



Lokalt omhändertagande av tungmetaller från trafik, med hjälp av ett metodiskt växtval

Sabina Thornberg och Ronja Wartel

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Uppsala 2025



Lokalt omhändertagande av tungmetaller från trafik, med hjälp av ett metodiskt växtval.

Local disposal of heavy metals from traffic, using a methodical plant selection.

Sabina Thornberg och Ronja Wartel

Handledare:	Daniel Valentini, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land
Examinator:	Göran Thor , Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för ekologi
Biträdande examinator:	Vera Vicenzotti, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod:	EX1004
Program/utbildning:	Landskapsingenjörsprogrammet - Uppsala
Kursansvarig inst.:	Institutionen för stad och land
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2025
Omslagsbild:	Sabina Thornberg (2025). <i>Vägen genom landskapet</i> . [Fotografi]
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Elektronisk publicering:	https://stud.epsilon.slu.se
Nyckelord:	Fytoremediering, Tungmetaller, motorvägar, planerat växtval, teknisk löning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institution för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Förord

Den här uppsatsen är ett kandidatarbete från landskapsingenjörsprogrammet vid SLU Ultuna. Ronja Wartel och Sabina Thornberg har planerat och utfört studien tillsammans. Båda har medverkat vid datainsamling, skrivprocessen och analysering. Ronja Wartel har skrivit utkast till avsnitt 4.1, 5.1, 6.2, 6.3, 6.4,6.6 och 6.7 samt reviderat kapitel 1, 3 och 7, avsnitt 4.2, 5.2, 6.1 och 6.5. Sabina Thornberg har skrivit kapitel 1, 3 och 7, avsnitt 4.2, 5.2, 6.1 och 6.5 samt reviderat avsnitt 4.1, 5.1, 6.2, 6.3, 6.4,6.6 och 6.7. Kapitel 2 har skrivits gemensamt av båda studenterna bortsatt från avsnitt 2.3 som skrivits av Sabina. Studiens layout har diskuterats av båda studenterna men arbetet är genomfört av Sabina Thornberg. Både Ronja och Sabina har bidragit med illustrationer.

Sammanfattning

I denna kandidatuppsats problemet angående utsläppen från bilvägar, mer specifikt tungmetall utsläppen och hur man kan bearbeta dem med hjälp av växter undersökts. Kandidatskrivarna har läst och analyserat studier angående forskning inom ämnet fyto Remediering (vilket är användningen av växters förmåga att bearbeta gifter) i anknytning till vägar och tungmetaller. Mycket av det som har analyserats och använts i kandidaten är studier från andra länder än Sverige. Det beror på att det inte har utförts forskningsstudier kopplade till fyto Remediering i anknytning till vägar i Sverige. Det visade sig för övrigt vara mycket globalt vedertaget med studier som visar på hur effektivt det kan vara att använda sig av växter för sanering av tungmetaller. Studierna som hittades var från Pakistan, Algeriet, Kina, Polen och Norge. Dessa studiers metod och resultat har analyserats för att sammanställa en växtlista som är anpassad för bruk i Sverige. Då fyto Remediering är ett så globalt vedertaget ämne undersöktes många olika arter av växter vilket genererade en växtlista på 47 arter. En del av de studerade växterna är giftiga, samt att växter som planteras på kontaminerad mark på sikt blir giftiga, leder till debatt. Bland annat har förslag på framtida forskning inom Sverige diskuterats fram i uppsatsen då inga tidigare studier har gjorts kopplade till vägar. Fyto Remediering är ett viktigt ämne som studien vill trycka på och skapa diskussion för att kunna underlätta grönplaneringen och saneringen av urbana miljöer.

Nyckelord: Fyto Remediering, Tungmetaller, motorvägar, planerat växtval, teknisk lösning

Abstract

This bachelor's thesis examines the problem of emissions from roads, more specifically heavy metal emissions and how they can be processed using plants. The bachelor's thesis writers have read and analyzed studies regarding research in the subject of phytoremediation (which is the use of plants' ability to process toxins) in relation to roads and heavy metals. Much of what has been analyzed and used in the bachelor's thesis are studies from countries other than Sweden. This is because no research studies have been conducted related to phytoremediation in relation to roads in Sweden. It also turned out to be very globally established with studies showing how effective it can be to use plants for the remediation of heavy metals. The studies found were from Pakistan, Algeria, China, Poland and Norway. The studies method and results were analyzed to compile a plant list that is adapted for use in Sweden. Since phytoremediation is such a globally established topic, many different species of plants were investigated which generated a plant-list of 47 species. Some of the plants studied are poisonous, and the fact that plants planted on contaminated soil will eventually become poisonous leads to a debate. Among other things, proposals for future research in Sweden have been discussed in the essay, as no previous studies have been conducted linked to roads. Phytoremediation is an important topic that this study wants to highlight and create discussions in order to facilitate green planning and remediation of urban environments.

Keywords: Phytoremediation, Heavy metals, High way, Methodical plant selection, technical solution

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning	8
1. Inledning	9
2. Syfte och frågeställningar	11
2.1 Syfte	11
2.2 Frågeställning och forskningsfrågor	11
2.3 Avgränsning	11
3. Metod	13
3.1 En systematisk litteratursammanställning	13
3.2 Sökning av bakgrundsinformation	14
3.3 Växtlista	15
3.4 Analys	15
4. Bakgrund	17
4.1 Tungmetallsföroreningar till följd av trafik	17
4.1.1 Sveriges restriktioner angående tungmetaller	17
4.2 Vad är fytoremediering?	18
5. Resultat	21
5.1 Tungmetaller	21
5.2 Växter	23
5.2.1 Forskarnas fokus	23
5.2.2 Forskarnas resultat	25
6. Diskussion	29
6.1 Resultatsammanfattning och diskussion	29
6.2 Hållbarhet och samhällseliga aspekter	30
6.2.1 Biologisk lösning	30
6.2.2 Giftig lösning	31
6.2.3 Estetisk lösning	32
6.2.4 Ekonomisk lösning	32
6.2.5 Invasiva arter	32
6.3 Global spridning och utveckling	33
6.4 Förslag på framtida forskning	34
6.5 Metoddiskussion	35
6.6 Applicering i verklig plantering	36
6.7 Växtlista	37
7. Slutsats	38

Referenser.....	39
Bilaga 1 Växtlista.....	43

Tabellförteckning

Tabell 1. Den visar vilka metaller som det fokuserats på i respektive land och studie.....22

Figurförteckning

Figur 1. Olika processer inom samlingsbegreppet fyto Remediering. [Illustration].

Inspiration hämtad från Clean Nature.

<https://cleannature.se/index.php/fytosanering/> [2025-04-21]. Sabina Thornberg (2025). 19

Figur 2. Växters förmåga att ta upp metallpartiklarna där växten sedan skickas på pyrolys för återvinning av metallerna. [Illustration]. Ronja Wartel (2025). 31

1. Inledning

I dagens samhälle blir klimat- och naturkriserna allt mer aktuella även hotet mot den biologiska mångfalden (Världsnaturfonden 2025). Dessa kritiska situationer är ihopkopplade och har en stor inverkan på varandra. Vi måste agera nu och ta itu med kriserna parallellt (Naturvårdsverket u.å.).

FN:s medlemsländer har ett pågående arbete mot dessa kriser. Agenda 2030 som startades år 2015, är en agenda om hållbar utveckling där 17 globala mål formulerades (Globala målen 2021). Det finns några mer essentiella mål för ett fortsatt arbete mot minskad spridning av tungmetaller och andra kemikalier till miljön (Globala målen 2024). Vilket är en del i arbetet för en bättre natur och fungerade ekosystem. Målen som fokuserar på att minska utsläpp och på så sätt förbättra våra städer, resurser, ekosystem och biologisk mångfald men även människors och djurs hälsa är mål 3, 6, 11, 12, 14 och 15 (Ibid).

Människor drar nytta av de naturliga ekosystemtjänsterna. Ett ekosystem består av alla levande organismer i ett område och dess livsmiljö. Ekosystem är organismers livsmiljö och människor förstör dessa system med utsläpp av farliga ämnen. Miljöföroreningarna försämrar inte bara vår luftkvalitet utan också klimatet vilket hotar alla ekosystem (Naturskyddsföreningen 2021).

Mycket av våra utsläpp kommer från trafiken. Bilar bidrar med utsläpp som skadliga partiklar från däck och vägar och andra hälsofarliga utsläpp (Naturskyddsföreningen 2021). Bland dessa väg- och trafikrelaterade utsläpp är en stor del av dem tungmetaller. Tungmetaller vid och omkring vägar kommer inte bara från att hårda bildelar vittrar utan också från nedbrytning av vägutrustning samt slitage av gummit i bildäck. Hur dessa metaller sprids beror på många faktorer, allt ifrån mängd trafik och topografin på vägar till väderförhållanden. De två viktigaste faktorerna för spridning av tungmetaller runt vägar är via dagvattnet och via luften (Folkeson 2005). Utsläppen ökar halterna av de redan naturligt förekommande metallerna. En del metaller i liten mängd är livsviktig för organismer men en ökad mängd av metallerna i organismers system kan leda till cancer eller andra åkommor (Naturvårdsverket 2025).

Genom en fungerande grönplanering kan en planläggning och utformning av olika grönstrukturer göras som i sin tur inte bara kommer gynna ekosystemtjänster och biologisk mångfald utan också hjälpa klimatet och människors hälsa (Naturvårdsverket 2025). I dagsläget används regnbäddar i Sverige för att filtrera och fördröja dagvatten från vägar. Huvudsakligt filtreras tungmetallerna från dagvattnet genom substratet i växtbädden medan de planterade växterna kan bidra (Va-guiden u.å.). Växter är en viktig del av ekosystemen och kan inte bara minska

stress och reducera buller utan också minska våra utsläpp genom naturliga processer. De kan även ta hand om redan ackumulerade föroreningar i den urbana miljön (Naturskyddsföreningen 2021).

Det finns flera naturliga processer hos växter med samlingsnamnet fytoremediering. Det är växters förmåga att avlägsna bland annat tungmetaller från luft, mark och vatten. Denna teknik har fått omfattande kommersiellt och vetenskapligt intresse (Peuke och Rennenberg 2005). Många växter kan inte frodas på förorenad mark och även om de kan det så avstår många växter från att ta upp föroreningar. Det är inte lätt att hitta de rätta växterna men om vi lyckas kan de verkligen löna sig (La Banca, S 2020).

I Sverige finns det två företag som aktivt jobbar med att avlägsna oönskade ämnen med växters hjälp. Företaget Clean Nature har jobbat sedan 2019 med att förbättra och tillämpa naturbaserade reningssystem enligt FN:s miljömål och kraven från EU. Deras metoder utgår från den senaste forskningen från omvärlden och Sverige inom fytoremediering. Företaget jobbar med sanering av mark och vatten med hjälp av olika mark- och vattenväxter (Clean Nature u.å.). PhytoEnvitech jobbar mot bättre mat, natur och miljö med hjälp av deras 23-åriga erfarenhet av luft-, vatten- och markrening genom fytoremediering. De använder inte bara dessa växtbaserade metoder för att avlägsna föroreningar och tungmetaller i närheten av åkermarker och industrier utan de jobbar med kartläggning av utsläpp i miljön. PhytoEnvitech har en ständig kontakt med universitet och globala kontakter för att förbättra sina metoder (PhytoEnvitech u.å.). Båda bolagen tar upp på sina webbplatser att fytoremediering både är kostnadseffektivt och miljöfrämjande (Clean Nature u.å.; PhytoEnvitech u.å.).

Val av växter görs idag för att gynna biologisk mångfald och skapa ekosystemtjänster lika väl som ett urval görs för att gynna människor både psykiskt och fysiskt (Uppsala kommun 2023). Landskapsingenjörer jobbar ständigt med att utveckla den gröna infrastrukturen och har många förutsättningar med sina kunskaper att påverka både ändamål och utformning. Som det ser ut idag finns det inte några konkreta lösningar på hur landskapsingenjörer kan implementera ett metodiskt utvalt växtmaterial för att minska tungmetaller från trafik. Kan vi arbeta vidare med att reducera gifterna knutna till trafiken genom att stödja våra ekosystem med hjälp av växternas fytoremediering utifrån ett metodiskt växtval?

2. Syfte och frågeställningar

I det här kapitlet redovisas studiens syfte och frågeställning med övriga forskningsfrågor som uppsatsen i helhet berör. Avsnittet tar även upp uppsatsens avgränsningar.

2.1 Syfte

Undersökningens syfte är att efterforska hur fyto Remediering tillämpas vid grönområden in till högt trafikerade vägar och hur detta kan bidra med bearbetning av ämnen som är skadliga för miljön, levande organismer och människor. En sammanställning av de växter som undersökningen visar vara bäst lämpade att använda vid bilvägar i Sverige kommer att genereras.

2.2 Frågeställning och forskningsfrågor

Huvudfrågeställningarna som kommer leda denna kandidatuppsats:

- Hur har fyto Remediering undersökts vid högt trafikerade vägar och vilka växter som är bäst lämpade?
- Hur kan dessa lösningar tillämpas i Sverige?

Övriga forskningsfrågor som kommer att besvaras under processens gång:

- Vilka är det vanligaste utsläppen vid bilvägar och hur påverkar de miljön, levande organismer och människor i en svensk miljö?
- Vad är fyto Remediering och hur fungerar det?

2.3 Avgränsning

Uppsatsen har avgränsats mycket genom sökandet och sammanställningen av litteraturen. Utredningen definieras specifikt till fyto Remediering som ingår i det större området bioremediering. Uppsatsen avstår från att gå mer ingående på de olika processerna under samlingsnamnet fyto Remediering utöver bakgrunden. Utan ordet fyto Remediering kommer att användas som ett generellt begrepp när det diskuteras om bland annat hur det kan användas i Sverige. Därefter avgränsas valet av farliga ämnen till tungmetaller och specifikt tungmetaller som har sitt ursprung från högt trafikerade vägar.

Valet av inriktning på studien gjordes efter att sökningen av studier på fyto Remediering i Sverige ledde fram till undersökningar inom industriområden, gruvområden, dagvattenhantering och sanering inom matproduktionen. Många av dessa kan klassas som större områden och som kan skada oss människor och naturen på många sätt. Utsläpp av tungmetaller från trafiken är också ett stort

problem vilket kan leda till att människors hälsa tar skada via luftburna partiklar (Naturvårdsverket 2025). Tungmetallerna kan även spridas till jordbruket via trafiken om vi inte stoppar det innan de hinner fram (Greppa näringen 2022; Naturvårdsverket 2025).

“Ett angeläget folkhälsoproblem är kadmium i vår föda, och inte minst i vete. Maria Greger kunde visa att Salix kan ta upp och binda kadmium i olika jordar. Efter fyra år hade innehållet av denna toxiska tungmetall minskat med ca 25 procent i vete och i odlingsjorden.” (Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien 2022).

Därför har denna studie fokuserat på att undersöka hur fyto Remediering har använts vid motorvägar. Studierna som valts att undersökas är internationella empiriska studier som sen kommer att användas vid resonemang om möjligheter till applicering i Sverige. Däremot har översiktsartiklar som genererades på ämnet uteslutits då de flesta som hittades genom sökningarna saknade kopplingen till högt trafikerade vägar. Genom att titta på rubrik och abstrakt visade översiktsartiklarna att de inte kunde hjälpa till att svara på undersökningens frågeställning. Då studien riktar in sig på tungmetaller från motorvägar har den avgränsats först och främst till förorening av luft och mark. Växter tar dock upp mycket av föroreningarna i marken via vattnet. Metoder för vattenförvaltning, rening genom dagvattendammar och växter, bortses då det är en helt annan forskningsinriktning.

3. Metod

I det här kapitlet presenteras de olika tillvägagångssätten som nyttjats under studiens gång. Arbetet började initialt med en systematisk litteraturstudie därefter gjordes en informationssökning till kapitlet "Bakgrund". Till sist en beskrivning av faktainsamling av växters implementerings potential i Sverige.

3.1 En systematisk litteratursammanställning

Den här uppsatsen är framställd genom en systematisk litteratursammanställning. Här följer skribenten en systematisk steg-för-steg-metod. En formulering och avgränsning av ens forskningsfråga påbörjas för att hjälpa till i nästa steg som är att hitta sökord. Som i sin tur kan användas vid steg tre som är att söka på olika databaser och dokumentera. Här blir nästa steg att kolla om en behöver smalna av sökorden eller bredda sin sökning för att få rätt artiklar för sin frågeställning. Därefter ska artiklar väljas ut och granskas för att se om de har relevans eller inte (Karolinska institutet 2025).

Ämnet valdes utifrån ett intresse om växter och omhändertagande av miljöföroreningar som är ett stort och aktuellt ämne i dagens samhälle. Initialt gjordes två sökningar på Primo - SLU-biblioteket vilket är universitetets söktjänst som ger tillgång till vetenskapligt granskade artiklar. Resultatet visade ett högt antal träffar. Många var inte relevanta och sållades bort och utifrån detta mailades relevanta forskare om referenslitteratur men de relaterade inte till uppsatsens syfte efter en av flera omskrivningar. Efter den inledande handledningen erhöles ett nytt begrepp: bioremediering. En ny sökning på Primo utfördes med det nya begreppet, här gjordes det även en sökning på Google Scholar för att få bättre sökträffar, vilket resulterade i ett mer avsmalnat samlingsbegrepp: phytoremediation. Påföljande skedde ännu en ny sökning med det nya begreppet som genererade oöverkomliga mängder av artiklar och böcker.

En ny och avslutande avgränsning gjordes på syftet och frågeställning för att få en mer begränsad sökning, se mer i föregående avsnitt "2.3 Avgränsning". De nya huvudbegreppen blev phytoremediation, street, road, highway och heavy metal. Där en sökning på Primo - SLU-biblioteket och Scopus gjordes. Scopus är en av de databaser som är tillgänglig via universitetet som gör det möjligt att filtrera och finna relevant fakta som är vetenskapligt granskade. Här användes sökvägen phytoremediation OCH highway* OCH "heavy metal*" vilket resulterade i 28 träffar i respektive sökmotor. Två sökvägar till gjordes på Primo där highway* byttes ut mot street* eller road* och resulterade i 35 respektive 85 träffar. Det här hade varit ett bra resultat i sökningen men i slutändan blev resultatet av sökningen

väldigt liten då många sållades även här bort se avsnitt ”2.3 Avgränsning” för större förståelse.

Vetenskapligt granskade empiriska studier valdes ut och granskades för relevans. De 6 artiklar som hittades lästes och analyserades och det viktigaste som kunde svara på frågeställningarna togs ut och analyserades. Vid litteraturgenomgången hittades ytterligare en studie som hade gjorts i Norge och Polen. Där studien utfördes i Norge valdes in i resultatet då den fokuserar på utsläpp vid vägar. Den valdes även till för att alla de valda växterna i studien är vanliga växter i Sverige. Hur urvalet utfördes kan ni läsa mer om i avsnittet ”3.1 Analys”.

3.2 Sökning av bakgrundsinformation

Ett grundantagande som togs var att miljöföroreningar i den urbana miljön kan försämra både miljön vi lever i och vår hälsa. Människor påverkas inte bara av dessa kemikalier genom luften när vi andas utan också genom vårt dricksvatten och mat. Spridnings-krisen ligger på ett likvärdigt plan som klimat- och naturkrisen (Naturskyddsföreningen u.å.). Med grundantagandet i åtanke har en sökning gjorts på fakta om vanliga tungmetaller från fordon och hur de påverkar oss och Sveriges restriktioner för tungmetaller som sedan har sammanställts i kapitlet ”4. Bakgrund”.

En sökning gjordes även om begreppet fytoremediering och har sammanställts i kapitlet ”4. Bakgrund”. Kapitlet bakgrundens innehåll söktes fram och sammanställdes för att ge en allmän förståelse till varför trafikens utsläpp är ett problem och hur det är kopplat till Sverige. Den formulerades för att få en överblick över fytoremedieringens uppkomst och en generell bild av hur det fungerar.

Under sammanställningen av bakgrundskapitlet skapades en uppfattning om att släktet *Salix* spp. visade sig vara en bra fytoremedierings växt. De redan identifierade studierna saknade *Salix* släktet i sina undersökningar. Då dessa artiklar inte var specifikt inriktade på högt trafikerade vägar gjordes en sista sökning på Primo - SLU-biblioteket med samma tre sökningsvägar med street*, road* och Highway* där *Salix* lades till, vilket resulterade i 2 användbara vetenskapliga artiklar.

3.3 Växtlista

I och med den tidigare breda sökningen av studier och informationsökningen till bakgrunden erhöles en del växter som var bra fyto Remedierare. När de 9 valda studierna analyserades visade de att det var många som var bra på fyto Remediering av en eller flera tungmetaller. Dessa var allt från perenna gräs och blommor till både vintergröna växter och andra lignoser. Alla dessa växter har sammanställts i en växtlista (Bilaga 1) där dem har blivit organiserade i bokstavsordning. Här nämns även annan fakta som erhållits om växterna som klacifiering, tungmetaller dem kan ta upp mest av och tillgänglighet i Sverige.

En sökning gjordes på Google om invasiva arter i Sverige och EU för att få fram svar på vilka av växtlistans arter som har implementerings potential i Sverige. Två listor hittades, en över EU- klassade (Naturvårdsverket 2023) och en sammanställning av främmande arter från Artdatabanken (Länsstyrelsen 2024). Den här informationen är sammanställd i växtlistan under tillgänglighet. Trädet gudaträd har uteslutits helt från listan då den var den enda växten som var EU-klassad som invasiv och får varken importeras, säljas, transporteras, användas, odlas eller planteras på något sätt (Naturvårdsverket 2024).

3.4 Analys

Först hittades 6 studier som handlade om fyto Remediering av tungmetaller kopplade till vägar. Detta gjordes genom att läsa rubrik och abstrakt men också söka i dokumentet efter de specifika orden: highway, road, street och heavy metal. Efter det lästes studierna igenom en gång för att få en uppfattning om vad som skulle kunna svara på den här studiens frågeställning. Alltså har fyto Remediering undersökts kopplade till högt trafikerade vägar.

Informationen organiserades ut efter tungmetaller kopplade till vägar och vilka växter som var bäst lämpade. Hur studierna har undersökt och utfört sina studier men också hur de har analyserat inte bara proverna utan hur de analyserat sina resultat, granskades också. Fokus i analysen av materialet har legat på att komma fram till de bäst lämpade växterna för fyto Remediering men även hur forskarna har valt att undersöka hur bra växter är på att tåla den stress som de utsätts för. Under tiden som dessa studier lästes hittades tre till som organiserades på samma sätt.

Resultatet valdes att delas upp i två underrubriker: tungmetaller och växter. I resultatet över tungmetaller valdes det att skriva kort om hur forskarna valde de tungmetaller det ville undersöka och varför. Här samlades också information om hur forskarna utförde deras metod och vad som skiljer de olika studierna åt. Växtavsnittet har gått mer in på varför dem valde de växter de ville undersöka,

varför de gjorde undersökning i första hand och vilket resultat de kommit fram till.

Forskarnas olika sätt att analysera sina prover från studiernas platser och vad de valde att fokusera på för att få fram de resultat de var ute efter antecknades och ställdes mot varandra. Vad hade studierna gemensamt och vad skilde dem åt och kollades mer ingående här för att få bra grunder för att svara på studiens syfte och frågeställningar. Detta kommer senare att diskuteras på olika sätt i diskussionskapitlet.

4. Bakgrund

Här kommer studiens övriga forskningsfrågor att besvaras som är: ”Vilka är det vanligaste utsläppen vid bilvägar och hur påverkar de miljön, levande organismer och människor i en svensk miljö?” och ”Vad är fytoremediering och hur fungerar det?”. Det här kapitlet har lagts till för att underlätta för läsaren och ge den mer förståelse för studiens resultat och diskussion.

4.1 Tungmetallsföroreningar till följd av trafik

Tungmetallerna är livsviktiga för många levande organismer inklusive oss människor i rätt mängd, och är naturligt förekommande i naturen. Vid för höga halter tungmetaller kan det få förödande konsekvenser inte bara för naturen även för oss människor. Höga halter av till exempel kadmium kan leda till leverskador och cancer. Höga halter tungmetaller kan också leda till att de naturliga processerna i marken och växter förhindras eller upphöra helt. Tungmetaller räknas som evighetsämnen, det vill säga att de på egen hand inte bryts ned i naturen (Naturvårdsverket 202).

Dagens trafik är en av de största källorna till tungmetallerförorening. Kadmium är en av metallerna som man hittar i vägkanter, då dess huvudsakliga spridning till miljön idag är genom förbränningen av fossila bränslen, även biobränsle. Kadmium är mycket farligt för mikroorganismer och vattenlevande djur. Koppar är en annan metall som hittas i vägkanter. Koppar i höga halter kan leda till att mikroorganismer nära vägarna skadas. Varje gång ett fordon bromsar så släpps det ut kopparpartiklar i luften. Det beror på att bromsbeläggen är till stor del tillverkade av koppar. Zink sprids till vägkanterna genom slitage av bildäcken (Folkeson 2005). Förhöjda halter av zink påverkar vattenlevande organismer negativt (Naturvårdsverket 2025). Detta är bara tre av många tungmetaller som sprids från bilvägar och som kan leda till problem i närliggande grönområden i Sverige.

4.1.1 Sveriges restriktioner angående tungmetaller

Sverige har aktivt minskat sina utsläpp av tungmetaller genom att sätta förbud och restriktioner knutet till användningen. Bly är exempelvis en sådan tungmetall som vars användning har begränsats.

Innan 1985 så innehöll bensin bly, som sedan spreds vidare till miljön kring bilvägar vid dess förbränning. År 1985 introducerades blyfri bensin på marknaden, det ledde till att bly togs bort helt ur ren bensin som fortfarande

innehöll bly. Till sist förbjöds användningen av bensin med bly i helt och hållet 1995 (Drivkraft Sverige u.å.). Ett exempel på en tungmetall som fått hårdare restriktioner är kadmium. Kadmium är en tungmetall som har många användningsområden. Innan slutet av 1970 användes kadmium till galvanisering av stål vilket är ett sätt att skydda mot rost. Idag används andra metaller än kadmium till denna process (Naturvårdsverket 2025).

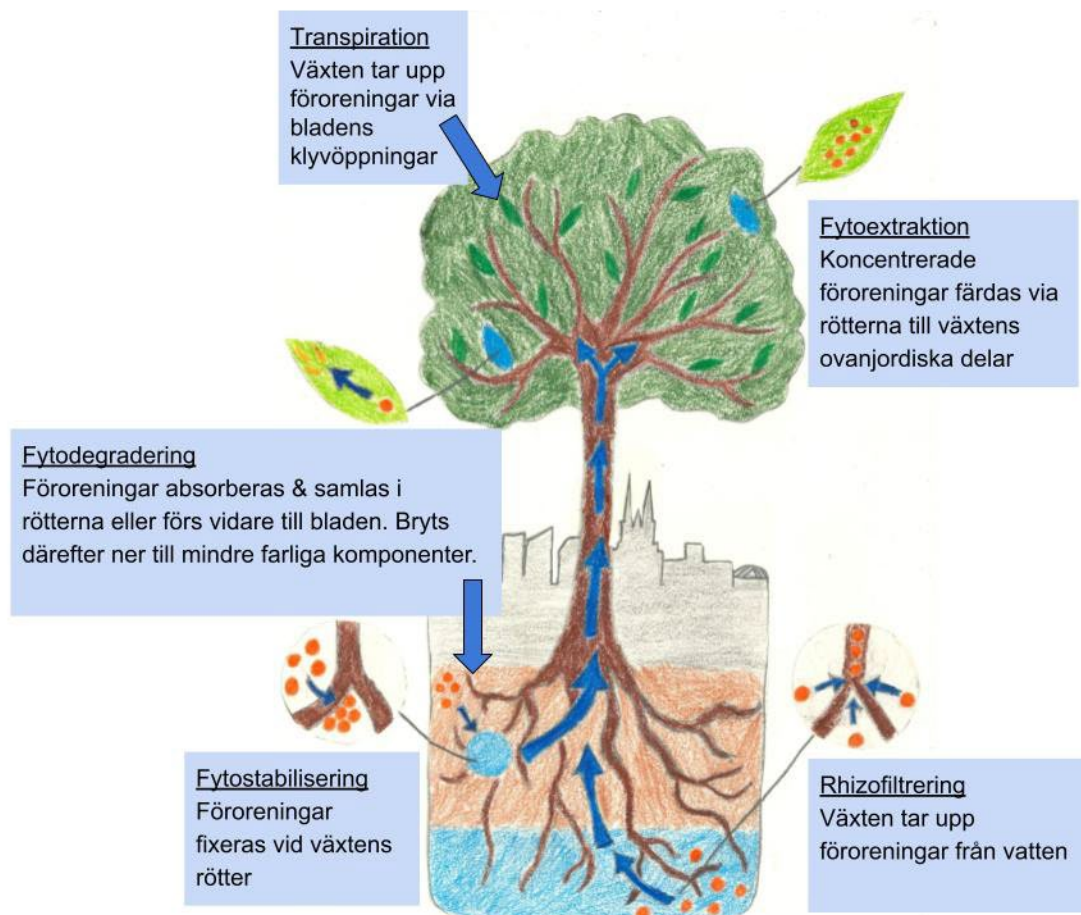
4.2 Vad är fyto Remediering?

Remediering är en term för begreppet avgiftning. Genom att använda sig av olika åtgärder kan miljöproblemen minskas. En av åtgärderna man tar hjälp av är bioremediering som är mikroorganismers förmåga att bryta ner miljöfarliga ämnen (Nationalencyklopedin u.å.). Utvecklingen av bioremediering som metod skedde på 1960-talet i USA, vilket gav gynnsamma resultat vid upprepning av oljespill och sanering av tungmetaller från gruvor. Inom bioremediering används inte bara bakterier utan också svampar, arkéer och alger (Bioteria 2018).

Från detta koncept skapades begreppet fyto remediering i Belarus på början av 1990-talet. Forskare hade som mål att på ett snabbt sätt reducera halten av metallutsläpp i gruvor och avfall från sprängningar, genom att hitta de rätta växterna, så kallade hyperakumulerare (Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien 2022:12–15). Ett stort område inom forskningen är att hitta växter och skapa metoder för att minska tungmetaller och andra kemikalier inom lantbruket och i våra matgrödor (La Banca, S 2020; PhytoEnvitech u.å.).

Forskningen expanderade till omhändertagande av allt från lättflyktiga föroreningar från till exempel färg även tungmetaller och explosiva ämnen som TNT (La Banca, S 2020). Vid fyto remediering används växtens naturliga processer, att ta hand om, omvandla eller fixera olika miljögifter från mark, vatten och luft. Det finns många processer under samlingsnamnet fyto remediering (se figur 1) (Clean Nature u.å.). Föroreningen tas antingen omhand genom ackumulering i rotzonen, växternas bladverk eller så blir den fixerad i marken vilket minskar chansen till att de kan ta sig till vårt grundvatten (Kumpiene, J 2024). Metoderna minskar risken att skapa hotspots av föroreningar som deponier då växterna samlar upp och oskadliggör föroreningarna på plats (Clean Nature u.å.; PhytoEnvitech u.å.). De skördade växtdelarna och metallerna görs ofarliga genom förbränning på en pyrolysanläggning eller ett värmeverk och på så sätt återvinns de och skapar värme och bränsle (Clean Nature u.å.). Forskning görs för att skapa hållbara metoder för återvinning av metaller från de kontaminerade jordarna med hjälp av fyto remediering (Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien

2022). Tungmetallerna kan även utvinnas och återanvändas från växternas genererade biomassa (Clean Nature u.å.).



Figur 1. Olika processer inom samlingsbegreppet fyto Remediering. [Illustration]. Inspiration hämtad från Clean Nature. <https://cleannature.se/index.php/fytosanering/> [2025-04-21]. Sabina Thornberg (2025).

Fytostabilisering

Växten hjälper till att stabilisera jorden och minska risken för erosion och i sin tur minskar man risken för urlakning och att vattendrag förorenas (Nationalencyklopedin u.å.). Växterna fixerar aktivt utsläppen i rotzonen (PhytoEnvitech u.å.). Illustrationen kan ge en tydligare bild på hur och vart det sker i växten (se figur 1).

Fytoextraktion

Den här funktionen syftar till växtens förmåga att absorbera skadliga ämnen i rotzonen och ansamlar dem i de vegetativa skotten. Denna mekanism fungerar bäst för metaller som nickel och zink, som en del växter kan lagra i stora mängder. Tekniken har även använts med goda resultat för en del organiska ämnen också (Nationalencyklopedin u.å.; PhytoEnvitech u.å.). Bilden över olika processer visar en tydlig bild av de skadliga ämnenas väg i växten (se figur 1)

Fytodegradering

Den här funktionen sker i rotzonen hos växten, där de mikroorganismer som lever runt omkring växtens rötter bryter ned miljöföroreningarnas skadliga ämnen (Nationalencyklopedin u.å.). Både rötterna och bakterierna i rotzonen avger enzymer som hjälper till att bryta ner organiska ämnen. Ämnena kan även tas upp och omvandlas i rötterna (PhytoEnvitech u.å.).

Rizofiltrering

Den här mekanismen sker också i rotzonen hos växten. Här filtreras dagvattnet genom växtens rötter (Nationalencyklopedin u.å.).

Transpiration

I samband med fotosyntesen, alltså när växten tar upp koldioxid från luften genom bladens klyvöppningar, kan växten även ta upp andra luftburna föroreningar (Clean Nature u.å.)

5. Resultat

I den här delen presenteras den data som analyserats från olika studier angående användningen av fyto Remediering knutet till tungmetaller från vägar.

Forskningsprojekten som återfanns härstammar från både Afrika, Europa och Asien. Denna redogörelse har som mål att tydliggöra och svara på en av studiens huvudfrågor : ”Hur har fyto Remediering undersökts vid högt trafikerade vägar och vilka växter som är bäst lämpade?”.

Vid litteratursökningen upptäcktes det att forskningsstudier knutna till fyto Remedieringens olika användningsområden var globalt vedertagna. När det kom till studier kopplade till tungmetaller till följd av högt trafikerade vägar var det svårare att hitta litteratur. De forskningsstudier som valts ut i sökningsprocessen har utförts i Algeriet, Pakistan, Polen, Kina och Norge. Där forskare har undersökt vilka växter som klarar av att leva i miljöer kring bilvägar som har höga värden av tungmetaller, samt vilka av de växterna som har bäst förmåga att bearbeta dem med hjälp av fyto Remediering. Det är totalt 9 studier som är direkt kopplade till tungmetallutsläpp till följd av hög vägtrafik var av två från Pakistan, tre från Beijing (Kina), en från Algeriet, två från Polen och en från Norge.

5.1 Tungmetaller

Här redovisas vilka tungmetaller som har undersökts i samband med vägar. Samt hur undersökningarna har utförts.

I alla de 9 studierna som analyserats har forskarna valt ut vilka tungmetaller som de kommer att fokusera mer på. Detta urval har gjorts genom att forskarna gått igenom tidigare forskning angående tungmetallutsläpp kopplade till trafik och bilvägar. Även i de studier som har använt sig av växternas fyto Remediering för att kartlägga vilka tungmetaller som finns på platsen har det gjorts ett urval av vilka tungmetaller fokuseras mer på. Urvalet av vilka tungmetaller som undersökts har också gjorts utifrån vilket land som forskningen utförts i. Detta har att göra med ländernas restriktioner angående hantering av tungmetaller. Vilka metaller som vilken studie undersökt har sammanställts (se tabell 1).

I två av studierna (Khalid et al. 2018, Khalid et al. 2019) togs det prover precis intill vägen och 100 meter bort från vägen för att jämföra metall innehållet. De tungmetaller som fokuseras på i de studierna är kadmium, bly, zink och nickel. Proverna som togs 100 meter från vägarna tog som kontroll växter och hade som mening att visa växternas naturliga upptag av tungmetaller. Det studerades för att

undersöka den eventuella förhöjningen av upptaget inom växterna närmre vägarna. I liknelse med en av de andra studierna där forskarna kontrollerade metallinnehållet i fårsvingel (Fornal-Pieniak et al. 2024). Där valde forskarna att ta prover på flera avstånd från vägen. De tittade på avstånden 0 meter, 20 meter, 60 meter och 150 meter. De valde att fokusera på kadmium, nickel, bly, zink och koppar innehållet. Deras mål med detta var att de skulle se hur långt in i miljön vid vägen tungmetallerna spridit sig.

De fem andra studierna (Liu et al. 2017, Liu et al. 2019, Yanping et al. 2022, Rolka et al. 2022, Belguidoum et al 2020) skiljer sig från de tidigare. Där har forskarna inte tagit egna prover för att jämföra sin värden utan de har använt sig av värden från tidigare forskning. Urvalet av vilka tungmetaller som respektive studie har valt att fokusera på är gjort utifrån forskning angående tungmetallutsläpp från vägar. Det är också anpassat till forskning som är relevant för respektive land vilket gör att vilka metaller som har undersökts varierar från land till land.

Den studie som skiljer sig mest från de andra är den studien som är utförd i Norge. Forskarna valde att undersöka luftpartiklar utan att kontrollera mängden av olika metaller (Sæbø et al. 2012). Som de andra studierna så har undersökningen utförts längs med motorvägar, vart vägarna har varit placerade i landskapet och mängden trafik har varierat mellan studierna.

Tabell 1. Den visar vilka metaller som det fokuserats på i respektive land och studie.

Land	Studie	Metaller
Kina (Beijing)	Liu et al. (2017)	kadmium, krom, koppar, järn, mangan, nickel, bly och zink
Kina (Beijing)	Liu et al. (2019)	kadmium, krom, koppar, järn, mangan, nickel, bly och zink
Kina (Beijing)	Yanping et al. (2022)	krom, koppar, bly, mangan, zink
Polen	Rolka et al. (2022)	järn, mangan, zink, koppar, bly, kadmium, nickel, krom och kobolt

Polen	Fornal-Pieniak et al. (2024)	kadmium, nickel, bly, zink och koppar
Pakistan	Khalid et al. (2018)	kadmium, bly, zink och nickel
Pakistan	Khalid och et al. (2019)	kadmium, bly, zink och nickel
Algeriet	Belgudoum et al. (2020)	järn, zink, mangan, bly, antimon, koppar, vismut, kadmium och silver
Norge	Sæbø. et al. (2012)	PM (partikelmaterial)

5.2 Växter

Här redovisas vilka växter som har undersökts samt vilka växter som är bäst lämpade för fytoremediering av tungmetaller. Delkapitlet kommer även att nämna olika undersökningskategorier och vilket resultat de olika studierna visade.

Forskarna i båda studierna i Pakistan och den i Algeriet valde att studera inhemska växter som befann sig på alla de valda platserna i studien. Medan de tre olika studierna i Kina, den i Polen från 2022 och sist i Norge, valde istället att kolla på vanliga växter som ofta planteras i urbana miljöer. Forskarna i studien från 2024 i Polen hade däremot ett annat sätt att välja viken växt att undersöka.. De valde en växt med redan många användningsområden. De flesta av studierna gjorde sina undersökningar för att föra forskningen framåt i att hitta de bäst lämpade växterna för att förbättra luftkvaliteten och miljön vi alla lever i.

5.2.1 Forskarnas fokus

Fysiologiska processer

Att titta närmare på den valda växtens fysiologiska processer till följd av fordonsutsläpp var tre av studiernas främsta fokus.

Båda studiernas växter har tidigare undersökts och betraktats ha god fytoremedieringsförmåga (Khalid et al. 2019; Belguidoum et al. 2020). Forskarna i Pakistan ville specifikt bedöma växterna ricin och indisk spikklubba och deras

användning som övervakningsväxt och stressrespons. De ville hitta de bäst lämpade växterna för fyto Remediering så de kan ta hjälp av dem för att undersöka luftkvaliteten (Khalid et al. 2019). Däremot ville studien i Algeriet fokusera på att forska vidare på potentialen av ackumulering av tungmetaller längs vägar hos den vintergröna fleråriga växten *Hertia cheirifolia* (Belguidoum et al. 2020). I en studie i Pakistan valde de även att undersöka en inhemskväxt. De valde att fokusera på relationen mellan metall-kontaminerade områden intill transportvägar och växten gullfrö som har en bred anpassningsförmåga och klarar en varierad temperatur. Är en införd växt i många delar av världen och ses som invasiv i Pakistan (Khalid et al. 2018).

Utveckla den urbana miljöns utformning

Att hjälpa den urbana miljöns utformning framåt och minska på de stora mängder luftburna partiklar som kommer från trafikens utsläpp var två viktiga aspekter som fyra andra studier valde att lägga fokus på.

I Kina valde man att undersöka potentialen hos 32 befintliga träd längs en högt trafikerad väg (Liu et al. 2017). En fortsatt studie gjordes med 15 av de tidigare 32 valda växterna (Liu et al. 2019). I Norge undersöktes 23 olika växtarter inte bara för deras potential men också för att effektivisera framtidens växtval för den urbana miljön (Sæbø et al. 2012). Den sista studien gjordes också i Kina. Här ville forskarna även skapa en bättre kvalitetsbedömning av städernas utsläpp med hjälp av de 4 urbana träden: gudadträd, pappersmullbärsträd, *Pinus tabuliformis* och rönnsumak (Yanping et al. 2023).

Öppna ytor av jord längs transportvägar ligger i ett väldigt utsatt läge för kontaminering av tungmetaller från vägar. Så forskarna i en av studierna från Polen valde även dem att titta närmare på en sådan yta och undersöka hur tuvrör anpassar sig till kontaminerade jordar (Rolka et al. 2022). Även här har forskarna kollat på en växt som är vanlig att välja i urbana planteringar som forskarna från Kina och Norge också valt att undersöka. I en senare studie från Polen har de även valt en urbant förekommande växt men utifrån den principen att urbana skogar ofta är placerade utmed vägar. Det valda gräset fårsvingel är ett vanligt växande gräs i urbana barrskogar (Fornal-pienak et al. 2024).

Forskarnas olika analyser

Olika former av analyser användes för att bestämma om växten eller växterna är lämpade att plantera i urbana områden för ackumulering av en eller flera tungmetaller. Alltså hur växterna tolererar de förorenade markerna och den mängd tungmetaller som finns i områdena. Analyserna gjordes på de ovanjordiska bitarna av varje växt och prov av varje jord. Dessa kontrollerades mot kontroll-växter och

platser, genom standardiserade kontrollsiffror eller tidigare studier med samma växter. Växternas upptag av metaller jämfördes också med nationella och internationella standarder för vad som klassas som giftigt. En del av studierna valde att främst fokusera på ackumulering av de luftburna partiklarna och andra på hela växtens bioackumuleringsförmåga. Studien på växten gullfrö, på de urbana träden: gudaträd, pappersmullbärsträd, en sort av tall och rönnsumak, på fårsvingel och tuvrör undersöktes bland annat att analysera relationen mellan metallhalterna i växt och jord (Khalid et al. 2018; Yanping et al. 2023; Fornal-pienak et al. 2024; Rolka et al. 2022). De urbana träden undersöktes också för att se hur mycket de luftburna partiklarna bidragit med ackumuleringen av tungmetaller (Yanping et al. 2023). Växten *Hertia cheirifolia*, de urbana växterna i studierna från Kina och de urbana växterna i Norge undersöktes istället genom andra analyser för ackumulering av tungmetaller. Dessa analyser var inte specifikt korrelerade med jordanalyser (Belguidoum et al. 2020; Liu et al. 2017; Liu et al. 2019; Sæbø et al. 2012). Forskarna som undersökte växterna ricin och indisk spikklubba valde att gå en helt annan väg med deras analys. De analyserade korrelationen mellan stressen och ackumuleringen av metaller med växtens eget försvarssystem. De valde även att se hur växten reagerade på andra fysiologiska plan (Khalid et al. 2019). Man valde även att undersöka växten gullfrös försvarssystem och fysiologiska processer utöver de tidigare nämnda analyserna (Khalid et al. 2018).

5.2.2 Forskarnas resultat

Höga halter tungmetaller

Motorvägar som det tidigare nämnts är utsatta områden för många olika föroreningar både i luft och i marken som kan riskera att ta sig till omkringliggande områden. Vi kan se detta genom att halterna i bladen hos gullfrö och jorden i rotzonen överskred WHO högsta tillåtna gränser av nästan alla metaller som forskarna undersökte. Växten visade sig vara bäst på att ackumulera nickel och kadmium. Analyserna visade stora variationer mellan kontroll och växt, vilket visar att växten har lyckats ackumulera och stabilisera stora mängder av metallerna och att de inte spridits längre bort då kontrollväxterna hade lägre halter tungmetaller i både löv och rotzon (Khalid et al. 2018). Även halter av tungmetaller i växten *Hertia cheirifolia* överskred internationella certifierade standarder. Informationen visar att växten genom sin fyto Remediering kan vara en bra indikator för högt förorenade områden. Denna blommande växt har en hög kapacitet att ta upp både järn och zink. Studiens resultat har gett forskarna stöd i

sina argumentationer att växten både är tolerant mot höga halter tungmetaller och kan användas som en bra fyto Remedieringsväxt (Belguidoum et al. 2020).

Gräset fårsvingel visade även stora skillnader i andelen ackumulerade tungmetaller jämfört med kontrollplatserna. koncentrationen av metaller minskade i växtens alla delar ju längre bort från vägen som proverna togs. Gräset var bäst på att ta upp kadmium och nickel. Detta visar att fårsvingel inte bara är bra på att ta upp stora mängder metaller utan också är bra på att stabilisera dem i marken. Forskarna skriver att den har bar egenskaper att användas som en buffertzona även om de bara kan ta upp stora mängder av vissa metaller (Fornal-pienak et al. 2024). Forskarna som undersökte gräset tuvrör skriver att gräset är tålig mot höga och låga temperaturer och andra ogynnsamma förhållanden men den har även ett högt estetiskt värde. Gräset visade lovande siffror av ackumulerade tungmetaller jämfört med omkringliggande mark. Det visar att även den här växten är bra för att övervaka och kartlägga föroreningar. Deras slutsats visar att den även är en lovande fyto Remedieringsväxt som kan användas som en barriär mellan en motorväg omkringliggande områden (Rolka et al. 2022).

Luftburnametallpartiklar

Tungmetaller hamnar inte bara i marken från utsläppen utan mycket är luftburna partiklar vilket fyra av studiernas forskare fokuserade mycket på i deras undersökningar.

Forskarna som undersökte 32 olika urbana växters bioackumuleringsförmåga av luftburna partiklar och därmed ackumulering av tungmetaller visade att en andel var bra fyto Remedierare. De fem arterna med bäst ackumuleringsförmåga var: kinesträd, turkestanisk alm, vårsyren, *Malus* spp. och prakttry 'Red Prince'. Forskarna hade även som avsikt att få fram den uppskattade totala metall-ackumuleringen per växt genom att använda sig av MAI (metal accumulation index), för att hitta de bäst lämpade växterna som fokuserar på flera metallföroreningar. Persikomandel, även kallad sötmandel, blev den växt som är mest lämplig för mångfaldig metall-ackumulering (Liu et al. 2017). Vilken växt som är bäst lämpad för en specifik tungmetall kan ses i växtlistan (se bilaga 1).

De 15 av de tidigare nämnda 32 växterna visade genom nya analyser att japansk benved var den med bäst fyto Remedieringsförmåga. Den var en av de lite bättre växterna i den föregående studien men en anledning till att den visade sig vara så bra här kan vara för att många av dem från den tidigare studien i Kina inte var med i den här studien. De fyra mest lämpade växterna efter benved blev *Malus* spp., turkestanisk alm, kinesträd och engelsk liguster. För att se vilka växter som

hade bra ackumuleringsförmåga för olika tungmetaller kolla växtlistan (se bilaga 1). Genom att jämföra sina analysvar med tidigare studier som undersökte samma arter fast längre från en högt trafikerad väg, kunde forskarna se att även dessa växter kan användas som indikatorer (Liu et al. 2019).

Det gjordes en till studie i Kina men till skillnad från de tidigare nämnda kollade forskarna här både på ackumulering av tungmetaller från luften och jorden. En större andel av koncentrationerna i växterna bestod av mangan, zink, krom och koppar och mindre av bly vilket forskarna skriver kan bero på att de förstnämnda är viktiga för växters utveckling men kan även bero på den urbana miljön. Genom att kolla på växternas förmåga att använda sig av fyto Remediering kunde forskarna inte bara se vilka växter som var bäst lämpade att ta hand om en eller flera av de 5 tungmetallerna som valdes ut. De kunde även se om halterna överstiger växtens normala omfattning av metallerna, vilket visar på vilka av tungmetallerna som utgör ett problem. Forskarna fick fram att rönnsumak hade en betydande bättre förmåga att ackumulera omfattande andel tungmetaller från luft, men även en markant bättre förmåga att ackumulera från jorden också. Både rönnsumak och *Pinus tabuliformis* har hög förmåga att ackumulera tungmetaller från luften, vilket kan hjälpa till att kontrollera halterna av luftburna tungmetaller. Forskarna kom även fram till att pappersmullbärsträd visade sig ha en signifikant potential för fyto Remediering av förorenade jordar med många tungmetaller. Till sist kom de fram till att bark kan användas som en indikator på utsläpp under en viss tidsperiod där *Pinus tabuliformis* var trädet med bäst ackumuleringsförmåga och stabilast tillväxt (Yanping et al. 2022).

Urbana växter i Norge analyserades för sin förmåga att ackumulera luftburna partiklar av antropogent ursprung. De som var bäst var vårtbjörk, bergtall, tall, gråvide, vinterbär och stefanandra. Växter skiljer sig i hur deras lövs yta är uppbyggd och storlek vilket forskarna skriver kan vara en faktor till hur mycket partiklar som en växt kan ta upp. Hur mycket hår, växtens blad har, och växtens kvalitet kan spela en stor roll. Upptag av partiklar beror på komplexa interaktioner mellan klimat, växtens egenskaper och andra miljöfaktorer. Formen på tallens barr gör det lättare att ta upp större kvantiteter av partiklar jämfört med växter som har löv. Forskarna rekommenderar att använda tallar och andra barrväxter i urbana miljöer som ridåer men inte närmast vägen på grund av stressen från till exempel vägsalt (Sæbø et al. 2012).

Växtens fotosyntes och försvarsmekanismer

I dessa stressade situationer med mycket trafik och utsläpp kan växter påverkas negativt genom att deras fotosyntes försämras. Deras försvarsmekanismer sätts i gång i och med ökad stress vilket två av studierna undersöker för att se om man kan ta nytta av detta.

Både gullfrö, ricin och indisk spikklubba undersöktes utifrån dessa principer för att se hur det kan hantera höga halter tungmetaller och stress. Klorofyll är ett pigment i fotosyntesprocessen och syror och antioxidanter ingår i växternas försvarssystem. Utsläppen påverkar växternas fysiologi negativt. Klorofyll påverkades negativt vilket är en viktig del i många växters fysiologiska aktiviteter vilket i sin tur kan påverka både tillväxt och kraft. De påverkade även kloroplaststrukturerna i växten negativt och ökade de reaktiva syrorna vilket indikerar att växten är skadad. Det varierade mellan växt och plats, hur mycket gasutbyte, inre koldioxidkoncentrationer och vattenanvändning som minskade. Det såg inga stora skillnader mellan växterna för deras transpiration (Khalid et al. 2018; Khalid et al. 2019).

En minskning av totalt lösliga proteiner registrerades hos båda växterna jämfört med kontrollväxterna vilket är en viktig roll i till exempel fotosyntesen. Indisk spikklubba hade en lägre klorofyllhalt vilket visar på att ricin kunde ta upp mer tungmetaller innan fotosyntesen påverkades. Ricin visar inte bara på att den kan stå emot mer luftburna partiklar genom en långsammare försvagning av fotosyntesen, utan den har även bättre vattneffektivitet, alltså deras förmåga att hushålla på vatten. Vilket är ett bevis på att ricin är mer tolerant mot föroreningar. Den har ett bättre försvarssystem än indisk spikklubba då den har högre halter av fria aminosyror och antioxidanter vilket gör växten mer anpassningsbar. Forskarna kom till sist fram till att båda var starkt påverkade men att indisk spikklubba förlorade mer pigment och passar bäst som fytoremedieringsväxt för kartläggning. På grund av de goda försvarsmekanismerna hos ricin var den inte lika bra som indikator för utsläpp av tungmetaller men den fungerar då bättre för att ta upp och avlägsna tungmetaller (Khalid et al. 2019).

Nivåerna av klorofyll i gullfrö hade inte en så stor minskning jämfört med kontrollväxterna vilket visar på att de kan ta upp stora halter tungmetaller utan att drastiskt störa sin fotosyntes. Växten anpassade sig till den höga stressen genom att aktivera sin självförsvarsmekanism genom att bryta ner metaller för att frodas och i sin tur ta upp mer. Forskarna nämner att det är vanligt att många hyperackumulerare är långsamväxande. Däremot är gullfrö en hyperackumulerare och en snabbväxande annuell, vilket är två viktiga aspekter hos en växt för att få till en bra sanering (Khalid et al. 2018).

6. Diskussion

I det här avsnittet kommer resultatet som presenterats tidigare i uppsatsen att summeras och diskuteras. I kapitlet kommer resultatet att diskuteras utifrån etiska, hållbara och samhällseliga infallsvinklar. Dessutom kommer aspekter om Sverige, global spridning och utveckling att redogöras. Undersökningens metod och fortsatta studier inom området kommer även att diskuteras i detta avsnitt. Till sist kommer det att presenteras ett avsnitt om applicering i verklig plantering.

6.1 Resultatsammanfattning och diskussion

Syftet med den här studien var att se hur fytoremediering har tillämpats vid grönområden intill högt trafikerade vägar och hur detta kan senare appliceras i Sverige genom ett metodiskt växtval. Fokus låg på att undersöka hur andra länder har undersökt växters förmåga att hantera tungmetaller från trafiken. Detta för att se vilka växter som deras projekt har kommit fram till är det bäst lämpade och tål den stress som gifterna ger. Anledningen till att studien även kollade på vilka växter som går att få tag på i Sverige och om de räknas som invasiva är för att generera en lista på alla lämpade växter (se bilaga 1).

Utifrån denna litteratursammanställning har ett resultat sammanställts som visar att växtens förmåga att använda fytoremediering har undersökts på olika sätt och med olika delar av växten. Forskare har undersökt:

- Växters fytoremedieringsegenskaper att ta upp tungmetaller vid högttrafikerade vägar.
- Med hjälp av växter kontrolleras utsläpp av vägar.
- Spåra tungmetallutsläpp.
- Övervaka och avlägsna luftburna metallpartiklar med hjälp av växters löv.
- Fytoremedieringspotential och bioövervakning hos gatuträd.
- Användning av fytoremediering för att identifiera metaller längs en högt trafikerad väg.
- Tungmetallers proportioner i en växt.
- Hur stressen av tungmetallsförorening påverkar växters fysiologiska processer som fotosyntesen och deras försvarssystem.

Resultatet visar olika användningsområden för växters fytoremediering men de flesta forskare tryckte på att växterna kunde användas för kartläggning, övervakning och kontroll. Deras resultat visade att dessa växter är kapabla till att ta upp stora mängder av en eller flera olika tungmetaller så varför kan vi då inte fortsätta ha dem på platsen för att få en fortsatt sanering av platsen. Istället för att enbart använda dem för kartläggning av platser där mycket tungmetaller ansamlas

kan vi dra nytta av deras potential för att sanera dessa utsatta ytor. Alla studier kom fram till att åtminstone en växt per studie är lämplig att använda vid urbana planteringar för avlägsning av tungmetaller. Vilket är ett bra sätt för en växtlista att börja genereras för applicering i Sverige.

Det finns många likheter mellan dessa forskningsprojekt. De har använt liknande eller samma analysmetoder. De refererar till tidigare studier med liknande resultat eller argumenterar varför de har fått de resultat de fått och diskuterar hur det kan vara så. Alla studier har blivit vetenskapligt granskade vilket gör dem trovärdiga. Forskarna anmärker även på deras egna metoder och resultat och att det kan behövas mer forskning på vissa detaljer för att klargöra om det skulle fungera över ett större område eller under en längre period. Studierna om gullfrö, ricin och indisk spikklubba fokuserade på växtens fysiologiska processer i och med fytoremediering då deras växter redan har blivit klassade som bra fytoremedieringsväxter av tidigare forskning.

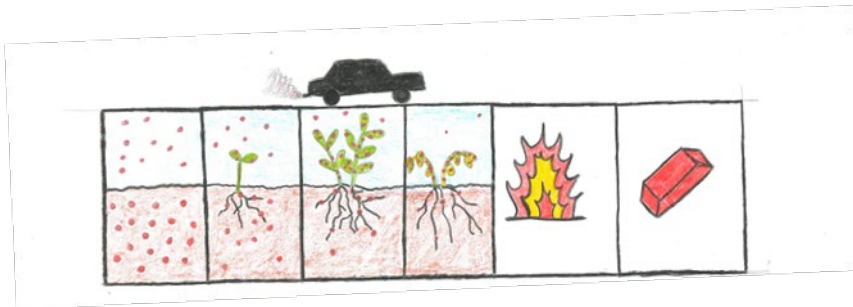
Viktiga aspekter som forskarna tog upp är att stressen från ackumuleringsprocesserna kan försämra växtens fotosyntes och därmed minska på pigmentet klorofyll. Fotosyntesen är en viktig del av våra ekosystemtjänster för produktion av syre. Är det bara pigmentet som påverkas eller påverkas syreproduktionen också kan vara en bra fråga att undersöka mer. I och med att pigmenten försämras i vissa växter är de inte de mest estetiskt vänliga växterna och borde nog inte stå i centrum av en plantering. Forskarna skriver att indisk spikklubba bör bara användas för övervakning och kartläggning men att den fortfarande klassas som en bra fytoremedieringsväxt. Det är för att växtens försvarsmekanismer inte är lika bra som ricin och kan då inte ta upp lika mycket innan växtens fysiologiska processer som fotosyntesen försämras. De andra studierna har enbart undersökt vilka växter som är bäst lämpade men här bör man kanske göra fortsatta studier för att se hur dessa växter reagerar till stressen från trafikens utsläpp under en längre period. Alltså hur deras olika fysiologiska processer påverkas. I och med att de har ansetts vara bra måste växterna ha ett bra försvarssystem som både gullfrö och ricin visade sig ha. Dock vet vi inte hur deras fotosyntes påverkas vid dessa utsatta platser

6.2 Hållbarhet och samhällseliga aspekter

6.2.1 Biologisk lösning

I jämförelse med tekniker som schaktning av kontaminerad mark som kräver tunga maskiner och där den kontaminerade marken hamnar på deponi på obestämd tid, så är fytoremediering en naturlig metod (Clean Nature u.å.).

Schaktningen är ett snabbt sätt att lösa problemet på den önskade platsen men problemet med den kontaminerade marken löses inte utan flyttas bara. Att använda sig av växter som saneringslösning tar längre tid än schaktning men istället för att enbart flytta på problemet tar växterna på sig upp ämnena. Antingen genom att de tar upp metallerna och fördelar dem i sin biomassa eller fixerar dem (PhytoEnvitech u.å.). Vilket på sikt renar marken från de ämnen som kontaminerar den. Användningen av fyto Remediering i planteringar blir en form av återvinning. Växten ansamlar tungmetallerna under växtsäsongen, när sedan växtsäsongen är över så skördas växterna som växer ovan mark (när det gäller träd och buskar så tas de fallna löven omhand) för att sedan skickas på pyrolys. När växtmaterialet utsätts för pyrolys så går det att utvinna de metaller som växterna tagit upp. De utvunna metallerna kan då återanvändas (ibid).



Figur 2. Växters förmåga att ta upp metallpartiklarna där växten sedan skickas på pyrolys för återvinning av metallerna. [Illustration]. Ronja Wartel (2025).

6.2.2 Giftig lösning

I växtvalen hos en del av studierna så har de undersökt växter som är giftiga exempelvis ricin (Khalid et al. 2019) och gullfrö (Khalid et al 2018). På grund av att en växt är giftig så krävs det mer planering i vart den ska vara. En växt som är giftig bör man då inte plantera i närheten av en förskola eller skola. Barn är känsligare för gifterna än vad vuxna är (1177 2023). Det är också mycket större risk att barn äter delar av de giftiga växterna.

Genom fyto Remedieringsprocessen så blir växter som inte är naturligt giftiga det på sikt efter att de planterats på kontaminerad mark. Det beror på att växten tar upp och fördelar de farliga ämnena från marken och fördelar dem i sin biomassa (Clean Nature 2019). Vilket betyder att den frukt och bär som växterna producerar kommer innehålla de gifter som växten tar upp. När man väljer vilka växter som ska användas i en viss plantering bör man därför anpassa sin anläggning till sin plats.

6.2.3 Estetisk lösning

Det stora utbudet av växter med god fyto Remedierings förmåga underlättar för användningen. Med den stora variationen av växter såsom träd, buskar, perenner och annueller finns det många möjligheter att skapa estetiskt tillagande planteringar. En del av växterna som har undersökts i studierna har visat tecken på ned satt fotosyntes. Nedsatt fotosyntes leder till att växten inte har möjlighet att producera klorofyll vilket är det som ger växten sin färg. Ricin och indisk spikklubba är växter som beskrivs som fytoindikatorer, vilket innebär att växten visa tydliga tecken på skadad klorofyllproduktion vid upptag av tungmetaller. Av denna anledning så kommer växterna att se skadade och vissna ut. Därför bör man kanske inte plantera den med mening att sanera om målet med platsen är att få en fin plantering. Den kanske kan sättas på en mindre prioriterad plats ur skönhetssynpunkt.

6.2.4 Ekonomisk lösning

Att använda sig av växters förmåga för fyto Remediering, är ett ekonomiskt alternativ till andra former av sanering (Clean Nature u.å.). Andra lösningar som schaktning som nämnts tidigare behövs det stora maskiner och bortförsel av material vilket blir kostsamt.

Flera av de växterna som fokuserats på i de undersökta studierna är olika sorters gräs som har låga krav på sin miljö och skötsel (Fornal-Pieniak et al. 2024). Det innebär att man inte behöver plantera stora kvaliteter av träd och buskar för att kunna bearbeta utsläppen. Detta ger möjligheten för många olika typer av lösningar med olika höga anläggningskostnader och skötselkostnader. En större anläggning innefattade träd, buskar, perenner och gräsarter kommer att kräva en större skötsel vilket leder till mer ekonomisk kompensation. Till skillnad från en intensiv plantering med olika sorter av gräs där skötselkravet kommer att vara mycket lägre och då kosta mindre. Detta innebär att planteringar för fyto Remediering kan anpassas till platsen och efter budgeten som är satt.

Utvinningen av de metallerna som växterna tagit upp under säsongen kan också vara ekonomiskt gynnande. Det är små mängder men metallen går att använda igen och igen då den är ett evighetsämne. Metallen kan då säljas vidare och bli nya produkter (PhytoEnvitech u.å.).

6.2.5 Invasiva arter

Flera av arterna som tagits fram i studierna, räknas som invasiva enligt EU (gudaträd) och bör därför inte planteras. Studier tar upp en korrelation mellan att en art snabbt sprider sig och producerar biomassa med att växten har stark fyto Remedierings förmåga (Khalid et al. (2018)). I många av dessa fall så har de

studerade växterna kvalificerats som invasiva i Sverige. Det betyder att växterna sprider sig mycket snabbt och blir då skadliga för ekosystemet som plantorna växer i. Växter som räknas som invasiva har en hög förmåga att anpassa sig till sin miljö vilket i sin tur leder till att de kan frodas på kontaminerad mark. Att en växt är invasiv betyder att den konkurrerar ut andra växter.

Om man ska plantera växtbäddar med mening att sanera tungmetaller från bilvägar så bör man undvika att använda de växterna som är klassade som invasiva. Det kan göra för mycket skada på det existerande ekosystemet än vad det kan göra nytta med sin sanerings egenskap. Det finns många växter som har bra fyto Remedierings förmåga utan att vara klassade som invasiva.

På grund av att en del av växterna som tagits fram är invasiva betyder de att de inte bör planteras. Det är därför vi har valt att markera dem som invasiva i växtlistan. Vi ansåg att vi ville att de skulle stå med ändå eftersom listan är de växter som har bäst fyto Remedierande förmåga när det kommer till tungmetaller.

6.3 Global spridning och utveckling

I de två studierna från Pakistan är det samma forskare som har varit inblandade i de två olika projekten (Khalid et al. 2018; Khalid et al. 2019). Pakistans studier är gjorda med ett års mellanrum vilket gör att det sannolikt inte har hänt så mycket i utveckling av fyto Remedierings forskningen. Det vill säga vilka processer och tester som forskarna använder sig av när de utför sina undersökningar av de utvalda växtmaterialen. Utifrån vår litteratursökning så har inga studier utförts inom fyto Remedierings användning intill vägar i Pakistan vid en tidigare tid.

Studierna som är utförda i Beijing, Kina så gjordes det studier 2014, 2015 och 2021. De två tidigare studierna är kopplade till varandra och det är samma forskare som har utfört båda studierna. Där studien från 2014 är huvudstudien och den från 2015 är en uppföljningsstudie på ett urval av växterna från första studien. Det är ett hopp på 6 år där Kina inte verkar ha arbetat med fyto Remediering i koppling till vägar och tungmetaller, detta kan bero på att många fyto Remedierings studier inte är riktade mot tungmetaller från bilvägar. Det är dock en spekulation och anledning till hoppet i tiden är oklar. Studien som gjordes 2021 är en fristående studie från de tidiga studierna och är utförd av andra forskare och handlar om stadsträd. I studierna från 2014 och 2015 så har enbart bladen analyserats för att kontrollera växtens totala metall innehåll. Studien från 2021 så tar forskarna prover från blad, bark och kvistar av växterna för att kontrollera det totala metall innehåll i växterna. Det är alltså olika processer med mål att få samma resultat. Detta visar på mycket framgång i forskningen sedan 2015 då forskningen då visade på att det gick att få fram det totala metallinnehållet genom

att kolla på en av tre lagringsplatser inom växten, vilket forskningen idag säger inte stämmer (Yanping et al. 2022).

Med undantag från Beijing så syns det att forskningen inom fyto Remedierings användning med fokus att ta hand om tungmetaller från vägar är begränsad. Den slutsatsen är dragna utifrån att processen endast kontrollerats i ett fåtal växter, med mening att identifiera att det finns tungmetaller i vägkanterna. Forskningsprojekt där utplantering av växter för att omhänderta tungmetallerna från vägarna har inte gjorts utifrån den litteratur som undersökts för kandidatarbetet.

År 2012 utfördes en studie i Norge (Sæbø et al. 2012) där forskarna tittade på växternas förmåga att ta hand om utsläppen från vägarna. Hur lövens fyto Remediering kan ta upp de farliga utsläppen. Då Norge är grannland till Sverige så kan man fråga sig varför det inte har varit möjligt att hitta studier som har utförts i Sverige med anknytning till vägar.

6.4 Förslag på framtida forskning

Utifrån det vi har lärt oss under skrivprocessen av denna kandidatuppsats så är fyto Remediering en viktig del i omhändertagande av tungmetaller. Forskningen är under ständig utveckling och användningen anses vara ett mer ekonomiskt försvarbart alternativ än andra former av sanering. Sökningen av litteratur visade att inte många studier gjorda intill vägar, men att metoder som använder sig av fyto Remediering inom andra områden är vanligare. Forskningen har avancerat i områden såsom vid sanering av gruvor och sanering av odlingsmark, visar att kunskapen hur man kan använda sig av fyto Remediering är väl vedertaget. Saneringen vid gruvor och odlingsmark har samma mål som saneringen i vägkanterna, upptag av tungmetaller och hindra dem från att sprida sig vidare ut i naturen. Varför används inte samma metoder lika frekvent ute i trafiken?

Samtidigt jobbas det idag flitigt med dagvattenbäddar också kallade regnbäddar för hantering av tungmetall utsläppen från bilvägar. Där man leder dagvattnet från vägen till en planteringsyta där vattnet ska ledas ned och filtrera ut de oönskade ämnena. Filtreringen genom jordlagret är fokus i dessa bäddar. Under utbildningen till landskapsingenjör härexkursioner gjorts till anläggningar vars mening är att filtrera tungmetallerna från dagvatten från vägar. När frågan ställts hur de arbetar med växtvalet för borttagning av tungmetaller har svaret varit: Att de mycket gärna hade jobbat med det men att kunskapen inte nått dem. Utifrån detta hoppas vi kunna inspirera till framtida forskning inom ämnet fyto Remediering och dess användning som metod att hantera tungmetall utsläppen från vägtrafiken.

Konkreta förslag på framtida forskningsprojekt.

Då det redan finns en etablerad användning av energiskogsplanteringar vilket består av växter inom släktet *Salix* så vill vi föreslå ett forsknings försök med denna vegetationstyp. Där forskarna väljer ut en högt trafikerad väg i Sverige, exempelvis E4 mellan Stockholm och Uppsala. Prover tas längs med vägen för att undersöka tungmetallsinnehållet som har spridits från vägen. Sedan ka en form av energiskogs allé längs med den utvalda vägen planteras. Efter det ska tungmetallvärdena kontrolleras igen efter att träden vuxit till önskad höjd för att se vad som har hänt med halterna av tungmetallerna. *Salix* veden kan sedan användas på samma sätt som en energiskog används.

Förslag på frågeställningar till framtida forskning:

- Hur kan metoden att sanera med hjälp av fyto Remediering från gruvanläggningar appliceras intill bilvägar?
- Kan planteringar med växter som har god fyto Remedierings förmåga att agera buffertzoon mot känsliga områden som sjukhus och skolor?

6.5 Metoddiskussion

Metodens val grundades av nyfikenhet för hur man kan jobba i Sverige med att minska på utsläppen av tungmetaller från trafiken och minska spridningen av dem i naturen och till näringskedjan. Därför sågs olika studier om specifika forskningsprojekt vara ett bra sätt att få svar på studiens syfte och frågeställningar. I efterhand kan vi se brister i de valda nyckelorden, avsmalningen och tidsaspekten. Det tog tid att komma fram till en tillräckligt smal infallsvinkel på ämnet för att slippa för de oöverkomliga sökresultaten som genererades tidigt i processen. I och med valet av frågeställning och nyckelord fick vi väldigt få studier vi kunde använda i slutändan. Tidsaspekten var en stor bov, om avsmalningen hade kunnat åstadkommas tidigare hade fler sökningar på andra databaser och ändringar på nyckelorden utförts. Norge är en av de studier som undersöktes och analyserades sist och som det tagits upp tidigare gick de inte specifikt in på tungmetaller men att det är stor del av de luftburna partiklarna som de undersökte. Om tiden hade planerats bättre och avsmalningen gjorts snabbare hade ytterligare sökningar gjorts med PM (particulate matter) och highways för att bredda sökningen med mål att få fler relevanta träffar.

6.6 Applicering i verklig plantering

Fytoremediering har använts flitigt runt om i världen när det kommer till platser med högre föroreningshalt exempelvis gruvor, glasbruk m.m. När det kommer till bilvägar och dess utsläpp så har enbart begränsade studier gjorts. Detta beror på att utsläppen inte räknas som tillräckligt höga, att de är låga och tar tid innan det gör oss människor allvarlig skada. Det finns oräkneligt många vägar i världen över och mycket av lite blir mycket. Som det nämnts tidigare i uppsatsen är utsläppen som kommer från bilvägar skadliga för människor och andra levande organismer (PhytoEnvitech u.å).

Om man då på ett enkelt, ekonomiskt och snyggt sätt kan minska dess spridning, varför görs det inte?

Vi som skriver kandidaten tror att det beror på okunnighet angående fytoremedieringens olika användningsområden. Genom att tillgängliggöra växtlistor där växternas fytoremedierings förmåga är dokumenterad så skapar det möjligheter för ökad användning. En ökad användning av fytoremediering i planteringar kan resultera i att mindre av miljöerna som ligger kring vägar förorenas eller förorenas till mindre del. Att ha ett mer planerat växtval i dagvatten planteringar med fokus på fytoremediering kan också leda till ett mindre och billigare underhåll av anläggningen. Samt att risken att dagvattnet för med sig tungmetallerna vidare till grundvattnet minskar.

Studierna som gått genom i resultatet är alla utförda utomlands. Detta ledde till frågan: kan den data som tagits fram från studierna vara applicerbar i Sverige? När vi analyserade studiernas data och i framställandet av vår växtlista så har växternas applicering i Sverige undersökts. I den genererade växtlistan (se bilaga 1) så har alla växter kontrollerats om de är möjliga att få tag på samt om de kan planteras i Sverige. Många av växterna från studierna är växter som redan planteras flitigt i Sverige och är därför mycket lätta att få tag på.

När växtsäsongen är över så behöver man ta de skörd bara växtdelarna till pyrolys. Det stora utbudet av olika växter leder också till att skördnings möjligheterna hos växterna är olika. Hos träd såsom virginia poppel är det lätt att skörda, där man samlar ihop de fallna löven. Perennerna är också till stor del lätt skördade då man enkelt kan ta de vissnade växtdelarna till pyrolys. När det kommer till lågväxande grässorter såsom fårsvingel blir det svårare att skörda dem på grund av dess låga växtsätt. Då fårsvingel är bra på att fixera tungmetallerna till marken så kan det vara bra att plantera fårsvingel i kombination med något lätt skördat. Exempelvis träd eller perenner för att lättare kunna föra bort tungmetallerna från platsen.

Genom kandidatskrivandets gång och genom all litteratur som vi har gått igenom så ser vi en ljus framtid inom användning av fyto Remediering som en teknisk lösning för sanering. Då det är flera källor som säger att fyto Remedierings lösningar är ett ekonomiskt (PhytoEnvitech u.å. och Clean Nature u.å.) alternativ så tror vi att det kommer att locka till ökad användning. Det är ett ämne under ständig utveckling och globalt vedertaget. Vi tror att användningen av fyto Remediering i planteringar kommer att öka mer med tiden och då bidra med en renare natur.

6.7 Växtlista

I växtlistan finns de växter som visat sig ha god till mycket god fyto Remedierings egenskaper. Växtlistan fick inte den tydliga struktur som var målet från början då växterna i studierna som undersökts till mesta del varit slumpmässigt utvalda. Forskarna i studierna har valt vilka växter som de skulle undersöka utifrån vad som redan växte i vägkanterna. Det hade varit att föredra om forskarnas undersökningar hade fokuserat på olika familjer eller släkten inom växter och sedan gått in på sorter. Det hade hjälpt i utformningen av en växtlista med tydligare struktur.

7. Slutsats

Fytoremediering är ett vedertaget begrepp i världen och undersöks på olika sätt i Sverige. Sverige har inte undersökt fytoremediering kopplade till vägar även om mycket av vårt jordbruk ligger direkt intill högt trafikerade vägar. Från denna studie har vi funnit att växters fytoremedieringsförmåga kring högt trafikerade vägar har undersökts på olika sätt i världen. Det finns många olika sorters växter som är bra ackumulerare av tungmetaller. Där snabbväxande träd och gräs som poppel och tuvrör är speciellt bra men även vintergröna växter som tall och bergtall är utmärkta på fytoremediering. Vi vill se att denna lösning används mer av landskapsingenjörer och landskapsarkitekter vid utformning av våra urbana miljöer för att skapa en bättre och renare livsmiljö i framtiden.

Referenser

- Belguidoum, A, Lograda, T., Ramdani, M. (2020). Heavy metals accumulation in *Hertia cheirifolia* along the highway in Setif region, Algeria *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 21, 2786–2793 <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210655>
- Bioteria (2018). *Bioremediering – mikroorganismer som arbetar för miljön!*.
https://bioteria.com/blogg/miljo_och_hallbarhet/bioremediering-mikroorganismer-som-arbetar-for-miljon/ [2025-02-06]
- Clean Nature (u.å). *Fytosanering – Introduktion*.
<https://cleannature.se/index.php/fytosanering/> [2025-02-07]
- Clean Nature (u.å.). *Om oss*. <https://cleannature.se/index.php/om-oss/> [2025-03-12]
- Drivkraft Sverige (u.å) *Bensin*. <https://drivkraftsverige.se/fakta-statistik/drivmedel/bensin/> [2025-03-05]
- Fornal-Pieniak, B., Pawelkowicz, M., Ollik, M., Podlasek, A., Kiersnowska, A., Winkler, J., Koda, E., Vaverková, M., (2024) Heavy metal loading from transport using the indication species *Festuca ovina* L. *Environmental Development*. 54.
<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.101133>
- Folkesson, L, (2005). *Spridning och effekter av tungmetaller från vägar och vägtrafik*. VTI. [urn:nbn:se:vti:diva-6376](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:se:vti:diva-6376)
- Globala målen (2021). *Hur hänger Globala målen ihop med Agenda 2030?*<https://globalamalen.se/fragor-och-svar/hur-hanger-globala-malen-ihop-med-agenda-2030/> [2025-02-17]
- Globala målen (2024). *Om Globala målen*. <https://globalamalen.se/om-globala-malen/> [2025-02-17]
- Greppa Näringen (2022). *Trafik sprider tungmetaller till åkermark längs vägar*.
<https://greppa.nu/aktuellt/nyheter/arkiv---nyheter/2022-11-25-trafik-sprider-tungmetaller-till-akermark-langs-vagar> [2025-04-04]
- Karolinska institutet (2025). *Systematisk litteraturöversikt som examensarbete*.
<https://kib.ki.se/soka-vardera/systematiska-oversikter-forskare/systematisk-litteratuversikt-som-examensarbete> [2025-05-04]
- Khalid, N., Masood, A., Ali, N., Aqeel, M., Qasim, M., (2019). Study of the responses of two biomonitor plant species (*Datura alba* & *Ricinus communis*) to roadside air pollution. *Chemosphere*. 235, (832-841).
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.143>
- Khalid, N., Norman, A., Aqeel, M., Masood, A., Tufail, A., (2018). Phytoremediation potential of *Xanthium strumarium* for heavy metals contaminated soils at roadsides. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16, 2091–2100. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1825-5>
- Kumpiene, J (2024). *Fytosanering - En lovande grön lösning för sanering av förorenad mark*.<https://www.ltu.se/forskning/forskningsamnen/avfallsteknik/forskningsprojek>

- [t/forskning-inom-avfallsteknik/2023-10-20-fytosanering---en-lovande-gron-losning-for-sanering-av-fororenad-mark](https://www.ksla.se/forskning-inom-avfallsteknik/2023-10-20-fytosanering---en-lovande-gron-losning-for-sanering-av-fororenad-mark) [2025-02-07]
- Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien (2022). *Fytoremediering- Växternas möjligheter att lösa viktiga miljöproblem*. KSLA Nytt & Noterat. 12–15.
https://www.ksla.se/wp-content/uploads/2022/03/KSLA-Nytt_1-2022.pdf [2025-02-06]
- La Banca, S. (2020). In *Phytoremediation, Plants Extract Toxins from Soils*.
<https://daily.jstor.org/in-phytoremediation-plants-extract-toxins-from-soils/> [2025-02-17]
- Liu, Y., Yang, Z., Zhu, M. & Yin, J.(2017). Role of Plant Leaves in Removing Airborne Dust and Associated Metals on Beijing Roadsides. *Aerosol and Air Quality Research*. 17(10),2566-2584. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.11.0474>
- Liu, Y., Yang, Z., Zhu, M. & Yin, J. (2019). Size fractions of dust and amount of associated metals on leaf surface and inner wax of 15 plant species at Beijing roadside. *International Journal of Phytoremediation*. 21(4), 334–351.
<https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1524834>
- Länsstyrelsen (2024). Sammanställning av Artdatabankens riskklassificering av främmande arter.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.811b3fa18d2a8423fee79b/1715600171836/Invasiva%20främmande%20växter,%20riskklassificering,%20SLU%20Artdatabanken.pdf> [2025-05-04]
- Nationalencyklopedin (u.å.). *avgiftning*.
[https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/adult/avgiftning-\(3-milj%C3%B6\)](https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/adult/avgiftning-(3-milj%C3%B6)) [2025-02-06]
- Nationalencyklopedin(u.å.).*fyto remediering*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/fyto remediering> [2025-02-18]
- Naturskyddsföreningen (2021). *Vad är ekosystemtjänster?*. [Faktablad].
Naturskyddsföreningen. <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-ekosystemtjanster/> [2025-02-17]
- Naturskyddsföreningen (2021). *Vanliga frågor om bilar, klimat och miljö*.
<https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/vanliga-fragor-om-bilar-klimat-och-miljo/>
- Naturskyddsföreningen (u.å.). *En giftfri miljö*. <https://www.naturskyddsforeningen.se/lar-dig-mer/miljogifter/> [2025-02-12]
- Naturvårdsverket (u.å.). *Så hänger biologisk mångfald och klimatet ihop*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/biologisk-mangfald/biologisk-mangfald-och-klimat/> [2025-03-11]
- Naturvårdsverket (2023). *Invasiva arter*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter/Arter/> [2025-05-05]

- Naturvårdsverket (2024). *Gudaträd*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter/Arter/eu-listade-etablerade-arter/gudaträd/> [2025-05-04]
- Naturvårdsverket (2025a). *Metaller som miljögift*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforeningar/metaller/> [2025-04-04]
- Naturvårdsverket (2025b). *Grönplanering*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/samhallsplanering/gronplanering/> [2025-05-04]
- Naturvårdsverket (2025c). *Fakta om kadmium och kadmiumföreningar*
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforeningar/metaller/fakta-om-kadmium-och-kadmiumforeningar/> [2025-05-04]
- Naturvårdsverket (2025d). *Fakta om Zink*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforeningar/metaller/fakta-om-zink/> [2025-05-04]
- Naturvårdsverket (2025e). *Metaller som miljögift*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforeningar/metaller/> [2025-05-04]
- Naturvårdsverket (2025f). *Fakta om Zink*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoforeningar/metaller/fakta-om-zink/> [2025-05-04]
- Peuke, A. och Rennenberg, H. (2005). Phytoremediation: Molecular biology, requirements for application, environmental protection, public attention and feasibility. *EMBO reports*. 6, 497 - 501. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400445>
- PhytoEnvitech (u.å.). *Om företaget*. <http://www.phytoenvitech.com/om-foumlretaget.html> [2025-03-17]
- Rolka, E., Wyszowski, M., Szostek, R. & Glinka, A. (2022). Role of feather reed grass (*Calamagrostis acutiflora*) in phytoremediation of urban soils. *International Journal of Phytoremediation*. 25 (7), 868–879.
<https://doi.org/10.1080/15226514.2022.2115458>
- Sæbø, A., Popek, R., Nawrot, B., Hanslin, H.M., Gawronska, H., & Gawrinski, S.W. (2012). Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of The Total Environment*. 427-428, 347-354.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.084>
- Va-guiden (u.å.). *Nedsänkta regnbäddar*.
<https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/nedsankt-vaxtbadd/#reningseffekt> [2025-02-17]
- Världsnaturfonden (2025). *Klimatförändringarnas Konsekvenser*.
<https://www.wwf.se/klimat/konsekvenser/#konsekvenser-av-global-uppvarmning> [2025-03-11]
- Yanping, L., Xiulian, Z., Ruiming, L., Jinxing, Z. & Zeping, J. (2022). Biomonitoring and phytoremediation potential of the leaves, bark, and branch bark of street trees

- for heavy metal pollution in urban areas. *Environmental Monitoring and Assessment*. 194 (344). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10004-z>
- 1177 (2023). *Barn och kemikalier*. <https://www.1177.se/barn--gravid/att-ta-hand-om-barn/barnsakerhet/barn-och-kemikalier/> [2025-03-18]

Bilaga 1 Växtlista

Den här växtlistan är genererad med hjälp av resultaten från studierna och Clean Nature men även ur boken Phytoremediation (Ali Ansari et al. 2016), där vi har plockat ut växter för deras förmåga att använda fytoremediering av tungmetaller.

Vetenskapligt namn	Svenskt namn	kvalificering	Tungmetall	Tillgänglighet i Sverige
<i>Betula pendula</i>	vårtbjörk	Lignos (träd)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Broussonetia papyrifera</i>	pappersmullbärsträd	Lignos (träd)	Krom (Cr)	Tillgänglig
<i>Calamagrostis acutiflora</i> 'Karl Foerster'	tuvrör	Perenn (gräs)	Koppar (Cu) Kadmium (Cd) Nickel (Ni) Krom (Cr)	Tillgänglig
<i>Carex riparia</i>	jättestarr	Perenn (gräs)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Carex pseudocyperus</i>	slokstarr	Perenn (gräs)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Chaenomeles speciosa</i>	stor rosenkvitten	Lignos (buske)	Kadmium (Cd)	Tillgänglig
<i>Cornus alba</i>	rysk kornell	Lignos (buske)	Kadmium (Cd)	Tillgänglig invasiv
<i>Datura alba</i>	indisk spikklubba	Annuelle	Kadmium (Cd) Bly (Pb) Zink (Zn) Nickel (Ni)	Tillgänglig

<i>Euonymus japonicus</i>	japansk benved	Lignos (buske)	Kadmium (Cd) Krom (Cr) Mangan (Mn) Järn (Fe) Zink (Zn)	Tillgänglig
<i>Festuca ovina</i>	fårsvingel	Perenn (gräs)	Kadmium (Cd) Zink (Zn) Nickel (Ni) Bly (Pb) Koppar (Cu)	Tillgänglig
<i>Festuca rubra</i>	rödsvingel	Perenn (gräs)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Helianthus annuus</i>	solros	Annuelle	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Hertia cheirifolias</i>	Finns ej svenskt namn	Perenn	Järn (Fe) Zink (Zn) Mangan (Mn) Bly (Pb) Antimon (Sb) Koppar (Cu) Vismut (Bi) Kadmium (Cd) Silver (Ag)	Tillgänglig
<i>Jasminum nudiflorum</i>	vinterjasmin	Lignos (buske)	Kadmium (Cd) Zink (Zn)	Tillgänglig
<i>Koelreuteria paniculata</i>	kinesträd	Lignos (träd)	Bly (Pb)	Tillgänglig
<i>Ligustrum × vicaryi</i>	engelsk liguster/ gyllenliguster	Lignos (buske)	Zink (Zn) Koppar (Cu) Kadmium (Cd) Krom (Cr)	Tillgänglig

			Mangan (Mn)	
<i>Malus micromalus</i>	Finns ej svenskt namn	Lignos (träd)	Allmänt rekommenderad	Svårtillgänglig
<i>Miscanthus giganteus</i>	elefantgräs	Perenn (gräs)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Phalaris arundinacea</i>	rörflen	Perenn (gräs)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Pinus mugo</i>	bergtall	Lignos (buske)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Pinus sylvestris</i>	tall	Lignos (träd)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Pinus tabuliformis</i>	Finns ej svenskt namn	Lignos (träd)	Bly (Pb) Koppar (Cu) Zink (Zn)	Svårtillgänglig
<i>Populus x candensis</i> 'Robusta'	goliatpoppel	Lignos (träd)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Populus trichocarpa</i>	jättepoppel	Lignos (träd)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Populus nigra</i> 'Italica'	pelarpoppel	Lignos (träd)	Zink (Zn) Koppar (Cu) Krom (Cr) Kadmium (Cd) Aluminium (Al)	Tillgänglig

<i>Populus alba</i>	silverpoppel	Lignos (träd)	Koppar (Cu) Zink (Zn) Aluminium (Al) Kadmium (Cd)	Tillgänglig invasiv
<i>Populus maximowiczii</i>	japansk poppel	Lignos (träd)	Zink (Zn) Koppar (Cu) Krom (Cr) Kadmium (Cd) Aluminium (Al)	Tillgänglig
<i>Populus deltoides</i>	virginia poppel	Lignos (träd)	Koppar (Cu)	Tillgänglig
<i>Populus beijingensis</i> (kan ha bytt namn till <i>Populus x berolinensis</i>)	poppel	Lignos (träd)	Bly (Pb)	Svårtillgänglig <i>Populus x berolinensis</i> tillgänglig
<i>Populus tomentosa</i>	poppel	Lignos (träd)	Zink (Zn)	Svårtillgänglig
<i>Prunus dulcis</i> tidigare <i>Persica amygdalus</i>	persikomandel/ sötmandel	Lignos (träd)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Prunus cerasifera</i>	körsbärspломmon	Lignos (träd)	Nickel (Ni)	Tillgänglig
<i>Rhus typhina</i>	rönnsamak	Lignos (träd)		Tillgänglig
<i>Ricinus communis</i>	ricin	Annuell	Kadmium (Cd) Bly (Pb) Nickel (Ni)	Tillgänglig

			Zink (Zn)	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	robinia	Lignos (träd)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig invasiv (h)
<i>Rosa chinensis</i>	kinarosor	Lignos (buske)	Mangan (Mn)	Tillgänglig
<i>Salix babylonica</i>	tårpil	Lignos (träd)	Krom (Cr)	Tillgänglig
<i>Salix cinerea</i>	gråvide	Lignos (buske)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Salix viminalis</i>	korgvide (andra sorter av vide går också bra för upptag av tungmetaller)	Lignos	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Skimmia japonica</i>	vinterbär	Lignos (buske)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Neillia incisa</i> synonym <i>Stephanandra incisa</i>	stefanandra	Lignos (buske)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Styphnolobium japonicum</i> synonym <i>Sophora japonica</i>	pagodträd	Lignos (träd)	Koppar (Cu) Järn (Fe)	Tillgänglig
<i>Sorbaria kirilowii</i>	stor rönnspirea	Lignos (buske)	Kadmium (Cd) Krom (Cr)	Tillgänglig
<i>Syringa oblata</i>	kinesisk syren	Lignos (buske)	Kadmium (Cd) Krom (Cr)	Tillgänglig
<i>Ulmus pumila</i>	turkestansk alm	Lignos (träd)	Bly (Pb)	Tillgänglig

<i>Weigela florida</i> 'Red Prince'	prakttry 'Red Prince'	Lignos (buske)	Allmänt rekommenderad	Tillgänglig
<i>Xanthium strumarium</i>	gullfrö	Annuell	Kadmium (Cd) Bly (Pb) Zink (Zn) Nickel (Ni)	Tillgänglig (invasiv i Pakistan)

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Sabina Thornberg har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Ronja Wartel har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.