På hemsidan Åtgärdsportalen (2020) skrivs att fyto Remediering är en metod som har relativt låga etableringskostnader och eftersom metoden har låg energiförbrukning, inte är resurskrävande och har lägre driftkostnader i jämförelse med andra efterbehandlingsmetoder. Det står fortsatt att fyto Remediering dock är en efterbehandlingsmetod som tar väldigt lång tid vilket kan leda till att de sammanlagda kostnaderna blir höga. Vidare står det att beroende på vilken process som används inom fyto Remediering kan det krävas kompletterande behandling som exempelvis förbränning, hantering av farligt avfall eller deponering av behandlade skördar. Sådana kompletterande behandlingar kan komma att påverka energi- och resursförbrukningen.

Andra hinder är bristen på övertygande pilotprojekt samt att det saknas rättsliga ramar för att implementering av naturbaserade saneringsmetoder ska fungera (Cundy, m.fl., 2013). Även brist på kunskap eller förtroende för intressenter som exempelvis tillsynsmyndigheter, markägare, konsulter, investerare med flera kan vara ett hinder för användningen av naturbaserade saneringsmetoder och därmed även för fyto Remediering (Onwubuya m.fl., 2009). Kennen & Kirkwood (2015) skriver att under 1990-talet växte intresset för fyto Remediering kraftigt och många projekt på pilot- eller labbskala gjordes. Detta gjorde att många började använda metoderna även på fältskala, dock på olämpliga platser samt utan stödjande vetenskap vilket resulterade i blandade resultat där de dåliga resultaten vägde tyngre än de bra. Det orsakade osäkerhet och gav ett minskat förtroende för metoderna.

Förutom de redan nämnda hindren med fyto Remediering som saneringsprocess påverkar även Sveriges klimat hur väl fyto Remediering kan fungera. Eftersom Sverige har ett kallare klimat vilket innebär en kortare tillväxtsäsong. Det påverkar i sin tur tidsaspekten för projekt med fyto Remediering, detta diskuterar Åsa Andersson och Mathilda Svensson i sin rapport *Fyto Remediering- att rena mark och vatten med växter* (2007). För att kunna säkerställa att de växter som ska användas för fyto Remediering fungerar i svenska klimat förklarar Andersson och Svensson att de måste väljas ut från försök som gjorts i klimat som liknar de i Sverige. Det kan vidare skapa svårigheter med att applicera fyto Remediering i det svenska klimatet eftersom få projekt utförts. Även på hemsidan Åtgärdsportalen (2020) förklaras problemet med det kalla klimatet och etableringen av en del sorters växter. På hemsidan förklaras att några av fyto teknikerna är mer lämpade för varmare klimat, såsom fyto extraktion och fyto stabilisering.

2.6. Fastläggning av föroreningar med jordförbättringsmedel

Det finns en mängd olika typer av jordförbättringsmedel, med olika effektivitet, kostnad och tillgänglighet (Kumpiene m.fl., 2008). Jordförbättringsmedel är en bra lösning för att förbättra markkvaliteten och fastlägga föroreningar och tillämpas i hög grad inom flera områden. Tilläggsämnen tillsätts i jorden för att främja tillväxt i jorden samt dess mikrobiella aktivitet. De olika jordförbättringsmedlen är ofta beroende av förutsättningarna i jorden och hur området ser ut, och vilken typ av förorening som ska saneras.

Det är väldigt varierande i hur beprövande olika typer av jordförbättringsmedel är och därmed varierar informationsmängderna också. Det finns en mängd olika jordförbättringsmedel med varierande tillgänglighet, användning, allmän acceptans, fördelar och nackdelar (U.S. Environmental Protection Agency, 2006). I samband med att man tillämpar naturbaserade saneringsmetoder görs också vanligtvis en modifiering av jorden genom tillsats av jordförbättringsmedel, exempelvis biostimulering (G. Lacalle m.fl., 2020).

Många jordförbättringsmedel är rester från andra processer och blir fördelaktiga som tillsatser i jord. Vanliga medel är naturgödsel, slam, biokol, träaska och kalk (U.S. Environmental Protection Agency, 2006). Kalk är ett medel som ofta tillsätts för att minska försurning i jord, det vill säga att man ökar pH-värdet. Försurning leder till utdöende av arter och förändrad artsammansättning (Pansar, 2004). Försurning påverkar pH-värdet genom att jorden får ett lågt pH-värde vilket medför att metallerna i marken utlöses, detta höjer koncentrationen vätejoner. Genom att tillsätta kalk ökar man pH-värdet och därmed minskar metallernas mobilitet samt förbättrar möjligheterna för växtligheten i jorden (Kumpiene, Lagerqvist, & Maurice, 2008). På ett liknande sätt kan man tillsätta jordförbättringsmedel för att förbättra möjligheterna för svampar och växter som renar marken. Jordförbättringsmedel är en bra lösning och har tillämpats i hög grad. Tilläggsämnen och kolkällor som till exempel biokol tillsätts i jorden vilket främjar tillväxt och mikrobiell aktivitet. Jordförbättringsmedel kan också minska metallers biotillgänglighet.

Transportmekanismer som advektion, dispersion och diffusion är viktiga för att kunna skapa en förståelse för hur olika föroreningar sprids i marken (Berggren m.fl., 2006). Advektion är det som sker när markvattnet rör sig genom jorden och lösta ämnen följer med masströmningen. När vattnet rör sig genom marken sker en spridning av de lösta ämnena, dispersion. Lösta ämnen kommer inte bara att röra sig med markvattnet utan också i det. Till exempel samspelar tungmetaller i marken med både mikrobioter och rötter, med andra tungmetaller och med jordpartiklar i fysikalisk-kemiska reaktioner. Detta gör att vissa ämnen inte transporteras så långt. I stället kan de tas upp av olika växter via deras rotsystem, absorberas av partiklar och organismer i marken, eller faller ut som till exempel evaporation i markytan. Enligt Berggren m.fl. (2006) blir konsekvensen av att de faller ut blir att koncentrationen av lösta ämnen blir större än deras löslighet.

De flesta metaller binds i viss utsträckning i marken, oftast genom olika ytreaktioner med markens organiska material eller med järn- och aluminiumoxider, och ibland även genom utfällningsreaktioner (Berggren m.fl., 2006). Hur stor reaktion som sker och hur mycket metaller som fastläggs eller inte beror på flera faktorer så som pH, redoxförhållanden, andelen löst organiskt material i marken samt förekomst av konkurrerande joner. När metaller lösts i vattnet kan de strömma med och därmed transporteras till både grund- och ytvatten och/eller tas upp av växter. Interaktionen mellan vattnet och föroreningen beror av vattnets detaljerade strömningsväg, fasta materialets egenskaper och olika kemiska faktorer.

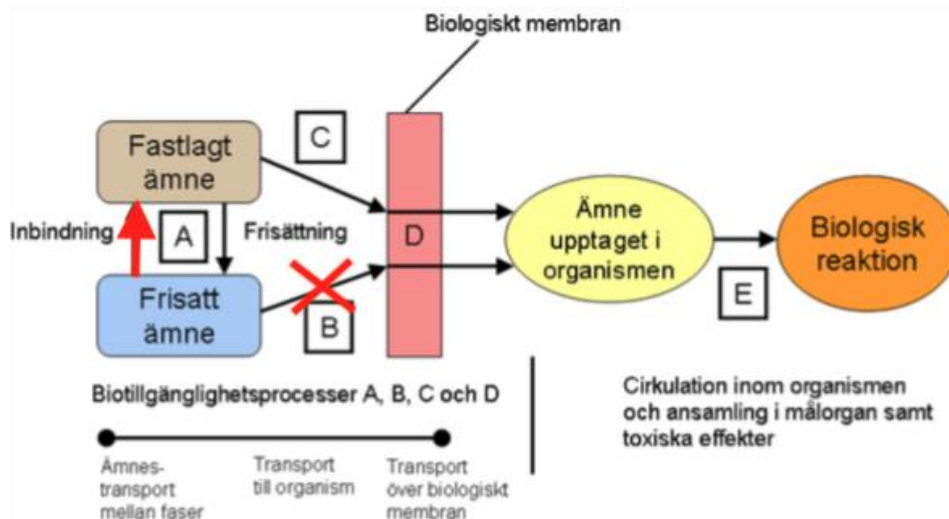
Jordförbättringsmedel används många gånger tillsammans med andra metoder, till exempel fytoremediering och mykoremediering. Vad själva medlet är varierar beroende på föroreningen och

tillgångar men syftet är att fastlägga föroreningar i marken (Kumpiene m.fl., 2008). En lyckad fastläggning av föroreningar beror på kombinationen av flera delar i jorden och valet av jordförbättringsmedel.

2.6.1. Biotillgänglighet och fastläggning

Fastläggning av föroreningar, eller sorption, i marken kan generellt definieras genom transport från vattenlösning till den fasta matrisen (Törneman m.fl., 2009). Genom att tillsätta någon typ av jordförbättringsmedel kan man öka sorptionen i marken, fastlägga föroreningar. Graden av fastläggning ökar ju längre tid som fastläggningen har kontakt med det fasta materialet. Detta brukar kallas att föroreningen åldras.

Jordförbättringsmedel påverkar biotillgängligheten för föroreningen. Med biotillgänglighet menas alla de processer som gör att ett ämne kan göras tillgängligt för biologiskt upptag och sedan upptas till en tänkt organism genom att passera ett biologiskt membran, se figur 7 (Törneman m.fl., 2009). Syftet med inblandningen av jordförbättringsmedel är att förhindra upptag av föroreningar i egen fas eller lösta i porvatten, kryss vid B i figur 7, genom att i stället fastlägga föroreningen, röd pil vid A i figur 7. Fastlagda föroreningarna kan antingen passera exempelvis genom tarmsystem utan problem eller frisättas i organismen, pil C i figur 5, och passera ett biologiskt membran. Toxiska effekter på organismer kan uppstå enbart om föroreningen passerar ett biologiskt membran.



Figur 7. Sammanfattning av biotillgänglighetsprocesser i jord, från (Törneman m.fl., 2009).

2.6.2. Olika typer av jordförbättringsmedel

Jordförbättringsmedel används vanligen för att tillsätta nödvändiga näringsämnen för tillväxt och återväxt i jord (U.S. Environmental Protection Agency, 2006). Fördelar som olika jordförbättringsmedel kan ge är en bättre vatteninfiltration, luftning, och mikrobiell aktivitet. Detta kan leda till att en bättre återväxt och fler växter i området. Ett syfte med att tillsätta jordförbättringsmedel är att minska biotillgängligheten och rörligheten för olika föroreningar.

Jordförbättringsmedel har en varierad inverkan på biotillgängligheten för ämnena (Kumpiene m.fl., 2008). Kumpiene förklarar fortsatt att organisk materias inverkan på ämnets bibehållande är svåra att generalisera. Dock har koppar, zink, och bly liknande reaktioner på tillsats av samma jordförbättringsmedel. Läckaget av dessa ämnen är väldigt beroende av pH-nivåerna i jorden och det fås lägst rörlighet vid neutrala till lätt alkaliska förhållanden. Alkaliska ämnen bör undvikas då biotillgängligheten för dessa ämnen ökar när de hamnar i det alkaliska pH-området. Det leder till en

bekräftelse på att pH är det som har störst inverkan på tillgängligheten för metallerna. Även redoxpotentialen påverkar metallernas tillgänglighet, särskilt för redoxkänsliga sådana. Många studier uttrycker behovet av ett långsiktigt sätt att bedöma stabiliteten, men det saknas förslag för hur det skulle kunna göras.

Naturgödsel

Naturgödsel är ett välkänt och väl accepterat organiskt jordförbättringsmedel. Det är även ett jordförbättringsmedel som är väldigt varierat i fukt och näringsinnehåll (Jordbruksverket, 2021). I dagsläget finns det många olika typer av gödsel med många olika sammansättningar och användningsområden. Gödselproduktion och distribution är hårt reglerat i Sverige, för att inte ge en negativ påverkan på naturen och foderkedjan. Till exempel för att gödsel med animaliska beståndsdelar inte ska riskera att sprida smitta eller hamna i foderkedjan. Det är även reglerat hur mycket av vissa sorters gödsel som får spridas, vart gödseln får spridas och vad den får innehålla. Till exempel är mängden fosfor i stallgödsel reglerat "Du får sprida stallgödsel och andra organiska gödsel-medel som motsvarar ett genomsnitt på max 22 kg fosfor per hektar spridnings-areal och år, under en femårs-period" (Jordbruksverket, 2021).

Biokol

Biokol är ett pyrolyserat organiskt material. Pyrolys innebär att ett organiskt material (biomassa) upphettas under syrefattiga förhållanden (Jordbruksverket, 2020). Denna process påverkar egenskaperna biokolet får. Bland annat varierar pH-värdena vilket gör att biokolets kalkverkan är olika från material till material. Enell m.fl. (2020) presenterar en studie om biokol och dess möjliga användning på lätt förorenade jordar. Ett problem som Enell m.fl. (2020) belyser i sin rapport är huruvida tillämpningen av biokol är möjlig eftersom den skulle kunna klassas som avfall. Biokolets egenskaper och därmed fastläggningsförmågan varierar beroende på vilket material som använts för dess tillverkning och pyrolysens temperatur. Att hitta en biokoltyp som är bra för fastläggning av både organiska och oorganiska föroreningar är en utmaning (Enell m.fl., 2020).

Kalk

Genom att använda kalk som ett jordförbättringsmedel höjer man jordens pH-värde, motverkar försurning och minskar rörligheten hos metallföroreningar. Undantaget är arsenik och krom som kan mobiliseras vid höga pH-värden (Kumpiene m.fl., 2008). Kalk kan användas på stora arealer. Genom att tillsätta kalk i jorden underlättar man bearbetning av jorden, förbättrar markkvalitet och kan främja rottillväxt på växter (Jordbruksverket, 2021). Det finns flera olika sorters kalk och de delas in i olika grupper utifrån EU:s standard.

Avloppsslam

Avloppsslam är en produkt som går att använda som jordförbättringsmedel. På samma sätt som spridningsregler gäller för naturgödsel gäller de för avloppsslam. Slam är ett jordförbättringsmedel som innehåller många viktiga näringsämnen såsom fosfor, kväve, kalium, svavel och mullbindande ämnen (Stockholm Vatten och Avfall). Att använda slam som ett jordförbättringsmedel bidrar till ett cirkulärt kretslopp för näringsämnena där dessa återförs till jorden där de kom ifrån. På så sätt minskas användningen av ändliga resurser (Biototal, 2021). Slam med inblandning av aska har visat sig att kunna fastlägga vissa metaller i marken (Kumpiene m.fl., 2008).

2.6.3. Implementeringshinder

Jordförbättringsmedel har många användningsområden med tanke på den stora variationen av medel som finns. Men användningen av medlen är beroende av lagar, regler och möjligheten i området.

Tillgängligheten för att få tag på olika jordförbättringsmedel varierar (U.S. Environmental Protection Agency, 2006). Även hur mycket och vilka jordförbättringsmedel som får tillsättas i marken är reglerat olika i olika länder. Därmed försvåras användningen av vissa medel och i sin tur påverkas kunskapen om olika medel.

De vanligaste jordförbättringsmedlen, som kalk och naturgödsel, har inga hinder i form av användning var för sig. Hindren för användningen av dessa blir till viss del kopplat till hinder för användningen av fytoremediering och mykoremediering. På grund av låg användning av fytoremediering och mykoremediering påverkas även jordförbättringsmedel. Det största hindret för implementering av jordförbättringsmedel är att föroreningarna finns kvar i marken vilket vanligtvis inte accepteras av tillsynsmyndigheter i många länder (Cundy m.fl., 2016). Problemet är att giftfri oftast tolkas som att bli av med själva föroreningen och inte att hantera riskerna med den. Metoden att fastlägga föroreningar kan innebära att högre halter av föroreningar lämnas kvar baserat på att dessa har en låg biotillgänglighet (Törneman m.fl., 2009). Problemet med att detta inte accepteras hos myndigheter har börjat att minska i USA för att biotillgängligheten börjar tas i beaktning vid riskbedömning.

3. Metod

En informationsinsamling har genomförts genom litteraturstudier för att bygga upp en förståelse för relationen mellan föreningar, områden utsatta för föreningar samt de tre saneringsmetoderna som ligger i fokus för rapporten. Litteraturstudien har utförts för att skapa en bra grund att konstruera enkäten på. Relevanta litteraturkällor har även studerats för att införskaffa en kunskap om enkätdesign och frågestruktur samt för att kunna skapa en tillförlitlig och relevant enkät. Även studier i hur en enkät bör utformas med hänsyn till många olika faktorer har gjorts. Bland annat vad som behövs för att få en hög svarsfrekvens, verka intressant och ha en attraktiv enkät. Denna studie lägger grunden för att kunna kartlägga kunskap och användning av naturbaserade saneringsmetoder i Sverige med hjälp av en enkät. Den framtagna enkäten presenteras i bilaga 1.

För att nå målgruppen som arbetar med förorenade områden sammanställdes i första hand mailadresser till 290 kommuner i Sverige för att få en så bra representation av landet som helhet. Mejllistan med landets alla kommuners mailadresser hämtades från SKR (Sveriges kommuner och regioner). Enkäten skickades ut till dessa adresser för att få en så tydlig bild som möjligt över kunskapen om och användningen av naturbaserade saneringsmetoder i Sverige. Nätverket Renare Mark har hjälpt med att distribuera enkäten i deras nyhetsbrev till nätverkets medlemmar för att nå målgruppen utanför kommuner. Renare Mark är ett nätverk med medlemmar som är kopplade till branschen förorenade områden, både enskilda medlemmar samt korporativa medlemmar. Nätverket Renare Mark delade även enkäten via sina sociala medier Instagram, LinkedIn och Facebook. Enkätsvaren sammanställdes sedan för att en analys av svaren skulle kunna göras.

För att skapa ett bra resultat krävdes att datainsamlingen blev omfattande och andelen svar på enkäten blev tillräckliga. För att få svar på de frågor som ställdes krävdes att frågorna i enkäten är utformade på ett tydligt sätt. En annan viktig aspekt i enkätutformningen är att tänka på målgruppen och vilka som är respondenterna, därför gjordes en litteraturstudie för de olika saneringsmetoderna. Detta gav en större kunskap inom ämnet och då kunde frågor konstrueras på ett passande sätt. Tillägg av svarsalternativ användes för att respondenten skulle kunna ge så korrekta eller passande svar som möjligt för denne. Inledande filterfrågor användes för att separera respondenter för vilka frågan eller frågorna var aktuell eller inte. Detta är en metod för att dela upp respondenterna i grupper utifrån kunskap om ämnet i fråga. Filterfrågor skapar förutsättningarna att ställa frågor till vissa respondenter men som inte är relevanta för alla. Saknar respondenten kunskap om de olika naturbaserade saneringsmetoderna blir det vidare irrelevant för denne att svara på specifika frågor om metoderna.

Svarsalternativen i enkäten visade vilka svar som är giltiga och relevanta när all data samlats in. Alternativen som var synliga kan även hjälpa respondenten med förståelse av frågan, men en möjlighet att formulera ett eget svar fanns på de allra flesta frågorna. Följden på frågorna i enkäten gick från generellt till specifikt. Enkäten inleddes med lätta och intressanta frågor så att respondenten kände att den kan svara på enkäten. Även layouten på enkäten är viktig och togs i beaktning eftersom den ska vara tilltalande, tydlig och underlätta ifyllandet. Enkätens längd kan påverka undersökningen och leda till svarsbortfall. Om enkäten är för lång riskeras att respondenterna fyller i mindre noggrant eller inte svarar alls. Därför innehöll enkäten endast exakt de frågor som önskades svar på. Det är inte bara den faktiska längden på enkäten som är viktig utan också den upplevda längden. Den upplevda längden påverkas av frågeformuleringen, svarsalternativ och layout. Längden har även betydelse för kvaliteten på den insamlade data.

Introduktionen till enkäten informerar om vad enkäten syftar till, hur insamlade svar ska användas och information om själva besvarandet. Denna information formulerades på så sätt att det blev lätt att förstå och så att den kändes trevlig och inbjudande. Syftet tydliggjordes så att respondenten förstod

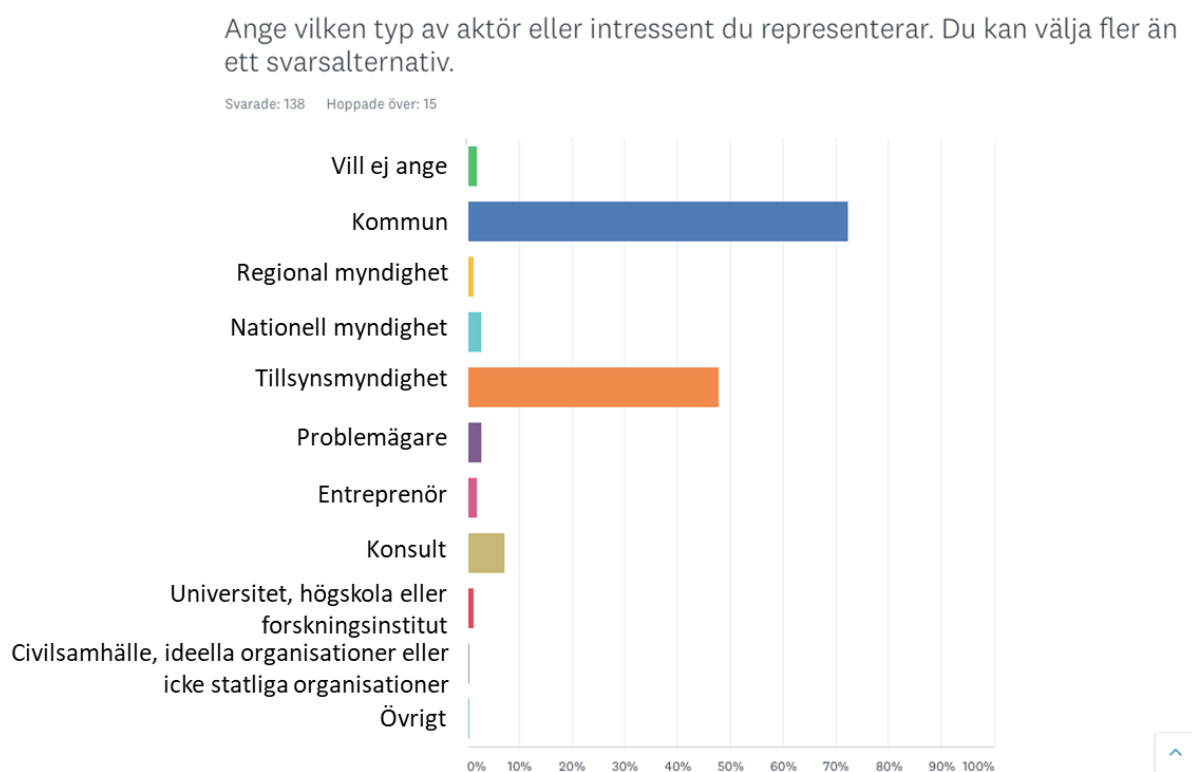
varför undersökningen och dennes deltagande var viktigt. De kunskapsluckor som fanns och varför just den här kunskapen behövs förklarades.

Statistiska Centralbyråns, Statistikmyndighetens, erfarenhet och övriga relevanta litteraturkällor har studerats för att välja frågeteknik och enkätmetodik samt utforma frågor och svarsalternativ. Enkäten konstruerades med hjälp av SurveyMonkey. Det är en leverantör av undersökningsformulär där det fanns möjlighet att skräddarsy enkäten utefter de behov som fanns. Layouten av enkäten byggdes upp med SurveyMonkey's enkätkonstruktionsverktyg. Enkäten var tänkt att vara rättfram, tydlig och lättnavigerad. Enkäten genomfördes digitalt. SurveyMonkey's enkättjänst har använts för datainsamling och presentation av data i form av figurer.

4. Resultat av enkätstudie

153 personer har svarat på enkäten varav 134 (86 %) av dessa fullgjorde enkäten. Svaren är insamlade från olika aktörer i branscher som arbetar med förorenade områden. De olika aktörer som svarat på enkäten är kommun, tillsynsmyndighet, konsult, regional myndighet, nationell myndighet, problemägare, entreprenörer, universitet eller högskola, civilsamhälle samt respondenter som ej vill uppge aktör. Kommuner stod för den stora majoriteten av enkätsvaren, 73% (100 respondenter), se figur 8. Därefter tillhörde 47 % (66 respondenter) tillsynsmyndighet samt 7 % (10 respondenter) konsulter. På frågan kunde flera svarsalternativ väljas, alltså kunde respondent välja flera aktörroller i enkäten. Av de 100 respondenter som var från kommuner har 47 personer även markerat valet; tillsynsmyndighet. Resultaten visar även att alla Sveriges län är representerade där Stockholms län, Skåne län och Västra Götalands län har högst andel respondenter med 13 % (18 respondenter), 16 % (22 respondenter) respektive 18 % (25 respondenter).

I enkäten användes förgreningslogik för att gallra bort respondenter som inte ansågs kunna bidra med relevanta svar till enkäten. I figur 9 visas första frågan i enkäten. Om en person svarade att den inte är bekant med någon av de naturbaserade saneringsmetoderna leddes respondenten vidare till slutet av enkäten. Där fick respondenten möjlighet att ange inom vilken sektor samt vilket län personen representerade. Denna funktion ledde till att ett antal *Hoppade över* syns i flera av enkätfrågorna. Alla enkätfrågor med fullständiga svarsalternativ presenteras i bilaga 1.



Figur 8. Visar de olika aktörerna och intressenterna som svarat på enkäten.

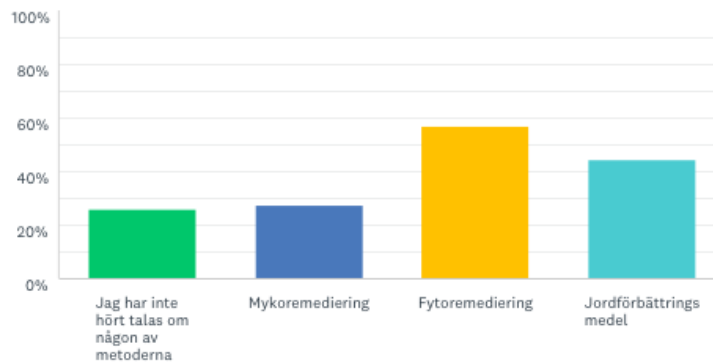
4.1. Kunskap om saneringsmetoderna

På frågan om vilka naturbaserade saneringsmetoder som respondenterna känner till svarade 153 respondenter. Där svarade 26% (40 personer) att de inte har hört talas om någon metod alls, se figur 9. Resterande 74% svarade att de känner till en eller flera av metoderna mykoremediering, fytoremediering, jordförbättringsmedel. Resultatet visar att den mest välkända naturbaserade

saneringsmetoden var fyto Remediering där närmare 57 % (87 respondenter) svarade att de kände till metoden. För jordförbättringsmedel kände 44 % (68 respondenter) till metoden medan endast 27 % (42 respondenter) kände till mykoremediering.

Vilken av följande naturbaserade saneringsmetoder känner du till? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

Svarade: 153 Hoppade över: 0

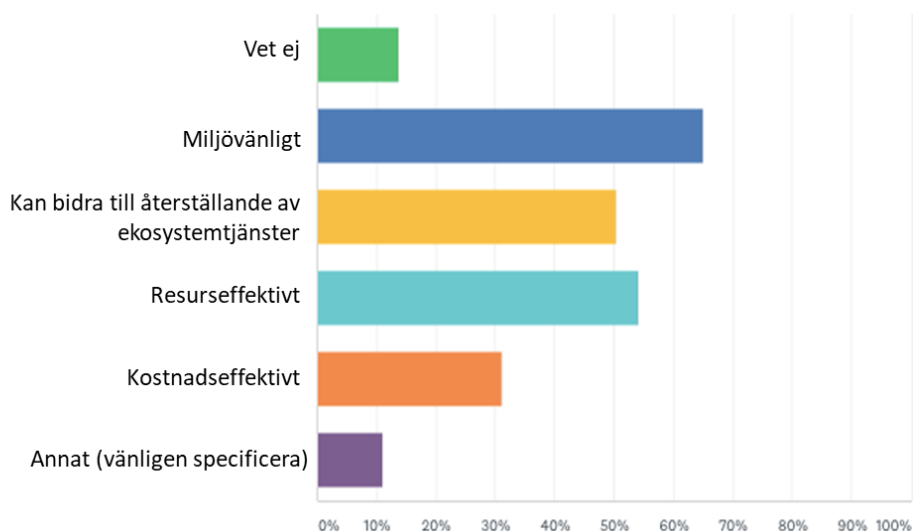


Figur 9. Figuren visar vilka naturbaserade saneringsmetoder som aktörerna kände till.

När frågan *Vad ser du för fördelar med naturbaserade saneringsmetoder?* ställdes svarade majoriteten att de största fördelarna är att saneringsmetoderna är miljövänliga, resurseffektiva och att de kan bidra till återställande av ekosystemtjänster. Även alternativet kostnadseffektivt fick 31 % svar (34 respondenter), se figur 10. På svarsalternativet *annat* uppgavs bland annat fördelar som minskningar av transporter, trafik, buller och avfall som svar. Även mindre uttag av naturresurser för återfyllnad och mindre belastning på deponier gavs som alternativa fördelar. Andra fördelar som nämndes är mindre koldioxidutsläpp och mindre lokal luftpåverkan, bidragande till mer inslag av grönområden i urbana miljöer samt att naturbaserade saneringsmetoder kan bidra till ett mer cirkulärt och hållbart tänkande. För alla fritextssvar på alternativet *annat* för denna fråga, se bilaga 2. På frågan svarade 109 respondenter och 44 personer som hoppade över frågan.

Vad ser du för fördelar med naturbaserade saneringsmetoder? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

Svarade: 109 Hoppade över: 44

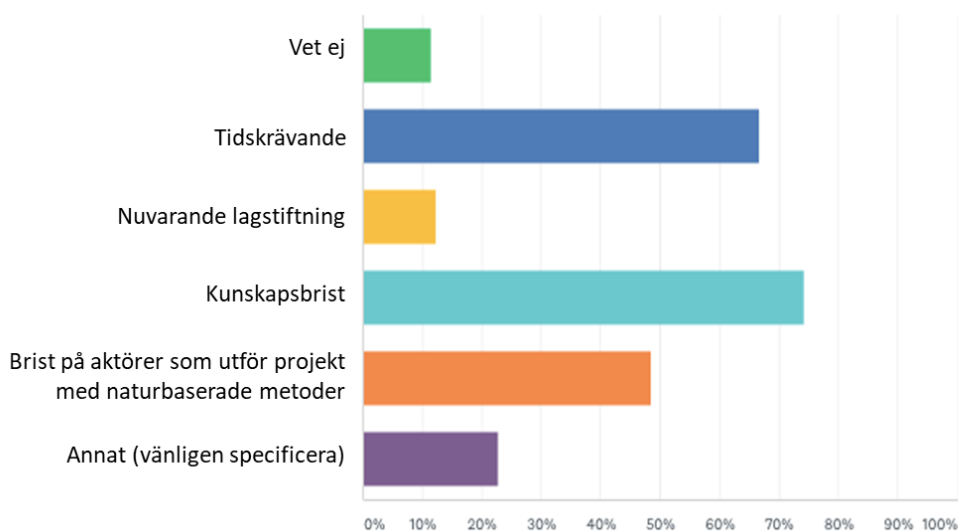


Figur 10. Visar vilka fördelar som respondenter anser finnas med naturbaserade saneringsmetoder.

På frågan *Vad ser du för svårigheter med användningen av naturbaserade saneringsmetoder?* valde majoriteten svarsalternativen kunskapsbrist och tidskrävande, där kunskapsbrist fick 74 % (78 respondenter) svar och tidskrävande fick 66 % (70 respondenter), se figur 11. 24 respondenter valde svarsalternativet *annat*. De som svarade *annat* svarade till exempel att det är oklart om fastställda åtgärds mål kan uppnås med användning av naturbaserade saneringsmetoder. Andra svårigheter som nämndes var kunskapsbrist i form av att det inte finns så mycket att jämföra med, det svenska klimatet och att den korta framförhållningen gör att det inte hinns med i en exploateringsplan. För att se samtliga fritextsvar på alternativet *annat* på denna fråga, se bilaga 3. 105 svarade på frågan och 48 hoppade över.

Vad ser du för svårigheter med användningen av naturbaserade saneringsmetoder? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

Svarade: 105 Hoppade över: 48



Figur 11. Visar svar på frågan om vad respondenter ser för svårigheter med användning av naturbaserade saneringsmetoder.

4.2. Kartläggning av projekt i Sverige

På frågan om man känner till något projekt där naturbaserade metoder använts i Sverige svarade totalt 105 respondenter. 70 av respondenterna (67%) svarade att de inte känner till något projekt och 35 personer (33%) svarade att de känner till projekt i Sverige där någon naturbaserade metoderna använts, se figur 12.

Känner du till något projekt där någon av de naturbaserade metoderna har tillämpats i Sverige?

Svarade: 105 Hoppade över: 48



Figur 12. Visar hur många som känner till projekt där någon av de naturbaserade har tillämpats i Sverige.

I enkäten ombads respondenterna att identifiera de projekt som de kände till för att kunna göra en kartläggning över vilka projekt som det finns vetskap om inom branschen, i Sverige. Projekten identifierades med flera parametrar exempelvis projektnamn, plats, kommun, typ av förening, saneringsmetod, år och skala. Resultatet från identifieringen visas i tabellen nedan, se tabell 1. För att identifiera projekten har svaren från enkäten sammanställts samt att bidragande grundfakta hämtats från artiklar och rapporter om projekten. Länkar för vidare information om projekten har sammanställts, se bilaga 4.

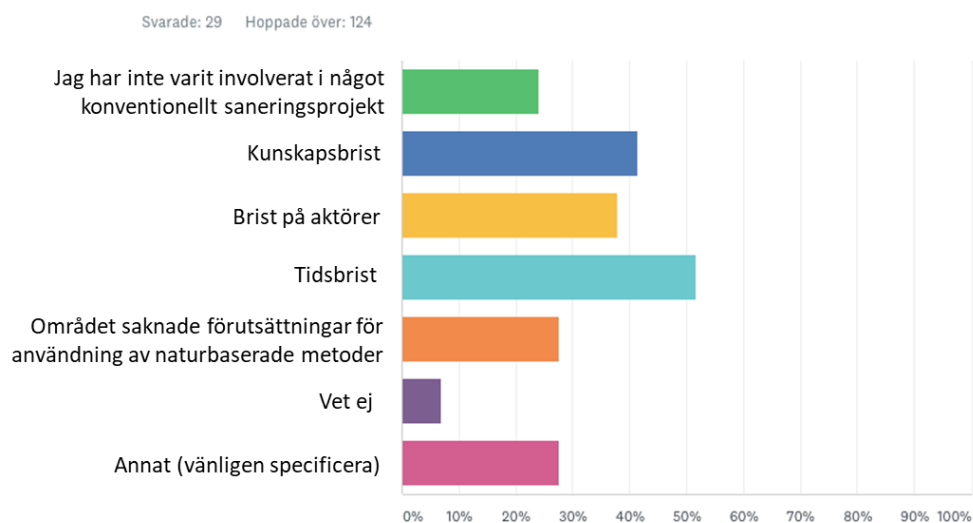
Tabell 1. Identifierade projekt från enkäten

Län	Plats	Sanerad förorening	Skala	Sanerings metod	Status (maj 2021)	Ansvarig/företag
Skåne län	Filborna deponi (Helsingborg)	Fosfor och kväve i ytvatten	Pilot	Fytoremediering	Pågående	NSR Projektledare: Angelika Blom
Blekinge län	Brownfield i Kallinge deponi m. slagg	Metaller: krom, koppar, nickel, zink och bly	Information saknas	Fytostabilisering	Information saknas	Information saknas
Skåne län	Helsingborg	Metaller & PAH	Pilot	Jordförbättring m. torv och biokol	Avslutat	Sgi, NSR, SLU, KTH, ORU Uppdragsledare: Anja Enell
Stockholms län	Odlingsförsök i odlingslådor utomhus	Metall: zink (slaggrus)	Information saknas	Fytoextraktion m. solrosor och raps	Avslutat	Energiforsk AB
Värmlands län	Karlstad, oljehamn	Oljeförorening	Storskaligt projekt	Fytosanering m. salix	Avslutat	Preem AB Projektledare: Sonja Blom
Upplands län	Gammal industritomt i Uppsala	Metaller	Pilot	Fytoextraktion m. salix	Information saknas	Projektledare: Maria Greger
Skåne län	Helsingborg	Organiskt avfall (trädgårdsavfall)	Pilot-anläggning	Produktion av biokol	Pågående	NSR Projektledare: Eva Stål
Kalmar län	Glasbruk Orrefors	Metaller: bly och kadmium	Ekopark	Fytoremediering	Pågående	Linné-universitetet Professor: William Hogland

30 enkättagare svarade på frågan *Skulle du kunna precisera de typer av jordförbättringsmedel, fungi-och/eller fyto-saneringsmetoder som användes i dessa projekt?* Det vanligaste svaret var fytoextraktion vilket 8 respondenter svarade. Därefter fick fytostabilisering, gödsel och biokol 4 svar vardera. 2 respondenter svarade att fyto- och rhizodegradering användes i projekten och 1 respondent svarade aska respektive slam. 5 respondenter svarade att andra typer användes i projekten, till exempel torv i kombination med biokol och luftning med kolkälla. För svarsalternativet *annat*, se bilaga 5. Av de som kände till projekt med naturbaserade saneringsmetoder så svarade 30 personer på frågan *Hur många av dessa projekt uppnådde de fastställda saneringskraven?* 27 respondenter svarade att de ej visste medan 2 respondenter svarade att 1 projekt uppnådde saneringskraven och 1 respondent svarade att 2 projekt uppnådde saneringskraven.

På frågan *Om du har varit involverad i konventionella saneringsprojekt - varför användes inte någon av de naturbaserade metoderna?* var det endast 29 respondenter som svarade. De flesta respondenter valde svarsalternativet tidsbrist som anledning till att naturbaserade saneringsmetoder inte använts, cirka 51% (15 respondenter), se figur 13. Även kunskapsbrist och brist på aktörer var vanliga anledningar där 41 % (12 respondenter) respektive 37 % (11 respondenter) svarade detta, se figur 13. Andra svar som gavs vid svarsalternativet *annat* var osäkerheter i resultat samt svårigheter vid blandföroreningar. För samtliga fritextsvar på svarsalternativet *annat*, se bilaga 6.

Om du har varit involverad i konventionella saneringsprojekt - varför användes inte någon av de naturbaserade metoderna? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.



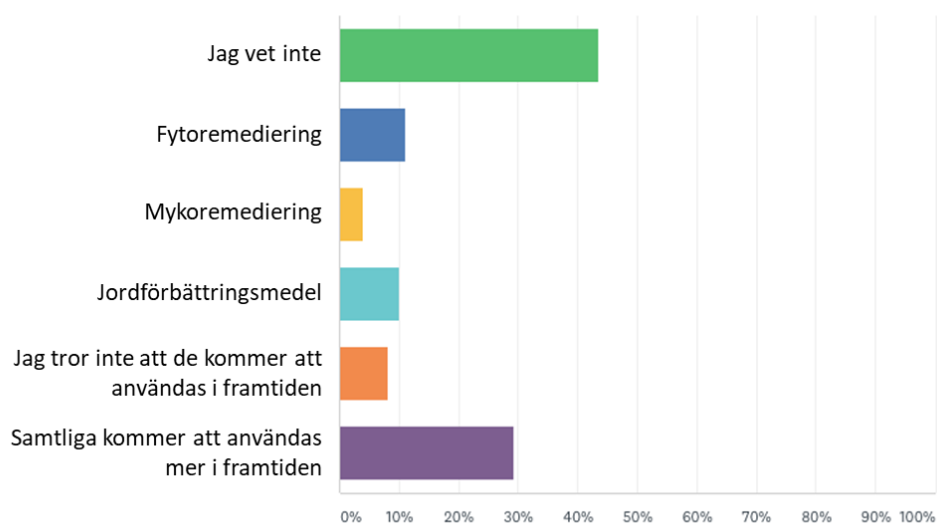
Figur 13. Figuren visar svar på varför inte naturbaserade saneringsmetoder använts i stället för konventionella metoder i saneringsprojekt.

4.3. Framtida implementering av naturbaserade saneringsmetoder

På frågan *Vilken av dessa naturbaserade metoder tror du kommer att användas mer i framtiden?* trodde 29 personer, 29 %, att samtliga metoder kommer att användas mer i framtiden medan 8 % (8 respondenter) inte trodde att naturbaserade saneringsmetoder kommer att användas mer i framtiden. På frågan var det 54 personer som hoppade över och 99 svarade, se figur 14. 43 respondenter (43 %) svarade att de inte vet vilka metoder de tror kommer användas mer i framtiden eller om någon metod kommer att användas mer i framtiden.

Vilken av dessa naturbaserade metoder tror du kommer att användas mer i framtiden? Du kan välja flera svarsalternativ.

Svarade: 99 Hoppade över: 54



Figur 14. Visar vilka naturliga saneringsmetoder som aktörer tror kommer användas mer i framtiden.

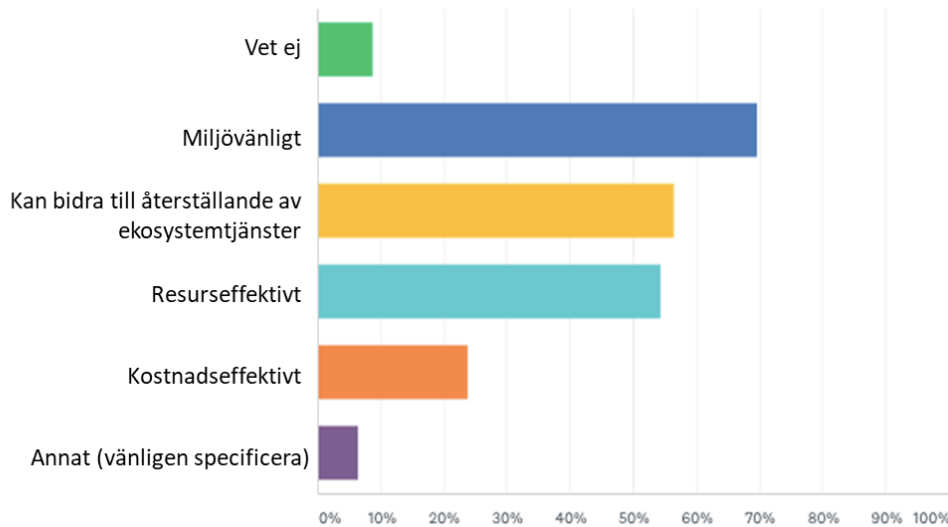
4.4. Resultat från tillsynsmyndigheter

Resultaten analyserades också med fokus på tillsynsmyndigheterna. Av respondenterna tillhörde 66 respondenter tillsynsmyndighet och där 47 av dessa även fyllde i att de representerade en kommun. Förutom kommun identifierade sig 2 respondenter som både tillsynsmyndighet och regional myndighet, en respondent identifierade sig som tillsynsmyndighet och nationell myndighet samt en som svarade konsult. Alla dessa respondenter (framöver benämns de som tillsynsmyndigheter) representerade alla län förutom Gotlands län och Hallands län. Även här vara störst andel från Västra Götalands län, Skåne län, Stockholms län samt Jönköpings län. Resultaten från tillsynsmyndigheternas svar är mycket likt det totala resultatet. Likt det totala resultatet visade resultatet för tillsynsmyndigheterna att de mest välkända naturbaserade saneringsmetoden var fytoremediering följt av jordförbättringsmedel och sedan mykoremediering. Andelen personer som inte kände till någon av saneringsmetoderna var 26 % (40 respondenter) för det totala resultatet och 30 % (20 respondenter) för endast tillsynsmyndigheterna.

Vilka fördelar som tillsynsmyndigheterna såg var väldigt lika det totala, där 69 % (32 respondenter) svarade miljövänligt samt att bidragande till återställande av ekosystem och resurseffektivt hade 56 % (26 respondenter) respektive 54 % (25 respondenter), se figur 15. För svarsalternativet *annat*, se bilaga 7. Vilka svårigheter som tillsynsmyndigheterna ser med naturbaserade saneringsmetoder visas i figur 16, där de största svårigheterna är kunskapsbrist (80%, 37 respondenter) och tidskrävande (78%, 36 respondenter). Även brist på aktörer som utför projekt med naturbaserade saneringsmetoder ses som en svårighet med 48 % (22 respondenter), se figur 16. Andra svårigheter som tillsynsmyndigheterna nämner på svarsalternativet *annat* är att det kan vara dyrt eller att schaktning fortfarande är billigare, att det kan vara svårt att nå de åtgärds mål som finns, svårt att förutse resultaten eller problem med tillräckligt reningsresultat, på grund av klimatet och de korta växtsäsongerna. Även höga kostnader över tid, osäkerheter kring restföreningar eller att marken är förorenad med föroreningar som inte går att bryta ner nämns. För samtliga fritextsvar, se bilagor 7-9.

Vad ser du för fördelar med naturbaserade saneringsmetoder? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

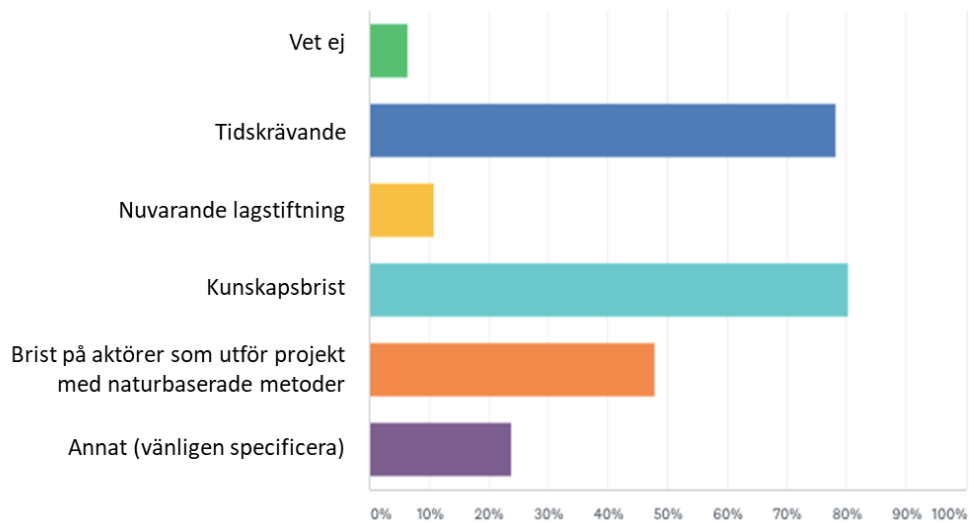
Svarade: 46 Hoppade över: 20



Figur 15. Visar vilka fördelar som representanter från tillsynsmyndigheter anser finnas med naturbaserade saneringsmetoder.

Vad ser du för svårigheter med användningen av naturbaserade saneringsmetoder? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

Svarade: 46 Hoppade över: 20



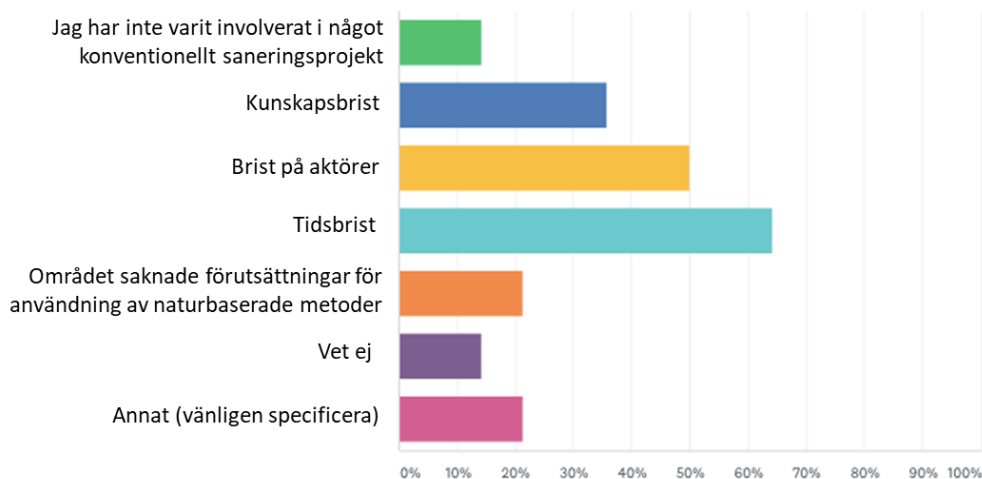
Figur 16. Visar svar på frågan om vad representanter från tillsynsmyndigheter ser för svårigheter med användning av naturbaserade saneringsmetoder.

Enkäten ger också svar på varför naturbaserade saneringsmetoder inte använts i projekt där konventionella saneringsmetoder användes i stället, se figur 17. Resultatet från tillsynsmyndigheterna visar här en mindre skillnad i jämförelse med det totala. Tillsynsmyndigheterna svarar att de största anledningarna är tidsbrist (64 %, 9 respondenter), brist på aktörer (50 %, 7 respondenter) samt kunskapsbrist (35 %, 5 respondenter), se figur 17. 27 % (3 respondenter) svarade att anledningen är att området saknar förutsättningar för användning av naturbaserade saneringsmetoder, se figur 17.

De anledningar som nämns vid alternativet *annat* är att området inte undersökts för förutsättningar för att använda naturbaserade metoder, att tidsaspekten har stor betydelse samt att det funnits blandningar av föroreningar som inte går att bryta ner biologiskt, se bilaga 9.

Om du har varit involverad i konventionella saneringsprojekt - varför användes inte någon av de naturbaserade metoderna? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

Svarade: 14 Hoppade över: 52



Figur 17. Visar svar från tillsynsmyndigheter på varför inte naturbaserade saneringsmetoder använts i stället för konventionella metoder i saneringsprojekt

5. Diskussion

Resultatet påvisar en varierande kunskap om de tre saneringsmetoderna som undersökts. 74% av respondenterna kände till någon eller några av de naturbaserade saneringsmetoderna fytoremediering, mykoremediering eller jordförbättringsmedel, se figur 9. Att så pass många känner till fytoremediering som naturbaserad saneringsmetod tyder på att det är en relativt välkänd metod för sanering i Sverige. Det är en mångsidig metod, som innefattar flera tekniker, som används i större utsträckning i andra länder med ett mer passande klimat. Metodens mångsidighet och dess olika användningsområden skulle kunna förklara varför majoriteten av respondenterna känner till även den metoden. Jordförbättringsmedel är vanliga tillsatsämnen som finns inom flera olika områden vilket gör att många känner till denna metod. Att en fjärdedel av respondenterna inte känner till någon metod beror med största sannolikhet på att implementeringen av dessa fortfarande är låg i Sverige. Resultatet visar på att största delen av respondenterna känner till någon av metoderna vilket gör att kännedomen om de naturbaserade saneringsmetoderna kan förväntas öka i framtiden.

Mer än 50% av respondenterna såg miljövänligt, resurseffektivt och att det kan bidra till återställande av ekosystemtjänster som fördelar naturbaserade saneringsmetoder, se figur 10. Många såg flera olika fördelar med metoderna, svårigheten är dock att ta dessa fördelar i beaktning när ett val av saneringsmetod görs.

74% av respondenterna ser kunskapsbrist som en svårighet för naturbaserade saneringsmetoder, se figur 11. Kunskapsbrist hänger ihop med både en låg användning och de svårigheter som finns med naturbaserade saneringsmetoder. Om användningen av naturbaserade saneringsmetoder inte ökar kommer antagligen inte kunskapsbristen att minska, och om kunskapsbristen inte minskar kommer antagligen inte användningen att öka. Detta blir en ond cirkel som skapar ett hinder för naturbaserade saneringsmetoders framtid. Om fördelarna inte är vad som efterfrågas av beställare så riskerar de naturbaserade saneringsmetoderna att hamna i skymundan. Om branschen inte har tillräcklig kunskap för att kunna väga in fördelar med naturbaserade saneringsmetoder riskerar de att fortsatt inte ses som ett alternativ.

Ett sätt att bryta den onda cirkel som finns för kunskapsbristen och den låga användning skulle kunna vara mer samarbeten mellan aktörer efter genomförda pilotprojekt, detta skulle kunna bidra till att lärdomar och kunskap från projekt förs vidare och omsätts i praktiken. Ett annat sätt att minska kunskapsbristen är att fler projekt utförs med metoderna, exempelvis på lägre riskklassade områden där föroreningarna är låga till måttliga och där det inte finns ett högt exploateringsstryck. Planering för hur sanering av områden utan ett nuvarande högt exploateringsstryck skulle kunna bidra till en ökad användning av naturbaserade saneringsmetoder. Att majoriteten av respondenterna ser kunskapsbrist som en svårighet gör att svaren på enkäten också kan påverkas av dess eventuella kunskapsbrist.

I dagens samhälle används naturbaserade saneringsmetoder i väldigt låg utsträckning. I stället används andra mer konventionella metoder som exempelvis schaktning och efterföljande deponering eller behandling, antingen på plats eller på annan anläggning. Anledningen till att naturbaserade metoder som fytoremediering, mykoremediering eller jordförbättringsmedel inte används i stor utsträckning skulle kunna bero på de svårigheter eller hinder som finns för implementering av metoderna. Anledningar till att metoderna inte används vid projekt där konventionella metoder i stället används, liknar de svårigheter som respondenterna såg med naturbaserade saneringsmetoder, se figur 11. De största anledningarna som uppgavs är tidsbrist och kunskapsbrist. En annan anledning var bristen på aktörer inom branschen. Det kan i sin tur kopplas samman med att det saknas kunskap

om metoderna inom branschen i Sverige vilket gör att även här kan svar i enkäten ha påverkats av respondenternas eventuella kunskapsbrist.

Den största anledningen till att naturbaserade saneringsmetoder inte används fastställdes i enkäten som tidsbrist. I många fall krävs en snabb sanering av områden då det finns ett högt exploateringsstryck och ett behov av markyta för annat bruk. Eftersom de naturbaserade metoderna oftast tar lång tid blir metoderna inte ens ett alternativ och få vågar satsa på något nytt där resultaten är ovissa. Det gör att naturbaserade saneringsmetoderna förkastas tidigt i processen. Genom en mer långsiktig planering av framtida exploateringsområden skulle naturbaserade saneringsmetoder kunna konkurrera bättre med de konventionella metoderna som alternativa saneringsmetoder. Exempelvis skulle planering av områden med en mjuk slutanvändning, exempelvis parkområden, mark för energigrödor eller mark planerad för rekreation vara bra områden där naturbaserade metoder kan användas. Resultaten visar att det i dagsläget fortfarande finns för stora hinder för de naturbaserade saneringsmetoderna för att de ska kunna konkurrera med de konventionella metoderna.

5.1. Användning i framtiden

Hur användningen av naturbaserade saneringsmetoder kan komma att se ut i framtiden är osäker, vilket visas i figur 14. En stor del av respondenterna svarade att de varken vet om metoderna kommer att användas eller vilka som kommer att användas mer i framtiden. En stor del trodde att alla metoderna kommer att användas mer. Osäkerheter om framtida användning av metoderna grundar sig antagligen i den bristande kunskapen som finns om metoderna. Detta tar även Onwubuya m.fl. (2009) upp i sin rapport *Developing decision support tools for the selection of "gentle" remediation approaches* där kunskapsbrist och bristande förtroende för metoderna ses som hinder för framtida implementering. Andra osäkerheter för metodernas framtida användning kan vara de hinder och svårigheter som finns. De naturbaserade saneringsmetoderna fyto Remediering och mykoremediering tar ofta längre tid än konventionella metoder vilket sällan fungerar för sanering av förorenade områden där exploateringsstrycket är högt. Trots att fastläggning med jordförbättringsmedel är en relativt snabb metod betraktas den ofta som oacceptabel eftersom föroreningarna finns kvar i marken även om deras biotillgänglighet och toxicitet minskats (Cundy m.fl., 2016). För att användningen ska öka behöver troligen kunskapen hos beslutsfattare öka, den förändringen skulle ge ett tydligare resultat för den framtida användningen av metoderna.

En stor andel var positiva till att metoderna kommer användas mer i framtiden, se figur 14. Detta kan bero på metodernas fördelar vilka är att de ses som miljövänliga, resurseffektiva samt kan bidra till återställande av ekosystem. Eftersom det blir mer efterfrågat med miljövänliga alternativ krävs därför att även saneringsmetoderna som används blir mer miljövänliga, vilket gör dessa metoder till ett alternativ för framtiden. Resultatet visar att branschen tror att framtidens användning av metoderna är osäker men att en stor del ändå tror att alla metoderna kommer att användas mer. En ökad satsning och fler som vågar pröva att implementera dessa metoder skulle antagligen ge andra svar på vad svårigheterna är för metoderna.

5.2. Kunskap om projekt i Sverige

Kunskapen om olika projekt, där naturbaserade saneringsmetoder används eller har använts, var relativt låg, vilket figur 12 visar. Av de 105 respondenterna var det endast 35 som kände till något projekt i Sverige och när respondenterna ombads identifiera projekt var det få som hade mer information om projekten i fråga. De projekt som identifierades visas i tabell 1. Resultaten från enkäten visar att påståendet om att metoderna är glest implementerade i Sverige stämmer och att den låga kännedomen kan grunda sig i att det finns få utförda projekt. En annan förklaring skulle kunna vara att de projekt som gjorts med någon av metoderna sällan är i fältskala utan på pilot-eller

labbskala. Eftersom kunskapen om projekt i Sverige är låg riskeras projekt att missas i identifieringen och därmed kan dessa förbi relativt okända.

Av de projekt som identifierades är majoriteten utförda med olika tekniker inom fyto Remediering. Detta skulle kunna förklaras med att fyto Remediering var den metoden, av de tre undersökta, som störst andel respondenter kände till. Identifieringen av projekt kan till viss del visa hur utbredd informationen om projekt är i Sverige. Det finns dock osäkerheter i hur utbredd kunskapen är om projekt eftersom endast 35% av kommunerna i Sverige svarade på enkäten samt en låg svarsfrekvens från övriga tillfrågade aktörer.

I och med att det fanns respondenter från alla län ger svaren en rättvis bild över hela Sverige, se figur 8. Då klimatet är en påverkande faktor så kan få svar från exempelvis Gotlands län påverka resultatet då de kan vara ett län som har bra möjligheter för naturbaserade saneringsmetoder. Beroende på hur förorenat respondentens område är kan detta påverka kunskapen och representationen i svaren. En hög svarsfrekvens från Västra Götalands län kan bero på att länet har och har haft många förorenade områden, exempelvis från båtvarv och industrier. Då kan det vara fördelaktigt att ha en hög svarsfrekvens från just dessa områden då respondenterna från län som dessa har en hög kunskap om sanering av förorenade områden.

Det var en övervägande majoritet som angav att de representerade en kommun och/eller en tillsynsmyndighet i enkäten, se figur 8. Att den stora gruppen respondenter tillhörde just dessa aktörer kan vara både positivt och negativt. Positivt i den bemärkelse att kommuner är ansvariga för att saneringen av riskområden som de är verksamhetsutövare för genomförs. På så sätt är de en viktig grupp inom sanering, som har och kommer att ha stor inverkan på framtida saneringar, vilket gör att deras svar är relevanta för undersökningen. Det påverkar dock statistiken att dessa två grupper (kommuner och tillsynsmyndigheter) är i stor majoritet och då det finns en risk att det ger en missvisande bild på övriga resultatet. Att ha en så pass stor andel kommuner och tillsynsmyndigheter som svarat på enkäten gör att svaren på studien blir relevant för de som jobbar i anknytning till branschen.

5.3. Tillsynsmyndigheter

I resultatet urskiljes tillsynsmyndigheter, detta eftersom tillsynsmyndigheterna är den instans som ger tillstånd för efterbehandling av förorenade områden. Genom att studera hur tillsynsmyndigheter ser på hinder och orsaker till val av konventionella metoder i stället för naturbaserade metoder kan man skapa sig en bättre förståelse för aspekter som ska vidare utvecklas för att få en större acceptans för naturbaserade saneringsmetoder.

När data sammanställdes för endast tillsynsmyndigheter visade det att resultaten var mycket lika resultaten för alla respondenter. Eftersom enkäten hade 66 respondenter som representerade tillsynsmyndigheter är det svårt att jämföra med det totala, då tillsynsmyndigheterna utgjorde en så stor del av det totala antalet. I figur 15 och 16 visas fördelar respektive svårigheter med naturbaserade saneringsmetoder utifrån tillsynsmyndigheters svar. Även tillsynsmyndigheterna ansåg att den största fördelen är att metoderna anses vara miljövänliga. Detta är en fördel som återkommer i flera artiklar, exempelvis skriver Cundy m.fl. (2013b) om detta i sin artikel *Developing Effective Decision Support for the Application of "Gentle" Remediation Options: The GREENLAND Project*. De största svårigheterna är i stället att det kräver tid och att det finns en bristande kunskap. Tillsynsmyndigheternas svar på fördelar och svårigheter stämde överens med det totala resultatet vilket visar på att det finns en bristande kunskap om metoderna samt att tiden är en stor faktor som försvårar implementeringen. Dock tycker majoriteten att de naturbaserade metoderna har fördelar i och med att de kan användas

på ett miljövänligt sätt, både i form av återskapande av ekosystem och genom en mer effektiv resursförbrukning.

Även för tillsynsmyndigheterna finns det ett samband mellan svårigheterna och anledningar till att konventionella metoder används i stället för naturbaserade, detta visas i figur 17. Tillsynsmyndigheterna trodde att den näst största anledningen till att de inte används när konventionella metoder används var att det finns en brist på aktörer som utför sanering med de valda metoderna. Bristen på aktörer skulle kunna bero på bristen på efterfrågan av sanering med naturbaserade metoder. Som nämnt tidigare i diskussionen krävs ofta en snabb sanering till följd av högt exploateringsstryck och därav är naturbaserad sanering inget alternativ. Eftersom aktörer som utför sanering följer hur marknaden utvecklas finns inte behovet av naturbaserad sanering och därmed finns få aktörer som arbetar med metoderna. En annan förklaring som Kate Kennen och Niall Kirkwood tar upp i boken *Phyto: principle and resources for site remediation and landscape design* (2015) är att förtroendet för fyto Remediering inte varit så högt hos intressenter tidigare. Det till följd av dess rykte som startade under 1990-talet där många fullskaliga projekt startades upp med saneringsmetoden på olämpliga platser, utan förstudier och tillräcklig kunskap om teknikerna. Det ledde till blandade resultat där många av de sämre resultaten bidrog till att metoden fick ett dåligt rykte och en viss skepsis skapades mot de.

5.4. Osäkerheter i enkätstudie

En viktig del att ha i beaktning med enkäten är de potentiellt felaktiga svar som kan ha angetts. Det finns en mänsklig faktor inblandad som kan ha bidragit till felsvar. Det finns osäkerheter i resultaten eftersom det kan vara svårt att säkerställa att respondenterna tillhörde den målgrupp som enkäten var riktad till. Till exempel kan det ha skett feltolkningar av frågor vilket kan ge felaktiga svar, respondenterna kan även ha råkat fylla i fel svar vilket gör att felaktiga svar kan ha skett. Ett annat exempel på felsvar är att respondenten kan ha varit osäker på vad den hörde till för aktör och därmed fyllt i fel, de kan också ha missat information som exempelvis att man kunde välja flera alternativ. Bland annat så kan vissa respondenter ha uppgett att de tillhörde kommun och missat att de tillhörde både kommun och tillsynsmyndighet. Vissa län hade väldigt få respondenter vilket kan leda till att information och kunskap från dessa län missas. Detta betyder att svaren riskerar att inte ge en helt rättvis bild över kunskapen i Sverige.

En annan del som påverkar resultatet är de redan givna svarsalternativen. De kan ha lett till att respondenter valt alternativ som inte helt stämmer överens med vad de skulle svarat om det var en fritextfråga. Dock valdes svarsalternativ, med möjlighet till fritextsvar, eftersom det gjorts att fler antagligen valt att svara på enkäten eftersom det går fortare och är enklare. Givna svarsalternativ var noga utvalda utefter litteraturstudie inom området naturbaserade saneringsmetoder. Men det kan vara en svår avvägning med vilka svarsalternativ som ska presenteras och vilka som bör sällas bort. Målet var att ge de svarsalternativ som tros vara de mest passande och vad många hade svarat på frågan om det varit ett fritextsvar. Möjligheten att formulera ett eget svar har alltid getts på de frågor där det ansetts relevant vilket har gett tydligare och utförligare svar från flera respondenter. Det gör enkätsvaren mer exakta utifrån respondenters åsikter och därmed blir enkäten mer trovärdig.

6. Slutsatser

Resultaten har lett till följande slutsatser:

- Kunskapsnivån för naturbaserade saneringsmetoder i Sverige varierar.
- Utbredningen av naturbaserade saneringsmetoder i Sverige kan sägas vara låg.
- Informationen om projekt där saneringsmetoderna använts i Sverige var låg och få projekt kunde identifieras.
- Åsikter om användningen av naturbaserade saneringsmetoder i Sverige är att det finns potentiellt svåröverkomliga hinder sett till hur exploatering av mark sker idag.
- De fördelar och svårigheter som finns med att implementera metoderna i Sverige är främst miljövänligt, resurseffektivt och bidragande till återställande av ekosystem respektive tidskrävande, kunskapsbrist och brist på aktörer som utför sanering med naturbaserade saneringsmetoder.

Litteraturförteckning

- Akgul, A., & Akgul, A. (2019). Mycoremediation of Copper: Exploring the metal tolerance of Brown Rot Fungi. *BioResources*, 13(3), 7155–7171. <https://doi.org/10.15376/biores.13.3.Akgul>
- Akhtar, N., & Mannan, M. A. ul. (2020). Mycoremediation: Expunging environmental pollutants. I *Biotechnology Reports* (Vol. 26). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00452>
- Andersson, Å., & Svensson, M. (2007). *Fytoremediering – Att rena mark och vatten med växter*. [Examensarbete]. Lunds universitet. http://www.renaremark.se/filarkiv/exjobb/Fytoremediering%20sa%20Andersson_Matilda%20Svensson.pdf
- Andersson-Sköld, Y., Enell, A., Blom, S., Rihm, T., Angelbratt, A., Haglund, K., . . . Keuning, S. (2009). *Biofuel and other biomass based products from contaminated sites– Potentials and barriers from Swedish perspectives*. Linköping: SGI.
- Andrén, S. (2016, 8 december). *Utsläpp av cyanid i Landskrona - kontaminerat grundvatten*. Sveriges Radio. <https://sverigesradio.se/artikel/6583003>
- ASTDR. (1996, september). *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) -ToxFAQs*. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts69.pdf>
- Berggren Kleja, D., Elert, M., Gustafsson, J. P., Jarvis, N., & Norrström, A.-C. (2006). *Metallers mobilitet i mark*. Naturvårdsverket.
- Biototal. (u.å). *Biototal*. <https://www.biototal.se/fornyelsebar-vaetnaering/slam>
- Bäckström, M., Eklund, M., & Wikström, A.-S. (2012). *Genomträngning av kemiska markföroreningar till dricksvatten i distributionsnätet*. Svenskt Vatten Utveckling.
- Carlblom, C., Joelsson, J., & Tang, L. (2016). *Slutrapport över länsstyrelsernas inventeringsprojekt - Länsstyrelsernas inventering av förorenade områden mellan åren 1999 och 2015*. Länsstyrelsen. <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.6b32b8ec162bd970d6b11b9/1526067928312/Slutrapport%20%C3%B6ver%20%C3%A4nsstyrelsernas%20inventeringsprojekt.pdf>
- Chowdhury, S., Kain, J.-H., Adelfio, M., Volchko, Y., Norrman, J. (2020). Greening the Browns: A Bio-Based Land Use Framework for Analysing the Potential of Urban Brownfields in an Urban Circular Economy. *Sustainability* 2020, 12(15), 6278. <https://doi.org/10.3390/su12156278>
- C. O., A. (2012). Uses of mushrooms in bioremediation: A review. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 7(3), 62–68. <https://doi.org/10.5897/bmbr12.006>
- Cheek, M., Nic Lughadha, E., Kirk, P., Lindon, H., Carretero, J., Looney, B., Douglas, B., Haelewaters, D., Gaya, E., Llewellyn, T., Ainsworth, A. M., Gafforov, Y., Hyde, K., Crous, P., Hughes, M., Walker, B. E., Campostrini Forzza, R., Wong, K. M., & Niskanen, T. (2020). New scientific discoveries: Plants and fungi. *Plants, People, Planet*, 2(5), 371–388. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10148>
- Cotter, T. (2014). *Organic Mushroom Farming and Mycoremediation*. Chelsea Green Publishing.
- Cundy, A., Bardos, P., Puschenreiter, M., Writters, N., Mench, M., Bert, V., Friesl-Hanl, W., Müller, I., Weyens, N., Vangronsveld, J. (2013a). Developing Effective Decision Support for the Application of “Gentle” Remediation Options: The GREENLAND Project. *Journal of Environmental Management*, 25(3), 101-104. <https://doi.org/10.1002/rem.21435>

- Cundy, A., Bardos, R., Church, A., Puschenreiter, M., Friesl-Hanl, W., Müller, I., Neu, S., Mench, M., Witters, N., Vangronsveld, J. (2013b). Developing principles of sustainability and stakeholder engagement for “gentle” remediation approaches: The European context. *Journal of Environmental Management*, 129, 283-291. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.07.032>
- Cundy, A., Bardos, R., Puschenreiter, M., Mench, M., Bert, V., Friesl-Hanl, W., Müller, I., Li, X.N., Weyens, N., Witters, N., Vangronsveld, J. (2016). Brownfields to green fields: Realising wider benefits from practical contaminant phytomanagement strategies. *Journal of Environmental Management*, 184 (1), 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.028>
- Deribe, E., Rosseland, B. O., Borgstrøm, R., Salbu, B., Gebremariam, Z., Dadebo, E., Skipperud, L., & Eklo, O. M. (2013). Biomagnification of DDT and its metabolites in four fish species of a tropical lake. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 95, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.03.020>
- Edlund, C., Genberg, H., Liljedahl, B., Berglind, R., Leffler, P., Fällman, Å., Ragnvaldsson, D., Sjöström, J. (2001). *Miljöriskbedömning av kablar i mark vid militära anläggningar*. Totalförsvarets Forskningsinstitut. <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--0220--SE>
- Enell, A., Azzi, E. S., Berggren Kleja, D., Dahlin, S., Ekblad, A., Flyhammar, P., Fröberg, M., Hallin, S., Hermansson, S., Jones, C., Landen, L., Larsson, M., Leroy, P., Ohlsson, Y., Papageorgiou, A., Rijk, I., Sorelius, A., Sundberg, C., Tiberg, C. (2020). *Biokol - från organiskt avfall till resurs för nyttiggörande av jordavfall, Syntesrapport*, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2020-11-09.
- Engelbrecht, C. (2006). *Helpful Fungus Among Us*. Iowa State University Extension. <https://www.extension.iastate.edu/news/2006/jan/071801.htm>
- EPA. (2000). *Introduction to Phytoremediation*. Cincinnati, Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.
- G. Lacalle, R., D. Aparicio, J., Artetxe, U., Urionabarrenetxea, E., A. Polti, M., Soto, M., Garbisu, C., M. Becerril, J. (2020). Gentle remediation options for soil with mixed chromium (VI) and lindane pollution: biostimulation, bioaugmentation, phytoremediation and vermiremediation. *Heliyon*, 6(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04550>
- Gadd, G. M. (2004). Mycotransformation of organic and inorganic substrates. *Mycologist*, 18(2), 60–70. <https://doi.org/10.1017/S0269915X04002022>
- Gobelius, L. (2016). *Uptake of per-and polyfluoroalkyl substances by plants*. [Examensarbete]. Sveriges lantbruksuniversitet. https://stud.epsilon.slu.se/9787/1/gobelius_l_161108.pdf
- Gupta, S., Wali, A., Gupta, M., & Annepu, S. K. (2017a). Fungi: An Effective Tool for Bioremediation. *ResearchGate*, 2 (December 2017), 1–763. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6593-4_24
- Guyton, K. Z., Hogan, K. A., Scott, C. S., Cooper, G. S., Bale, A. S., Kopylev, L., Barone, S., Makris, S. L., Glenn, B., Subramaniam, R. P., Gwinn, M. R., Dzubow, R. C., & Chiu, W. A. (2014). Human health effects of tetrachloroethylene: Key findings and scientific issues. *Environmental Health Perspectives*, 122(4), 325–334. <https://doi.org/10.1289/ehp.1307359>
- Hagman, J. (2018, 19 mars). “De ska försvara oss, inte förgifta oss”. Sveriges Radio. <https://sverigesradio.se/artikel/6909782>
- Hobbie, E. A., & Hobbie, J. E. (2008). Natural abundance of ¹⁵N in nitrogen-limited forests and tundra can estimate nitrogen cycling through mycorrhizal fungi: A review. *Ecosystems*, 11(5), 815–830. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9159-7>

- Jordbruksverket. (2020, 25 maj). *Biokol i ekologisk odling*. <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/forskning-om-ekologisk-produktion/arkiv/2020-03-19-biokol-i-ekologisk-odling>
- Jordbruksverket. (2021, 12 mars). *Kalkning*. <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/kalkning>
- Jordbruksverket. (2021, 15 februari). *Gödningsmedel och jordförbättringsmedel med animaliskt innehåll* <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/godningsmedel-och-jordforbattningsmedel-med-animaliskt-innehall>
- Kapahi, M., & Sachdeva, S. (2017). Mycoremediation potential of Pleurotus species for heavy metals: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0162-8>
- Kennen, K., & Kirkwood, N. (2015). *Phyto: principle and resources for site remediation and landscape design*. Routledge.
- Kemikalieinspektionen. (2021a). *Stockholmskonventionen – ämnen och genomförandeplan*. <https://www.kemi.se/internationellt-samarbete/internationella-konventioner-och-overenskommelser/stockholmskonventionen---amnen-och-genomforandeplan>
- Kemikalieinspektionen. (2021b). *Svenska regler om klorerade lösningsmedel*. <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/regler-som-endast-galler-i-sverige/nationella-begransningar-och-forbud/klorerade-losningsmedel>
- Kumpiene, J., Lagerqvist, A., & Maurice, C. (2008). Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments – A review. *Waste Management*, 28(1), 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.12.012>
- Kumpiene, J., & Lagerkvist, A. (2019). *EFTERBEHANDLINGSTEKNIKER FÖR DDT-FÖRORENADE MATERIAL*. [Opublicerad uppsats]. Luleå tekniska universitet.
- Luch, A. (Red.). (2012). *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. (Vol.3)*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>
- Länsstyrelsen Västra Götaland. (u.å.). *Förorenade områden*. <https://www.lansstyrelsen.se/vastra-gotaland/miljo-och-vatten/fororenade-omraden.html>
- Mayans, B., Camacho-Arévalo, R., García-Delgado, C., Alcántara, C., Nägele, N., Antón-Herrero, R., Escolástico, C., & Eymar, E. (2021). Mycoremediation of soils polluted with trichloroethylene: First evidence of pleurotus genus effectiveness. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(4), 1–11. <https://doi.org/10.3390/app11041354>
- Merino, N. S. (2016). *Fungal Biotransformation of Polyfluoroalkyl Substances: Identification of Growth Substrates for Favorable Biotransformation Pathways*. UCLA. <https://escholarship.org/uc/item/9hq2n6g2>
- Naturskyddsforeningen. (u.å.). *PFAS - vår tids värsta miljögift?* <https://www.naturskyddsforeningen.se/Vad-ar-pfas>
- Naturvårdsverket. (2019, 19 februari). *Bensen*. <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Ovriga-organiska-amnen/Bensen/>
- Naturvårdsverket. (2020a). *Bekämpningsmedel i miljön*. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Bekampningsmedel/>
- Naturvårdsverket. (2020b). *Branschlistan (2020) (Vol. 1, januari 2020)*.

- Naturvårdsverket. (2020c). *Miljöproblem vid deponering*.
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Avfall/Deponering-av-avfall/>
- Naturvårdsverket. (2020d, september 14). *Precisering av Giftfri miljö*.
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Giftfri-miljo/Precisering-av-Giftfri-miljo/>
- Naturvårdsverket. (2020e, oktober 27). *26 000 förorenade områden kartlagda och riskklassade*.
<https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Fororenade-omraden/Finansiering-av-efterbehandling/Resultat-av-Naturvardsverkets-anslag-for-efterbehandling-av-mark1/25-000-fororenade-omraden-kartlagda-och-riskklassade/>
- Naturvårdsverket. (2020f). *Utsläpp av ammoniak till luft*. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Ammoniak-utslapp-till-luft/>
- Naturvårdsverket. (2020g). *Utsläpp i siffror: Cyanider (CN-tot)*.
<https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Organiska-amnen/Cyanider/>
- Onwubuya, K., Cundy, A., Puschenreiter, M., Kumpiene, J., Bone, B., Greaves, J., Teasdale, P., Mench, M., Tlustos, P., Mikhalovsky, S., Waite, S., Friesl-Hanl, W., Marschner, B., Müller, I. (2009). Developing decision support tools for the selection of “gentle” remediation approaches. *Science of The Total Environment*, 407(24), 6132-6142.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.017>
- OVAM. (2019). *Phytoremediation: Code of Good Practice*. OVAM.
- Pansar, J. (2004). *Hur mår sjöarna & vattendragen?* Länsstyrelsen i Stockholm.
- Persson, A. (2016). *Frågor och svar – om frågekonstruktion i enkät- och intervjuundersökningar*. Statistiska Centralbyrån (SCB).
- Petersen, J. H. (2012). *The Kingdom of Fungi*. Princeton University Press.
- Purnomo, A. S., Mori, T., Kamei, I., Nishii, T., & Kondo, R. (2010). Application of mushroom waste medium from *Pleurotus ostreatus* for bioremediation of DDT-contaminated soil. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 64(5), 397–402.
<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2010.04.007>
- Prasad, R. (Red.). (2018). *Mycoremediation and Environmental Sustainability*. (Vol. 2). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-77386-5>
- Rehman, S., Mahboob, L., Atta, A., Ahmad, W., Saqib, K. A., Zeeshan, S., Naqvi, H. (2018). *Mycoremediation : A Green Technology Approach . 2*, 672–686.
<https://bipublication.com/files/ijabr201892115Zeeshan.pdf>
- Rydlöv, J. (2017). *Gröna reningsverk – Olika vegetationsytors påverkan på rening av miljön*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Rådberg, P., Nordqvist, K., Lillemets, A., Ehn, T., Eriksson, J. (2012). *Stoppa Försvarsmaktens rätt att förstöra miljön*. Motion 2012/13:Fö267.
- SEPPA, Swedish Environmental Protection Agency. (2009). *Att välja efterbehandlingsåtgärd - en vägledning från övergripande till mätbara åtgärds mål*.
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5978-1.pdf>

- SGI. (2020, 31 augusti). *Kartor över potentiellt förorenade områden*.
<https://www.sgi.se/sv/vagledning-i-arbetet/fororenade-omraden/fran-inventering-till-atgard/inventering-och-riskklassning/kartor-over-potentiellt-fororenade-omraden/>
- SGU. (2019, 13 november). *Förorenade områden*.
<https://www.sgu.se/samhallsplanering/fororenade-omraden/>
- Simard, S. W., Perry, D. A., Jones, M. D., Myrold, D. D., Durall, D. M., & Molina, R. (1997). Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. *Nature*, *388*(6642), 579–582. <https://doi.org/10.1038/41557>
- SMHI. (2016). *Svaveldioxid*. <http://www.smhi.se/reflab/om-luftfororeningar/luftfororeningar/svaveldioxid-1.19621>
- Stamets, P. (2005). *Myclieum Running: How Mushrooms Can Help Save the World*. Ten Speed Press.
- Stockholm Vatten och Avfall. (u.å.). *Så hanterar Stockholm Vatten och Avfall avloppsslam*. Stockholm Vatten och Avfall.
- Sveriges miljömål. (2020, 8 april). *Giftfri miljö*. <https://www.sverigemiljomal.se/miljomalen/giftfri-miljo/>
- Sveriges miljömål. (u.å.). *Antal förorenade områden och Naturvårdsverkets bidrag till inventering, undersökning och åtgärder*. <https://sverigemiljomal.se/miljomalen/giftfri-miljo/fororenade-omraden/#MapTabContainer>
- Ting, W. H. T., Tan, I. A. W., Salleh, S. F., & Abdul Wahab, N. (2020). Ammoniacal nitrogen removal by *Eichhornia crassipes*-based phytoremediation: process optimization using response surface methodology. *Applied Water Science*, *10*(3), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1163-x>
- Törneman, N., E. Cox, E., D. Durant, N., Azziz, C., & Bouwer, E. (2009). *Biotillgänglighet om företeelse och vid riskbedömningar av förorenade områden*. Naturvårdsverket.
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5895-1.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2006). *The Use of Soil Amendments for Remediation, Revitalization and Reuse*. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/soil_amendments_542-r-07-013.pdf
- van der Heijden, M. G. A., Martin, F. M., Selosse, M. A., & Sanders, I. R. (2015). Mycorrhizal ecology and evolution: The past, the present, and the future. *New Phytologist*, *205*(4), 1406–1423.
<https://doi.org/10.1111/nph.13288>
- Vangronsveld, J., Herzig, R., Weyens, N., Boulet, J., Adriaensen, K., Ruttens, A., Thewys, T., Vassilev, A., Meers, E., Nehnevajova, E., van der Lelie, D., Mench, M. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research* *16*, 765–794. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0213-6>
- Working Group on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (WGPAH). (2001). Ambient Air Pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: position paper. *Office for official publications of the European communities*. https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/pp_pah.pdf
- Wiszniewska, A., Hanus-Fajerska, E., Muszyńska, E., & Ciarkowska, K. (2016, februari). Natural Organic Amendments for Improved Phytoremediation of Polluted Soils: A Review of Recent Progress. *Pedosphere*, *26*(1), 1–12. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60017-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60017-0)
- Åtgärdsportalen. (2020, 12 februari). *Fytosanering - fördjupning*.
<https://atgardsportalen.se/metoder/jord/in-situ/fytosanering/fytosanering-fordjupn>

Bilagor

Bilaga 1. De frågor och svarsalternativ som enkäten bestod utav.

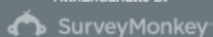
1. Vilken av följande naturbaserade saneringsmetoder känner du till? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

- Mykoremediering
- Fytoremediering
- Jordförbättringsmedel
- Jag har inte hört talas om någon av metoderna

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkelt det är att [skapa en enkät](#).

2. Vad ser du för fördelar med naturbaserade saneringsmetoder? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

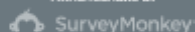
- Miljövänligt
- Kan bidra till återställande av ekosystemtjänster
- Resurseffektivt
- Kostnadseffektivt
- Annat (vänligen specificera)

- Vet ej

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkelt det är att [skapa en enkät](#).

3. Vad ser du för svårigheter med användningen av naturbaserade saneringsmetoder? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

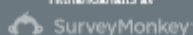
- Tidskrävande
- Nuvarande lagstiftning
- Kunskapsbrist
- Brist på aktörer som utför projekt med naturbaserade metoder
- Annat (vänligen specificera)

- Vet ej

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkät det är att skapa en enkät.

4. Känner du till något projekt där någon av de naturbaserade metoderna har tillämpats i Sverige?

- Ja
- Nej

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkät det är att skapa en enkät.

5. Kan du hjälpa oss att identifiera dessa projekt? Exempelvis: typ av förorening, saneringsmetod, kommun, år, skala (full-, pilot-)

6. Hur många av dessa projekt uppnådde de fastställda saneringskraven?

- 0
- 1
- 2
- 3 eller fler
- Vet ej

7. Skulle du kunna precisera de typer av jordförbättringsmedel, fungi- och/eller fytosaneringsmetoder som användes i dessa projekt? Välj från listan nedan. Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

- | | |
|--|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Fytoextraktion | <input type="checkbox"/> Biokol |
| <input type="checkbox"/> Fytostabilisering | <input type="checkbox"/> Aska |
| <input type="checkbox"/> Fyto- och rhizodegradering | <input type="checkbox"/> Gödsel |
| <input type="checkbox"/> Fytoavdunstning | <input type="checkbox"/> Slam |
| <input type="checkbox"/> Vitrötesvampar (White rot fungi) | <input type="checkbox"/> Kalk |
| <input type="checkbox"/> Brunrötesvampar (Brown rot fungi) | |
| <input type="checkbox"/> Pleurotus ostreatus | |
| <input type="checkbox"/> Andra typer (specificera gärna) | |

- Vet ej

8. Har du personligen varit involverad i något av dessa projekt?

- Ja
- Nej

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



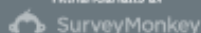
Se hur enkelt det är att skapa en enkät.

9. Vilket eller vilka projekt har du varit involverad i?

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkelt det är att skapa en enkät.

10. Om du har varit involverad i konventionella saneringsprojekt - varför användes *inte* någon av de naturbaserade metoderna? Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

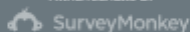
- Kunskapsbrist
- Brist på aktörer
- Tidsbrist
- Annat (specificera gärna)
- Området saknade förutsättningar för användning av naturbaserade saneringsmetoder
- Vet ej

- Jag har inte varit involverad i något konventionellt saneringsprojekt

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkelt det är att skapa en enkät.

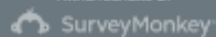
11. Vilken av dessa naturbaserade metoder tror du kommer att användas mer i framtiden? Du kan välja flera svarsalternativ.

- Fytoremediering
- Mykoremediering
- Jordförbättringsmedel
- Jag tror **inte** att de kommer att användas mer i framtiden
- Samtliga kommer att användas mer i framtiden
- Jag vet inte

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkelt det är att skapa en enkät.

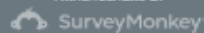
12. Ange vilken typ av aktör eller intressent du representerar. Du kan välja fler än ett svarsalternativ.

- Kommun
- Regional myndighet
- Nationell myndighet
- Tillsynsmyndighet
- Problembärgare
- Entreprenör
- Konsult
- Universitet, högskola eller forskningsinstitut
- Civilsamhälle, ideella organisationer eller icke-statliga organisationer
- Övrigt
- Vill ej ange

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkelt det är att skapa en enkät.

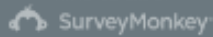
13. Vart i landet är du verksam? Du kan välja fler än ett alternativ.

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Blekinge län | <input type="checkbox"/> Stockholms län |
| <input type="checkbox"/> Dalarnas län | <input type="checkbox"/> Södermanlands län |
| <input type="checkbox"/> Gotlands län | <input type="checkbox"/> Uppsala län |
| <input type="checkbox"/> Gävleborgs län | <input type="checkbox"/> Värmlands län |
| <input type="checkbox"/> Hallands län | <input type="checkbox"/> Västerbottens län |
| <input type="checkbox"/> Jämtlands län | <input type="checkbox"/> Västernorrlands län |
| <input type="checkbox"/> Jönköpings län | <input type="checkbox"/> Västmanlands län |
| <input type="checkbox"/> Kalmar län | <input type="checkbox"/> Västra Götalands län |
| <input type="checkbox"/> Kronobergs län | <input type="checkbox"/> Örebro län |
| <input type="checkbox"/> Norrbottens län | <input type="checkbox"/> Östergötlands län |
| <input type="checkbox"/> Skåne län | <input type="checkbox"/> Vill ej ange |

Bakåt

Nästa

Tillhandahålls av



Se hur enkelt det är att skapa en enkät.

Bilaga 2. Fördelar med naturbaserade saneringsområden, svarsalternativ annat.

Visar 12 svar

- Det ge eg inte att svara generellt för alla metoder och fall men tror att en eller flera av ovan ofta gäller.
2021-04-15 07:43 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Normaliseringen av alternativa saneringsmetoder för att frångå deponering.
2021-04-14 10:50 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Mindre transporter, mindre belastning på deponier, mindre uttag av naturresurser (berg, grus) för återfyllnad Ovan bidrar till mindre CO2 utsläpp och mindre lokal luftpåverkan, mindre buller, mindre trafik, mindre avfall m.m.
2021-04-13 14:33 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Minskar behovet att transportera och deponera förorenade massor.
2021-04-08 15:17 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Fördelar och nackdelar beror helt och hållet på förutsättningarna på plats
2021-04-01 11:34 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Kan ge mervärde i form av mer inslag av grönt i boendemiljöer.
2021-03-31 14:37 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- man dumpar inte allt på en och samma plats, man utsätter kanske de som utför genomförandefasen för mindre risker
2021-03-31 08:36 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Har för lite information för att kunna göra en bedömning av fördelarna.
2021-03-30 22:37 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Jag har hört talas om fytosanering, men har inte tillräckliga kunskaper om metoden för att svara på ovanstående. Men om metoden fungerar väl borde det vara ja på ovanstående alternativ.

2021-04-07 14:32

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Vad som är en bra saneringsmetod beror mycket på hur förutsättningarna ser ut från fall till fall, Jag förstår inte vad ni menar med jordförbättringsmetoden - är det typ kompostering så känner jag till det med- att man kan använda och förstärka jordens (bakteriers) egenskaper att bryta ned t.ex. oljeföroreningar

2021-04-06 11:16

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Det innebär en möjlighet att passivt samla upp vissa föroreningar, om förutsättningarna är rätt och tid finns.

2021-04-01 16:15

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Det är inte cirkulärt tänk eller hållbart att bara sanera

2021-04-01 11:59

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Bilaga 3. Svårigheter med naturbaserade saneringsmetoder, svarsalternativ annat.

Visar 24 svar

Bidragssystemet har svårt att hantera saneringar som löper över en längre tid än exempelvis en "vanlig" schaktsanering.
2021-04-19 10:54 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Saneringar utförs ofta i samband med byggnation och geotekniken innebär särskilda krav på bärighet i mark m.m.
2021-04-16 08:17 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Tror att alla ovan ofta är applicerbara.
2021-04-15 07:44 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Befintliga kända naturbaserade metoders saneringseffekt i relation till kostnad i tid och pengar är inte lika effektiva som "traditionella saneringsmetoder", ex. djupliggande eller av annan anledning svåråtkomliga föroreningar. Vilket ofta leder till att ex. renodlat schaktarbete med deponering föredras.
2021-04-14 10:55 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Kan vara dyrt
2021-04-14 08:05 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Oklart vilka behandlingsmål man kan uppnå, vad jag förstått.
2021-04-14 07:35 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Osäkerhet om de har rätt effekt och når åtgärds målen
2021-04-13 14:33 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Kan vara svårt att nå de åtgärds mål som satts upp
2021-04-13 14:26 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Svårt att nå sökt effekt. Tidskrävande, kräver lång uppföljning.

Oftast är schaktning fortfarande billigare tyvärr. Ekonomi och tidspress i exploateringsärenden
2021-04-12 08:55 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Problem med tillräckligt reningsresultat. Vårt klimat med kort växtsäsong.
2021-04-09 09:37 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Kanske svårt att förutsäga exakt hur resultatet blir av saneringen
2021-04-08 12:03 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

i slutändan är det någon som ska betala och tid är ju ofta pengar
2021-04-06 11:16 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Många projekt där metoderna skulle kunna vara alternativ är exploateringsprojekt, i dessa projekt finns det ingen tid att utföra naturbaserade saneringsmetoden. Bättre planering och längre tidsplaner i t.ex. framtagande av planer skulle hjälpa till att öka användningen av naturbaserade saneringsmetoder
2021-04-06 08:12 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Kunskapsbrist i bemärkelsen att det inte finns mycket att jämföra med - varken när det gäller BAT eller effekt, vilket gör det svårt att bedöma. Man kan behöva ha ett extravillkor om vad som krävs om man inte når målet (i tid). Även svenska klimatet är en svårighet.
2021-04-01 16:17 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Beror på förutsättningarna på plats. I vårt område försvåras insitu- metoderna av täta jordar, oförutsägbara fyllningar och stabilitetsproblem. Ofta är föroreningarna precis i strandkanten och en av spridningsvägarna är erosion.
2021-04-01 11:39 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Osäkerheter kring huruvida fastställda åtgärds mål kan uppnås eller ej. Utöver kunskapsbrist kan det även vara brist på erfarenhet från sådana metoder.

Tyvärr är det väldigt vanligt att marken är förorenad med andra ämnen (t ex tungmetaller, persistenta ämnen som PCB m fl) som inte går att bryta ner med dessa metoder. Det finns även en stor osäkerhet kring restföroreningar. Det kan även vara stora problem att administrera substraten och uppföljning sträcker sig över lång tid. Tiden är också en nyckelfaktor speciellt i exploateringsärenden, man har inte tid att vänta ... vi gräver istället.
2021-03-31 17:08 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Metoderna skapar ett restavfall som ofta klassas som FA, speciell hantering. Fytoremediering kan göra så att föroreningar sprider sig i from av: Djur som äter växter samt spridning av vegetation löv m.m.
2021-03-31 09:36 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Kontrollmetod av uppnådda resultat kan bli kostnadskrävande. Nytt material uppstår som måste tas omhand på lämpligt sätt (i alla fall vid fytoremediering)
2021-03-30 15:54 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼

Osäkert resultat. Blandföroreningar kan komplicera.

Enklare och snabbare med schaktsanering. Tiden är viktig

2021-03-30 11:25

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Att nå ett tillfredsställande åtgärds mål (halt).

2021-03-30 11:07

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Tyvärr är massorna även ofta förorenade med tungmetaller eller andra ämnen som inte går att bryta ner. Är det bara organiska ämnen brukar det fungera bra.

2021-03-30 10:55

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Bilaga 4. Länkar till projekt identifierade av respondenter.

Filborna deponi, Angelika Blom: <https://nsr.se/om-nsr/projekt/projektbanken/bapr-sanering-med-vaxter-i-ostersjoregionen/>

Brownfield Kallinge deponi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-015-1264-6>

Odlingsförsök i odlingslådor, Stockholm, Energiforsk AB:
<https://energiforsk.se/program/askprogrammet/rapporter/fytosanering-av-slaggrus-med-hjalp-av-solrosor-och-raps-2020-651/>

Oljehamn, Karlstad, Sonja Blom: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:471141/fulltext01.pdf>

Industriområde i Sunnersta, Uppsala, Maria Greger: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:471141/fulltext01.pdf>

Produktion av biokol, Helsingborg, Eva Stål: <https://nsr.se/om-nsr/projekt/projektbanken/anlaggning-for-produktion-av-biokol/>

Helsingborg, Anja Enell: https://www.sgi.se/globalassets/syntesrapport-biokol-resource-2020-11-09_ny_ny.pdf

Ekopark, Orrefors, Linnéuniversitetet med William Hogland: <https://lnu.se/forskning/sok-forskning/forskningsprojekt/project-phytoremediation-park-in-kingdom-of-glass/>

Andra länkar som samlats in från enkäten:

<http://www.phytoenvitech.com/publikationer.html>

<http://projects.swedgeo.se/biokol/;10.1016/j.scitotenv.2021.145953>

Bilaga 5. Precision av typer av jordförbättringsmedel, fungi-och/eller fytosaneringsmetoder som används i projekten, svarsalternativ annat.

Visar 5 svar

torv i kombo m biokol

2021-04-14 08:08

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Luftning med kolkälla

2021-04-13 10:29

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

olja

2021-04-12 08:56

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Rötning av kresotförorenade jordar, offsite. Äldre projekt i Vetlanda kommun som nog inte har någon bäring i dagens krav på saneringsmål.

2021-03-31 17:11

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Bakterier framtagna i USA speciellt för oljeprodukter

2021-03-30 11:08

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Bilaga 6. Anledningar till att naturbaserade saneringsmetoder inte används då konventionella metoder används i stället, svarsalternativ annat.

Visar 8 svar

-
- Ofta styrs saneringsmetoden i förfrågningsunderlag mot mer konventionella saneringsmetoder, tyvärr ofta schakt.
2021-04-14 08:45 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-
- Alltid bråttom
2021-04-13 10:31 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-
- Kostnadseffektivitet. Området är inte undersökt om det finns förutsättningar för naturbaserade metoder
2021-04-12 08:58 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-
- Tillsynsmyndigheten bestämmer inte metod. Ofta är tidsaspekten av betydelse
2021-04-08 15:22 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-
- Biologisk rening utvärderades men bedömdes för osäker. Är dock osäker på om det handlade om svamp, bakterier eller annat. Förkastades tidigt av byggherren.
2021-04-01 16:22 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-
- Blandningar av föroreningar där vissa inte är biologiskt nedbrytbara.
2021-03-31 17:13 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-
- ofta är det kombinationsföroreningar. Man skulle behöva kombinera metoderna.
2021-03-31 08:56 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-
- Osäkert resultat, osäkehet gällande långtidseffekt och svårigheter vid blandföroreningar. På vissa platser/miljöer kan inte växter accepteras.
2021-03-30 15:57 [Visa svar](#) [Lägg till taggar ▼](#)
-

Bilaga 7. Fördelar med naturbaserade saneringsmetoder, tillsynsmyndigheter, svarsalternativ annat.

Visar 3 svar

Minskar behovet att transportera och deponera förorenade massor.

2021-04-08 15:17

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Vad som är en bra saneringsmetod beror mycket på hur förutsättningarna ser ut från fall till fall, Jag förstår inte vad ni menar med jordförbättringsmetoden - är det typ kompostering så känner jag till det med- att man kan använda och förstärka jordens (bakteriers) egenskaper att bryta ned t.ex. oljeföroreningar

2021-04-06 11:16

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Kan ge mervärde i form av mer inslag av grönt i boendemiljöer.

2021-03-31 14:37

[Visa svar](#)

[Lägg till taggar](#) ▼

Bilaga 8. Svårigheter med naturbaserade saneringsmetoder, tillsynsmyndigheter, svarsalternativ annat.

Visar 11 svar

- | | | | | |
|--------------------------|--|------------------|---------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Saneringar utförs ofta i samband med byggnation och geotekniken innebär särskilda krav på bärighet i mark m.m. | 2021-04-16 08:17 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Kan vara dyrt | 2021-04-14 08:05 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Kan vara svårt att nå de åtgärds mål som satts upp | 2021-04-13 14:26 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Oftast är schaktning fortfarande billigare tyvärr. Ekonomi och tidspress i exploateringsärenden | 2021-04-12 08:55 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Problem med tillräckligt reningsresultat. Vårt klimat med kort växtsäsong. | 2021-04-09 09:37 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Kanske svårt att förutsäga exakt hur resultatet blir av saneringen | 2021-04-08 12:03 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | i slutändan är det någon som ska betala och tid är ju ofta pengar | 2021-04-06 11:16 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Tyvärr är det väldigt vanligt att marken är förorenad med andra ämnen (t ex tungmetaller, persistenta ämnen som PCB m fl) som inte går att bryta ner med dessa metoder. Det finns även en stor osäkerhet kring restföreningar. Det kan även vara stora problem att administrera substraten och uppföljning sträcker sig över lång tid. Tiden är också en nyckelfaktor speciellt i exploateringsärenden, man har inte tid att vänta ... vi gräver istället. | 2021-03-31 17:08 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Kontrollmetod av uppnådda resultat kan bli kostnadskrävande. Nytt material uppstår som måste tas omhand på lämpligt sätt (i alla fall vid fyto remediering) | 2021-03-30 15:54 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Att nå ett tillfredsställande åtgärds mål (halt). | 2021-03-30 11:07 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |
| <input type="checkbox"/> | Tyvärr är massorna även ofta förorenade med tungmetaller eller andra ämnen som inte går att bryta ner. Är det bara organiska ämnen brukar det fungera bra. | 2021-03-30 10:55 | Visa svar | Lägg till taggar ▼ |

Bilaga 9. Anledningar till att naturbaserade saneringsmetoder inte används då konventionella metoder används i stället, tillsynsmyndigheter, svarsalternativ annat.

Visar 3 svar

-
- Kostnadseffektivitet. Området är inte undersökt om det finns förutsättningar för naturbaserade metoder
2021-04-12 08:58 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Tillsynsmyndigheten bestämmer inte metod. Ofta är tidsaspekten av betydelse
2021-04-08 15:22 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-
- Blandningar av föroreningar där vissa inte är biologiskt nedbrytbara.
2021-03-31 17:13 [Visa svar](#) [Lägg till taggar](#) ▼
-