

Erfarenhetsåterföring inom regeringsuppdraget RUFFS

Åtgärder av förorenade sediment – erfarenheter från genomförda projekt

Ingrid Tjensvoll, Clara Neuschütz & Klas Arnerdal

december 2022

SGU-rapport 2022:18



Omslagsbild: Storsjön, Sandvikens kommun.
Fotograf: Lijana Gottby

Författare: Ingrid Tjensvoll (NV), Clara Neuschütz (NV)
och Klas Arnerdal (SGU)
Ansvarig enhetschef: Erika Skogsjö (SGU)

Redaktör: Lina Rönnåsen

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

FÖRORD

Regeringen tilldelade i juli 2019 Naturvårdsverket (NV), Sveriges geologiska undersökning (SGU), Statens geotekniska institut (SGI), Havs- och vattenmyndigheten (HaV) samt länsstyrelserna (Lst) ett regeringsuppdrag om förbättrad kunskap för hantering av förorenade sediment (2019-07-04 M2019/01427/Ke).

Naturvårdsverket är projektledare och samordnar arbetet inom regeringsuppdraget, även kallat RUFSS (Regeringsuppdrag om Förorenade Sediment). Uppdraget är uppdelat på olika delprojekt och innefattar bland annat insatser för att få bättre kunskap om förorenade sedimentområdets utbredning, sammanställa befintliga data samt utveckla vägledning för hantering av förorenade sediment.

Regeringsuppdraget är ett resultat av miljömålsrådsåtgärden ”Förorenade sediment – samverkan för kunskap och prioritering av åtgärder”. Syftet med åtgärden var att beskriva nuläget, identifiera kunskapsluckor och behov för att uppnå en bättre vattenmiljö genom ett samordnat nationellt arbete. Resultatet går att ta del av i SGU-rapport 2018:21 *Förorenade sediment – behov och färdplan för en renare vattenmiljö*. Arbetet utfördes av myndigheterna SGU, HaV, NV, SGI och Lst som också deltar i regeringsuppdraget.

Drivansvarig myndighet för delprojektet är SGU och arbetet har utförts i en arbetsgrupp bestående av deltagare från de samverkande myndigheterna samt av en extern konsult. Redovisning av delprojektet sker i form av denna rapport inklusive underlagsrapporten *Erfarenhetsåterföring från projekt med förorenade sediment* (SGU 2022) samt genom material om erfarenhetsåterföring på den webbplats som tas fram inom RUFSS. Rapporten riktar sig till aktörer som arbetar med att hantera förorenade sediment.

INNEHÅLL

Förord	2
Sammanfattning.....	5
English summary.....	6
Inledning.....	7
Bakgrund.....	7
Syfte	7
Metod.....	7
Sedimentåtgärder i Sverige och internationellt.....	9
Sedimentåtgärder i Sverige	9
Internationell utblick	11
Erfarenheter från åtgärdsprojekt.....	12
Organisation	12
Utredning av ansvar.....	13
Kartläggning och undersökning.....	14
Åtgärds mål.....	16
Tillstånd.....	17
Val av åtgärds metod.....	18
Upphandling.....	25
Åtgärdens genomförande	26
Skyddsåtgärder.....	26
Miljökontroll under och efter åtgärd.....	27
Kostnader.....	29
Utvecklingsbehov för arbetet med förorenade sediment	30
Samverkan och kompetensförsörjning.....	30
Vägledning.....	32
Åtgärdsutredning inklusive pilotförsök	34
Resurser och kompetens.....	35
Data från genomförda projekt och miljöövervakning.....	36
Referenser.....	37

SAMMANFATTNING

Förorenade sediment förekommer i vattenområden på många håll runt om i landet. Arbete med att utreda och åtgärda risker med dessa pågår, men åtgärdstakten och kunskapen om hur förorenade sediment ska hanteras behöver öka för att de nationella miljömålen ska uppnås. För att förbättra hanteringen av förorenade sediment utförs insatser av flera myndigheter i samverkan. Denna rapport har tagits fram av representanter från Naturvårdsverket (NV), Statens geotekniska institut (SGI), Havs- och vattenmyndigheten (HaV), Sveriges geologiska undersökning (SGU) samt två länsstyrelser (Lst).

För att fånga upp vilka behov som finns utfördes en sammanställning av utförda och pågående åtgärdsprojekt avseende sediment och en intervjuer med handläggare vid länsstyrelserna. Resultaten som redovisas i SGU-rapporten *Varför riskerar sedimentprojekt att stanna av?* (Jansson m.fl. 2021) visar att det finns behov av utveckling inom flera områden och att erfarenheter från redan utförda projekt i högre grad bör sammanställas och tillgängliggöras.

Med avstamp i rapporten och som en del inom regeringsuppdraget för förorenade sediment (RUFs) har en fördjupad insamling av erfarenheter från pågående och genomförda sediment-åtgärdsprojekt i Sverige och Norge genomförts. En sammanlagd beskrivning av projekten och resultat från intervjuerna redovisas i underlagsrapporten *Erfarenhetsåterföring från projekt med förorenade sediment* (SGU 2022).

Utöver detta har projektgruppen gjort en översiktlig internationell utblick avseende hur arbete med förorenade sediment utförs i andra länder, med exempel från Kanada, Belgien och USA. Gruppen har även genomfört litteraturstudier av hur sedimentåtgärdsprojekt följs upp genom efterkontroller samt av åtgärdsmetoder av internbelastning från övergödda sediment.

I föreliggande rapport sammanfattas erfarenheter från de olika sammanställningarna och intervjuerna. Med utgångspunkt i vad som framkommit har även behov av framtida insatser lyfts. Det övergripande syftet har varit att sammanställa och beskriva erfarenheter av åtgärder av förorenade sediment för en bättre överblick och att identifiera relevanta utvecklingsområden.

Sammanfattningsvis framkommer att det finns många erfarenheter från arbete med förorenade sediment att dra lärdomar av, inom olika delar av åtgärdsprocessen. Följande områden har identifierats där ytterligare insatser behövs:

- Utveckla vägledningar och bedömningsgrunder avseende hantering av förorenade sediment.
- Ökad samverkan mellan myndigheter, konsulter och entreprenörer.
- Utveckla arbetssätt i projekten för att hantera klimat- och hållbarhetsaspekter samt för att stärka den biologiska mångfalden.
- Stärka kopplingen mellan arbetena med efterbehandling av förorenade sediment och vattenförvaltning för att uppnå god ekologisk och kemisk status samt miljö kvalitetsnormer i vattenförekomster.
- Utveckla arbetet med datainsamling och uppföljning av genomförda projekt och kontrollprogram efter avslutad sedimentåtgärd.
- Stärka metodutvecklingen vid sedimentåtgärdsprojekt genom att genomföra flera pilot- och fullskaleprojekt med andra metoder än muddring och dumpning.

ENGLISH SUMMARY

Contaminated sediments in aquatic environments are found throughout Sweden. Investigation and remediation of risks to human health and environment caused by contaminated sediments are an ongoing process. However, the remediation rate as well as the knowledge of how to investigate sediments needs to increase to achieve the national environmental goals. The overall purpose with the current report has been to compile and describe experiences of measures of contaminated sediments for a better overview and to identify relevant development areas.

The work related to this report has been carried out by representatives from several authorities with different responsibilities related to the management of contaminated sediments. The authorities involved are the Swedish Environmental Protection Agency (NV; i.e. Swedish EPA), the Swedish Geotechnical Institute (SGI), the Swedish Agency for Marine and Water Management (HaV; i.e. SwAM), two County Administrative Boards in Sweden (Lst) and the Geological Survey of Sweden (SGU).

To examine which improvements are needed, a review of completed and ongoing remediation projects of contaminated sediments was performed. Interviews were carried out with administrators at the county administrative boards in Sweden and with the project leading groups in some selected projects. As a complement, interviews were also held with representatives from some selected ongoing and completed remediation projects in Norway. Some other international projects were used as examples to highlight different remediations alternative, remediation strategies as well as the remediation processes. These examples were taken from Canada, Belgium and the USA.

The results from these studies are published by the Geological Survey of Sweden (SGU). The report *Varför riskerar sedimentprojekt att stanna av?* (Jansson m.fl. 2021) focuses on experiences conveyed by the county administrative board. The report *Erfarenhetsåterföring från projekt med förorenade sediment* (SGU 2022) focuses on experiences gained by project groups of ongoing and completed remediation projects.

Furthermore, two literature studies have been carried out. The first focused on environmental indicators used before, during and after remediation projects and how these can be used to follow up and evaluate the remediation. The second literature study focused on the remediation of eutrophicated lakes and coastal areas with aluminium and how the choice of remediation method includes the contamination levels in the decision making.

The current report includes findings from the above described reports and literature studies. The report highlights experiences from sediment remediation projects which can be important in order to improve the handling of contaminated sediments. Based on the results, following development areas were identified:

- Development of guidance and basis for assessment concerning management of contaminated sediments.
- Increased cooperation between authorities, consulting companies and entrepreneurs.
- Development of the procedure in projects concerning aspects of climate and sustainability, as well as to increase the biological diversity.
- Strengthen the connection between remediation of contaminated sediments and water management (i.e., aquatic environments such as lakes, watercourses, coastal and transitional waters as well as groundwater).
- Increasing collection of data, follow-up procedures and control programs of completed remediation projects.
- Contribution to the development of remediation methods through several pilot and full scaled projects with other methods than dredging and dumping.

INLEDNING

Bakgrund

I början av 2000-talet gjordes insatser för att öka antalet åtgärder av förorenade sediment och en vägledning för efterbehandling av förorenade sediment togs bland annat fram av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2003). Olika utredningar och sammanställningar har bidragit till ökad kunskap, men fortfarande är åtgärdstakten låg då de tekniska lösningarna är komplicerade och den administrativa hanteringen vid åtgärder av förorenade sediment upplevs vara besvärlig.

Regeringsuppdraget RUFS (Regeringsuppdrag om Förorenade Sediment) initierades för att bygga upp kunskap, med det primära syftet att underlätta genomförande av åtgärder. Ett underlag av betydelse för regeringsuppdraget är Miljömålsrådets åtgärdsprogram "Förorenade sediment – samverkan för kunskap och prioritering av åtgärder". Där ingår rapporten *Varför riskerar sedimentprojekt att stanna av?* (Jansson m.fl. 2021) som är en intervjustudie där länsstyrelserna fick beskriva vad de ser för hinder för att förorenade sedimentområden ska kunna åtgärdas. I studien identifierades faktorer som ansågs vara försvårande och rapporten innehåller ett antal förslag på insatser som bedömdes kunna hjälpa till för att undanröja upplevda hinder. Utöver behov av förbättrad vägledning, stöd kring utredningsmetodik och juridiska frågor samt utveckling av åtgärdsmetoder lyftes särskilt behovet av att kunna ta del av vunnna erfarenheter från tidigare projekt. Eftersom relativt få sedimentåtgärder utförs är det vanligt att projektorganisationer saknar erfarenhet utifrån de specifika utmaningar som hantering av sediment kan medföra. Att kunna ta del av hur andra gått till väga vid olika faser under åtgärd bedömdes kunna vara en betydande framgångsfaktor för att öka åtgärdstakten.

I föreliggande delprojekt inom RUFS har målet varit att samla kunskap och erfarenhet från nationella och internationella projekt med sedimentåtgärder som kan bidra till långsiktigt hållbara och kostnadseffektiva åtgärder. Arbetet har utförts i en arbetsgrupp bestående av deltagare från de samverkande myndigheterna (SGU, HaV, NV, SGI och Lst). Delprojektet har även haft som målsättning att bidra till ett förbättrat kunskapsunderlag för de parallellt utförda delprojekten inom regeringsuppdraget där det tas fram vägledning, en kunskapsplattform samt utförs pilotförsök avseende åtgärdsmetoder.

De erfarenheter som delprojektet redovisar ger en bild av situationen 2021 och några år tillbaka. Utveckling av metoder sker kontinuerligt och en förhoppning med arbetet är att kunna peka på utvecklingsområden av betydelse för att öka åtgärdstakten av förorenade sediment.

Syfte

Syftet med rapporten är att sammanfatta erfarenheter från utförda åtgärdsprojekt avseende förorenade sediment och därigenom bidra till en ökad kunskap om hur olika steg i åtgärdsprocessen kan genomföras och hur hinder kan undvikas. Ett mål i arbetet har även varit att peka på utvecklingsbehov inom olika delar av åtgärdsprocessen.

Metod

Arbetet i den föreliggande rapporten har utförts med grund i de resultat som redovisas i rapporten *Varför riskerar sedimentprojekt att stanna av?* (Jansson m.fl. 2021). Studien sammanställde information från 42 helt eller delvis utförda projekt med statlig finansiering. Information hämtades via utdrag ur EBH-stödet som är länsstyrelsernas databas för potentiellt förorenade områden, samt från utredningsrapporter och länsstyrelser och kommuners webbplatser. Arbetet

kompletterades därefter med intervjuer med representanter från 19 länsstyrelser. Syftet med studien var att samla erfarenheter kring behov och förbättringar som behövs i sedimentprojekt från start till avslut.

I delprojektet har projektspecifika erfarenheter därefter samlats in vid en genomgång av ett urval privatfinansierade och statligt finansierade projekt. De olika projekten söktes fram i EBH-stödet samt från Miljöboken, där domstolarna redovisar domar i ärenden som rör vattenverksamhet. Projekt som söktes fram från EBH-stödet genomfördes efter år 2010 och projekt som sammanställdes från Miljöboken genomfördes mellan år 2000 och maj 2020. Utöver detta har även sedimentåtgärdsprojekt i Norge och USA studerats då man i dessa länder har genomfört relativt många sedimentåtgärdsprojekt med olika metoder och med lättillgängliga redovisningar.

Baserat på den samlade informationen valdes ett antal svenska och norska projekt ut för intervjuer med personer inom projektledningarna (tabell 1). Sammanställningen av erfarenheter och svar från intervjuerna redovisas i underlagsrapporten *Erfarenhetsåterföring från projekt med förorenade sediment* (SGU 2022).

I föreliggande rapport redovisas erfarenheter kring de mer övergripande frågeställningarna som är gemensamma för flera projekt, från att sätta upp åtgärds mål och utföra undersökningar till att välja, organisera och genomföra åtgärd. Det tas även upp erfarenheter från att utreda ansvar, handla upp entreprenörer och uppskatta kostnader och att genomföra miljökontroll. För ytterligare information om metoder och praktiska erfarenheter hänvisas till Jansson m.fl. (2021) och SGU (2022) med tillhörande bilagor.

Tabell 1. Översikt över projekt som studerats genom intervjuer (SGU 2022).

Objekt	Åtgärds metod	Kommun	Status
Ala Lombolo	Ej beslutat	Kiruna kommun	Åtgärdsförberedelser pågår
Karlshäll träsliperi	Sugmuddring, avvattning i geotuber, deponering, samt ev. täckning i en andra etapp	Luleå kommun	Åtgärd pågår
Oskarshamns hamnbassäng	Sug- och grävuddring, avvattning i kammarfilterpress, isolationsövertäckning, deponering	Oskarshamn kommun	Åtgärd avslutad, uppföljning ej klar
Valdermarsviken	Grävuddring med miljöskopa (viss sugmuddring), avvattning, stabilisering, utfyllnad	Valdermarsvik kommun	Åtgärd avslutad, uppföljning ej klar
Håstaholmen (etapp 2)	Sugmuddring, avvattning i geotuber, deponering	Hudiksvalls kommun	Åtgärd avslutad, uppföljning ej klar
Viskan	Ej beslutat	Borås stad	Åtgärdsförberedelser pågår
Södra Hamnen	Isolationsövertäckning med aktivt kol, finkornigt material samt grövre friktionsmaterial	Helsingborgs kommun	En del avslutad, förberedelse pågår för ytterligare del av hamnen
Arendal, Göteborgs Hamn	Grävuddring, solidifiering/stabilisering	Göteborgs kommun	Åtgärd pågår
Västerås & Köpings Hamn	Grävuddring, solidifiering/stabilisering	Västerås & Köpings kommuner	Åtgärd pågår
Trondheim, Norge	Grävuddring, strandkantsdeponi, övertäckning med olika grovt sprängstensmaterial	Trondheim kommun	Åtgärd avslutad, uppföljning ej klar
Ålesund, Norge	Troligen sugmuddring, strandkantsdeponi och övertäckning	Ålesund kommun	Åtgärdsförberedelser pågår
Horten, Norge	Grävuddring, undervattensdeponering, övertäckning med natursand och sprängstensmaterial	Horten kommun	Åtgärd avslutad, uppföljning ej klar

Utöver intervjuer har information och erfarenheter samlats in från vetenskapliga artiklar och rapporter från andra sedimentåtgärdsprojekt. Delprojektets arbetsgrupp har även genomfört litteraturstudier för att undersöka hur förorenade sediment beaktas vid åtgärder av övergödda sediment respektive hur åtgärdsprojekt avseende förorenade sediment följs upp. Relevanta slutsatser har inkluderats i rapporten.

Under arbetet med att ta fram rapporten och genomföra intervjuerna har arbetsgruppen haft regelbundna möten där olika teman har diskuterats och erfarenheter har lyfts. Erfarenheterna tas upp i relevanta delar av rapporten. Arbetsgruppen utgörs av representanter från de myndigheter som ingår i RUFSS där deltagarna har flera års erfarenhet av att arbeta med förorenade områden och sediment.

SEDIMENTÅTGÄRDER I SVERIGE OCH INTERNATIONELLT

Förorenade sediment kopplar till flera delmål inom de globala hållbarhetsmålen i Agenda 2030. Det gäller framför allt delmålen som berör *God hälsa och välbefinnande*, *Rent vatten och sanitet för alla*, *Hav och marina resurser*, samt *Ekosystem och biologisk mångfald* (delmål 3.9, 6.3, 6.6, 14.1, 14.2, 15.1 och 15.5). Förorenings-skadade sedimentområden är vanliga i Sverige och världen i stort, att åtgärda dessa områden är viktigt för kommande generationers möjlighet att nyttja vattenområdenas resurser. Syftet med en avhjälpandeåtgärd av förorenings-skada är att området inte ska utgöra någon risk för människors hälsa och för miljön. Erfarenheter av utförda åtgärder i Sverige och andra länder är en viktig kunskapskälla. I det följande presenteras en översiktlig genomgång.

Sedimentåtgärder i Sverige

I Sverige är avhjälpandeåtgärder en viktig del i arbetet för att uppnå det nationella miljömålet *Giftfri miljö*, och de bidrar även till flera andra miljömål såsom *Hav i balans*, *Levande kust och skärgård* och *Levande sjöar och vattendrag*. De svenska miljömålen omfattar den ekologiska dimensionen av de globala hållbarhetsmålen.

Enligt 2 och 5 kap Miljöbalken (MB) ska alla verksamhetsutövare planera, kontrollera och vidta åtgärder för att motverka eller förebygga negativ påverkan på människors hälsa och på miljön. Det innebär att den som bedriver en verksamhet och alla som vidtar en åtgärd behöver skaffa sig den kunskap, utföra de skyddsåtgärder och vidta de försiktighetsmått som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa och för miljön.

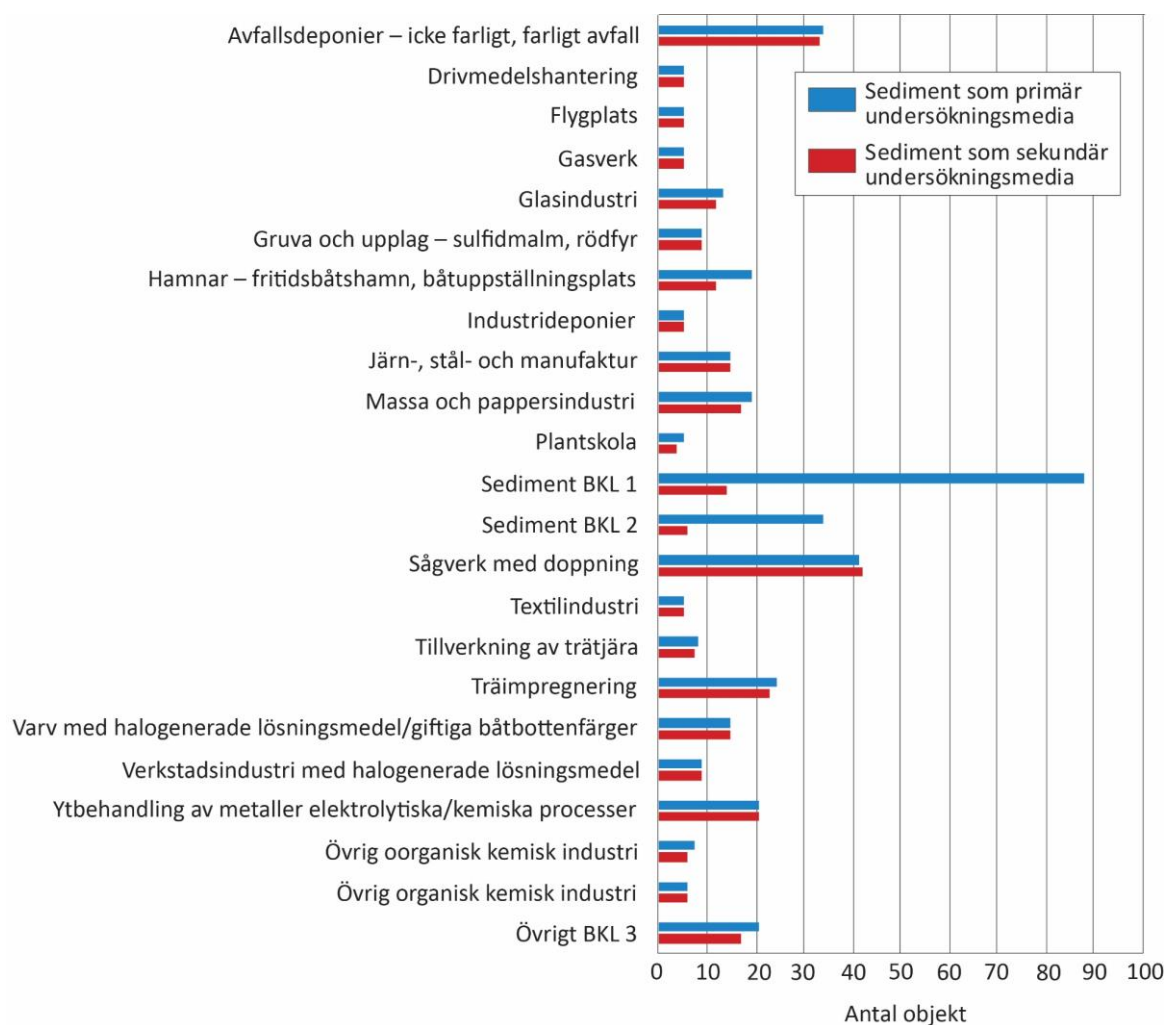
Åtgärder av förorenade sediment ska genomföras när ett område bedöms utgöra en risk för miljön eller människors hälsa enligt 10 kap MB. Arbetet för att avhjälpa en förorenings-skada följer en process beskriven av Naturvårdsverket (2009), från formulering av åtgärds mål och undersökningar till genomförande av åtgärder och uppföljning. Förorenade sediment kan också hanteras i andra sammanhang såsom vid muddring eller exploatering i ett vattenområde.

Information om var det planeras eller har utförts åtgärder av förorenade sediment kan till viss del erhållas från EBH-stödet, som är länsstyrelsernas databas över potentiellt förorenade områden i Sverige. Många sedimentområden är dock ännu inte identifierade eller undersökta varvid information om dessa saknas i EBH-stödet. I EBH-stödet registreras för varje område (objekt) den primära bransch som beskriver vilken verksamhet som orsakat den största föroreningen. Om även andra verksamheter bidragit till föroreningen i mindre grad, registreras de som sekundära branscher. Ett förorenat sedimentområde ska i första hand kopplas till de mer specifika branscherna, men om det inte tydligt går att koppla till någon av dessa branscher registreras objektet som *sediment BKL 1* eller *sediment BKL 2* där BKL står för branschklass och BKL 1

betyder att objektet ska prioriteras för vidare undersökningar före objekt som registrerats som BKL 2. För varje objekt som läggs in i EBH-stödet går det att registrera vilket medium som provtagits primärt och sekundärt i de fall det utförts undersökningar i projektet.

Av alla objekt som finns i EBH-stödet (2021-10-29) har det i 423 fall provtagits sediment som primär och/eller sekundär provtagningsmedia. Figur 1 redovisar vilka branschklasser objekten tillhör där sediment varit det primära eller sekundära provtagningsmediet. Då det finns många branscher redovisas endast de branscher där fem eller flera objekt registrerats, vilket är 346 objekt där sediment är primär undersökningsmedia och 243 objekt där sediment är sekundärt undersökningsmedia (fig. 1). För vissa objekt i EBH-stödet är sediment både utpekad som primär och sekundär bransch.

För många av objekten där sedimenten har undersökts och där åtgärd har genomförts är det svårt att veta om åtgärderna har genomförts på mark och/eller sediment. Det är endast objekt i branschklass sediment BKL 1 och sediment BKL 2 där det går att veta att eventuella åtgärder för just sediment planeras eller har genomförts. Av alla objekt som är inlagda i EBH-stödet är det 405 objekt som registrerats som sediment BKL 1 eller sediment BKL 2. De flesta av dessa objekt är i utredningsfasen medan 24 objekt har status pågående eller genomförd åtgärd/delåtgärd.



Figur 1. I EBH-stödet finns det 423 objekt där sediment undersökts som primär (blå stapel) respektive sekundär provtagningsmedia (röd stapel) kopplat till olika primärbranscher. Figuren visar endast de branscher där antal objekt överstiger fem stycken. Utdraget från EBH-stödet gjordes 2021-10-29.

Att få en överblick över vilka andra projekt än rena avhjälpandeprojekt som berör förorenade sediment är svårt. Ett sätt är att gå igenom det register över avgöranden som rör vattenverksamhet som Mark- och miljödomstolarna är skyldiga att föra. Registret finns tillgängligt för behöriga handläggare i ett webbaserat verktyg, Mark- och Miljö-GIS. Registerskyldigheten innefattar alla avgöranden som prövats av mark- och miljödomstolen i första instans. Det innehåller därför inte avgöranden efter överklaganden. Avgöranden sorteras per anläggning, som i sin tur delas in i kategorier. Det går inte att extrahera ut mål som rör förorenade sediment men för att få en indikation om antal projekt där sediment hanteras gjordes ett utdrag av alla avgöranden mellan år 2000 och 2020 i kategorierna II (Allmänna hamnar, far- och flottningsleder) och IV (Övriga anläggningar exempelvis broar, markavvattningsföretag, flottleder). Utdraget resulterade i 80 avgöranden där det framgår av målets ärendemening att ärendet innefattar muddring. Av dessa rör fem mål rena efterbehandlingsåtgärder, 73 mål hamn- och farledsåtgärder och två mål övriga anläggningar. Merparten av målen där det getts tillstånd till muddring omfattar således ombyggnation och fördjupningar vid hamnanläggningar. Vanligen ges varje mål en rubrikrad med en kortfattad beskrivning av vad som prövats i målet. I 30 av dessa avgöranden framgår det tydligt att dispens till dumpning av muddermassor har beviljats, alternativt deponering i vattenområde. I övriga 49 av dessa mål framgår det inte ur ärendemeningen om målet även innefattat dumpningsdispens. Andra verksamheter som skulle kunna beröra sediment som inte ingår i utdraget är kraftverk och dammar, vattentäkter, samt miljöfarliga verksamheter.

Projektgruppens slutsats från genomgången av EBH-stödet och domstolarnas register är att det i dag saknas bra strukturer för att i efterhand göra registerutdrag av genomförda projekt. Projektgruppen bedömer det som väsentligt för framtida erfarenhetsåterföring att befintliga register utökas så att projekt innehållande utredningar och åtgärder av förorenade sediment kan sökas ut.

Internationell utblick

Förorenade sediment förekommer i anslutning till tätorter och industrier runt om i hela världen. Hur olika länder arbetar med förorenade sedimentområden kan skilja sig beroende av lagstiftning, lokala prioriteringar och naturliga förutsättningar. Det finns länder där många projekt har genomförts avseende förorenade sediment, till exempel Kanada, Belgien, USA och Norge. I flera europeiska länder pågår även arbete med förorenade sediment kopplat till åtgärdsprogram som tagits fram för de stora floderna.

I USA finns en nationell plan för förorenade områden som anger att målet med en åtgärdsutredning är att välja en åtgärdsmetod som skyddar människors hälsa och miljön och ger ett långsiktigt skydd, samt att metoden minimerar mängden obehandlat avfall (US EPA 1994). Ett flertal omfattande sedimentåtgärder har genomförts inom ramen för så kallade *superfund projects*, vilka är statligt finansierade och hanteras av den nationella myndigheten för miljöskydd. Mindre åtgärdsprojekt drivs och genomförs av de lokala delstaterna.

I flera amerikanska åtgärdsprojekt har olika former av övertäckning använts, ofta kombinerat med andra metoder. Exempel på detta är Grand Calumet River i Indiana, där förorenade sediment åtgärdades med hjälp av en kombination av muddring och övertäckning bestående av geotextil, rena sediment, sand, grus, samt på vissa ställen aktivt kol och ”adsorptive organoclay” (Steevens m.fl. 2020). Ett annat exempel är Onondaga Lake där en kombination av muddring, isolationsövertäckning och övervakad naturlig självrening tillämpades och där övertäckningen bestod av granulärt aktivt kol, isolationsskikt och habitatskikt (Honeywell 2012). Fler exempel på genomförda projekt i USA där övertäckning har använts går att läsa om i Jersak m.fl. (2016) och ITRC (2014). För amerikanska åtgärdsprojekt finns en teknisk vägledning framtagen om hur bedömningar kan göras avseende när övervakad naturlig självrening är lämplig eller ej (Magar m.fl. 2009). Vägledningen tar även upp exempel på projekt där metoden har använts. Vikten av

att ha kontroll på tillförsel från omgivande källor lyfts i en utvärdering av utförda sediment-åtgärdsprojekt i USA (ASTSWMO 2013).

I Norge har en nationell handlingsplan, *Sammen for en giftfri miljø – forutsetninger for en tryggere fremtid*, tagits fram för att åtgärda 17 nationellt utpekade förorenade sedimentområden på grund av höga föroreningsnivåer (St.meld. nr. 14 (2006-2007)). Målen med åtgärderna är att miljögifter inte ska spridas vidare eller tas upp av växter, djur eller människan. Åtgärder av förorenade sediment i Norge kopplar till flera nationella, regionala och lokala miljömål. I en norsk vägledning anges att det är viktigt att vara uppmärksam på att det vid muddringsåtgärder alltid förekommer en viss grad av restförorening (Miljödirektoratet 2015). Om denna restförorening inte är acceptabel i jämförelse med uppsatta åtgärds mål bör andra åtgärds metoder användas som kan ge bättre resultat, antingen som huvudsaklig åtgärd eller som tillägg till muddringen. Flera av de 17 utpekade förorenade kustområdena har nu åtgärdats, i flera fall har muddring kombinerat med övertäckning använts som metod, se till exempel Laugesen m.fl. (2016). Övertäckningen gjordes i många fall med sprängstensmassor från tunnelbyggen i närheten. Övervakad naturlig självrening användes i Drammenselva och en övertäckning med aktivt kol tillämpades i ett testområde i Grenlandsfjorden. På testområdena i Grenlandsfjorden, där sedimenten är förorenade med dioxiner, har effekten av aktivt kol på förorenings spridning och påverkan på biota studerats. Vägledning om riskbedömning samt vägledning om hantering av muddermassor och åtgärder av sediment har tagits fram av norska Miljödirektoratet (Miljödirektoratet 2015).

Flera länder (t.ex. Norge, Kanada och Nederländerna) har tagit fram riktvärden för föroreningar i sediment för att underlätta bedömning av risker, behov av åtgärder och hur muddermassor bör hanteras. Hur dessa riktvärden tagits fram och för vilket syfte skiljer sig mycket åt mellan olika länder. Inom EU gäller vattendirektivet där det finns gränsvärden för vad som kännetecknar god status i ytvatten och biota. Medlemsländerna får bestämma själva om de även vill ta fram gränsvärden för sediment. Flera länder, till exempel Finland och Danmark tillämpar också riktvärden för när muddermassor kan dumpas i havet, så kallade ”action levels” (Olsen m.fl. 2019).

Projektgruppens slutsats är att länder som arbetar strategiskt med frågor om förorenade sediment, t.ex. genom att ta fram en nationell handlingsplan för sedimentområden som prioriteras för åtgärd, också har en hög grad av genomförande av åtgärder.

ERFARENHETER FRÅN ÅTGÄRDSPROJEKT

Organisation

Med organisation avses de personella resurserna och arbetsstrukturen i projekten. De personella resurserna som ingår är länsstyrelsen (tillsyn, finansier), kommun (planläggning, tillsyn, huvudman, fastighetsägare), huvudman, konsulter och entreprenörer.

I intervjuerna med handläggare vid länsstyrelser lyftes det att sedimentprojekt ställer höga krav på organisation och kompetens hos deltagarna på liknande sätt som andra stora, tidskrävande och komplicerade projekt (Jansson m.fl. 2021). Fler erfarna projektledare och deltagare kommer att krävas i sedimentprojekten om antal åtgärdade sedimentområden ska bli fler. Att kunskap kan bibehållas och föras vidare inom projekt, både hos huvudmannen och involverade konsulter, har också lyfts som en avgörande framgångsfaktor.

Något som också framkommit är vikten av att vara lösningsorienterad i och med att förutsättningarna snabbt kan ändras; underlag till projekt kan ibland vara teoretiska och föreslagna metoder kan då vara svåra att genomföra och/eller medföra höga kostnader. Detta kan bero på att liten praktisk kunskap finns hos de aktörer som tar fram och granskar underlag såsom en åtgärdsutredning.

Flera av de framgångsrika projekten har anlitat erfarna projektkoordinatorer eller projekt/bygglidare med erfarenhet från stora sedimentåtgärdsprojekt eller av att jobba i komplexa projekt inom andra branscher med båda tekniska och ekonomiska utmaningar. Projektet i Ålesund kommun i Norge stod länge still, tills de fick in en erfaren projektkoordinator som visste vad som skulle prioriteras när och vilka detaljer som var viktiga. I underlagsrapporten (Jansson m.fl. 2021) framgår att det är få kommuner i Sverige som har genomfört fler än ett sedimentåtgärdsprojekt. Endast tre kommuner har kommit så långt som till åtgärdsförberedande fas eller längre i fler än ett sedimentprojekt, få kommuner har därmed själva haft möjlighet att bygga upp erfarenhet av att genomföra sådana projekt.

Om flera vattenarbeten behöver utföras i samma område kan det finnas fördelar om planeringen och utförandet samordnas t.ex. genom en central projektledare hos kommunen. Samverkan med andra aktörer i det geografiska området kan på så sätt underlättas. Ett projekt där detta lyfts är åtgärdsprojektet i Horten i Norge, där kommunen samverkade med hamnen vid stabilisering av kajer samt med den norska försvarsmakten för utveckling av metod samt för att samla in oexploderad ammunition (OXA) som låg utspridd på sjöbotten. Andra aktörer som behövde samordnas var Kystverket (norska motsvarigheten till svenska Sjöfartsverket), som genomförde inmätning av vattendjup, och ett planerat infrastrukturprojekt där bostäder och en badstrand skulle anläggas. Genom samordning av flera aktörer och verksamheter i området skapades en förståelse för åtgärden samtidigt som det gavs förutsättningar för att åtgärda ett större förorenat område vid samma tillfälle.

I långa och komplexa projekt framkommer i regel nya kunskaper och resultat under tiden projektet pågår som påverkar genomförandetider, finansiering och metodval. Sedimentprojekt är inga undantag. I många av de genomförda projekten har stora förändringar krävts mellan olika projektdelar och en del av dessa kan undvikas med tex tredjepartsgranskning i olika skeden i projekten. I Karlshällsprojektet togs expertstöd in från SGI i rollen som tredjepartsgranskare. Granskningen bidrog till projektet och i projektet lyfter man att det skulle vara värdefullt att ha tillgång till expertstöd genom hela åtgärdsprocessen vilket skulle leda till effektivare beslutsgång och kostnadseffektiva lösningar.

Baserat på erfarenheter inom RUFSS-projektets arbetsgrupp så kan kommunen i många fall ha flera roller i ett åtgärdsprojekt. Till exempel som huvudman för åtgärden, utövare av tillsyn eller ibland som ansvarig eller delansvarig verksamhetsutövare, vilket innebär att kommuners ekonomiska och personella resurser kan påverka möjligheten att genomföra åtgärder. Det kan även finnas risk för jävsituationer om en kommun har flera roller i ett projekt. I intervjuerna framgår att tillsynsarbetet på länsstyrelser och kommuner är och kan upplevas händelsesstyrt på grund av många exploateringsärenden och att de tidsmässigt har svårt att ta sig an projekt där långsiktig planering är nödvändig.

Projektgruppen konstaterar att organisationen i ett sedimentprojekt behöver långsiktig bemanning, finansiella resurser över lång tid tillsammans med tydlig struktur för projektets genomförande från undersökningar via åtgärdsutredning och tillståndsansökan till åtgärd och uppföljning. Från genomgången har det också framgått att ett lösningsorienterat arbetssätt där olika aktörer samverkar och tar del av varandras kompetens ökar möjligheterna att få projekt att löpa på och ger en grund för utveckling av nya metoder.

Utredning av ansvar

Principen att förorenaren betalar är en grundläggande del i svensk och europeisk lagstiftning som uttrycks i de allmänna hänsynsreglerna (2 kap MB). Att avgöra vem som har förorenat ett sedimentområde kan dock vara komplicerat. Ämnen kan spridas långt i vatten och föroreningar från många källor ansamlas i sediment, i synnerhet i anslutning till tätorter eller större vattendrag

med många uppströms liggande verksamheter. Från intervjuerna med länsstyrelser framkommer att komplicerade ansvarsutredningar är en av de största anledningarna till att åtgärdsprojekt avseende förorenade sediment med statlig finansiering stannar upp (Jansson m.fl. 2021). Utifrån länsstyrelsernas erfarenheter är avgränsning av vilka områden som behöver undersökas och åtgärdas och med vilken omfattning och kvalitet arbetena ska utföras en särskild svårighet vad gäller utredning av ansvar för sediment.

I vissa fall saknas det kunskap om vilken/vilka källor som har bidragit till ett förorenat sediment. Det vore då en fördel om inledande undersökningar i syfte att konstatera förorening och spåra källan/källorna kunde göras med offentliga medel. Tillsynsmyndigheterna skulle då ha ett tydligare underlag för att diskutera och ställa krav på ansvariga verksamhetsutövare om undersökningar m.m.

Där det finns många verksamheter som bidragit med samma typ av föroreningar kan det behöva utredas hur mycket som var och en har bidragit med. Där det däremot är olika föroreningar som har spridits från olika verksamheter kan ansvar komma att utkrävas av en verksamhetsutövare för endast vissa ämnen medan det är svårare att identifiera vem som ansvarar för andra ämnen. I sådana fall kan processen stanna av på grund av svårigheter att komma överens om vem som ska undersöka och åtgärda vad.

I områden där det finns många källor kräver ansvarsutredningarna oftast utredningsarbete i form av källspårning. Ett projekt där ett stort antal källor bidragit till förorenade sediment är åtgärdsprojektet i Viskan, nedströms Borås. För att utreda ansvaret för de förorenade sedimenten har man utöver provtagningar av sediment även utrett vad och hur mycket olika verksamheter släppt ut, utifrån statistik och tillstånd till verksamheterna. Eftersom beräknade föroreningsmängder i sediment tydde på att det fanns fler källor än de identifierade utreddes även dagvattenutsläpp och transport av ämnen upp- respektive nedströms Borås. Det framkom att dagvattnet från, och även sediment i Borås, bidrar med föroreningar varvid extra åtgärder för att minska denna spridning föreslogs. Detta är ett exempel på hur ansvarsutredningarna kan bidra till att åtgärder utförs inte bara av de förorenade sedimenten utan även av pågående källor och därmed lägga grund för en mer långsiktigt hållbar åtgärd.

Vid åtgärder som utförs i samband med exploatering och stadsutveckling tycks mindre resurser läggas på att hitta eventuella delansvariga eftersom det riskerar att leda till att projekten inte blir klara i tid. Vid en exploatering kan verksamhetsutövaren bli ansvarig för avhjälpandeåtgärder om arbetet orsakar spridning av föroreningar som finns sedan tidigare i mark eller sediment. Detta gör att det är viktigt att se över föroreningssituationen och bedöma om själva arbetena eller den förändrade användningen efter åtgärd riskerar att sprida föroreningar.

Kartläggning och undersökning

Kartläggning av förorenad mark och sediment utförs som en följd av länsstyrelser och kommuners arbeten med tillsyn samt inventering av förorenade områden där ansvar saknas helt eller delvis. Länsstyrelserna sammanställer utifrån kartläggningarna en prioritering av förorenade områden som behöver åtgärdas. Kartläggning görs även inom ramen för analys av påverkan på vattenförekomster som utförs vid länsstyrelsernas vattenförvaltningar och redovisas i VISS (Vatteninformationssystem Sverige). Kartläggningen ligger sedan till grund för statusklassificering, riskbedömning och förslag till åtgärder som länsstyrelser genomför för registrerade vattenförekomster.

I intervjuerna med länsstyrelserna framgår att samarbete mellan efterbehandlings-, vattenförvaltnings- och vattenverksamhetsgrupper möjliggör utbyte kring exempelvis provtagning och screening vilket i sin tur kan leda till bättre arbetsstruktur och kunskapsöverföring. Detta kan till exempel ge

bättre möjligheter att få kännedom om redan genomförda provtagningar i området, resultat från pågående tillsynsärenden och ett samarbete om vilka ämnen som ska provtas utöver de branschtypiska föroreningarna som är viktiga i vattenförvaltningens arbete.

Det framkom även att länsstyrelserna behöver ta ett mer strategiskt ansvar när det gäller kartläggning av förorenade sediment jämfört med förorenade landområden. Till skillnad från landområden kan sediment kontinuerligt tillföras föroreningar från ett längre avstånd samt från flera källor. Källorna kan bestå av punktutsläpp, förorenade markobjekt, förorenade sediment eller diffusa utsläpp. Eftersom föroreningarna kan transporteras till områden långt nedströms kan det vara svårt, men inte desto mindre viktigt, att kartlägga källorna och få kontroll över dessa och framförallt åtgärda dessa innan en eventuell sedimentåtgärd utförs. Detta ställer krav på internt samarbete mellan enheter som ansvarar för efterbehandling, vattenförvaltning och tillsyn på kommuner och länsstyrelser.

Vid projektet i Håstaholmen fanns det pågående tillförsel av dioxiner till sedimenten. Det visade sig att markföroreningar var källan till de höga halterna dioxin i sedimenten varvid markföroreningarna åtgärdades innan sedimenten för att förhindra återkontaminering. I de undersökta norska projekten har kartläggning av pågående källor ingått som en del i de förberedande arbetena. Statsförvaltaren (motsvarande länsstyrelsen i Sverige) har genomfört kartläggningen samt kontroller och efterkontroller av utsläppen och ställt krav i de fall källor behöver åtgärdas. Kostnaderna för eventuella åtgärder av pågående källor har verksamhetsutövarna behövt stå för. Många diffusa källor har dock visat sig vara svåra att kontrollera och åtgärda.

Innan planering av avhjälpandeåtgärder inleds är det viktigt att få en överblick över platsspecifika förhållanden och föroreningssituationen i området. Förorenade sediment kan förekomma inom ett väl avgränsat område som behöver åtgärdas, eller i ett större område som består av olika delar med skilda egenskaper och föroreningsnivåer. Föroreningssituationen behöver vägas samman med bl.a. bottenlutning, sedimentegenskaper, mäktighet, dumpade föremål och block/sten samt ström- och sedimentationsförhållanden, vilket är avgörande för vilken åtgärds metod som fungerar. Att dela in åtgärdsområden i mindre delområden gör även att det blir lättare att prioritera vilka delområden som behöver åtgärdas, vilken åtgärd som passar varje delområde och i vilken ordning de olika delområdena ska åtgärdas. Det finns flera sätt att dela in ett område i delområden:

- I projektet vid Håstaholmen delades området in efter föroreningsnivå, men även efter ström- och erosionsförhållanden. Ett delområde lokaliserades med starkt förorenade sediment i erosionsutsatta lägen. Efter indelning av bottenområdena kunde åtgärder prioriteras för de delområden som bidrog mest till spridning av föroreningar till närliggande områden. Passiva provtagare användes för att mäta spridningsmönstret före åtgärd och förändring i spridningsmönstret under och efter åtgärd.
- I projektet Karlshäll avgränsades fiberbanken med avseende på föroreningshalter. De delar av fiberbanken som har högst halter av kvicksilver kommer att åtgärdas först. Fiberrika sediment med lägre föroreningshalter utanför fiberbanken lämnas tills vidare för att eventuellt åtgärdas i ett senare skede.
- I projektet Södra hamnen (Helsingborg) delades sedimentområdet in i två delar baserat på halterna av tributyltenn (TBT). Övertäckningen utformades sedan något olika för området med högre respektive lägre halter.
- Inför åtgärden av sediment i Ålesund i Norge delades området in i mindre delområden, där varje delområde fick en poängsumma baserad på olika parametrar som exempelvis föroreningsnivå och spridningsförutsättningar. De delområden som hade högst poängsumma prioriterades för åtgärd.

- I projektet Onandaga lake i USA delades botten in i flera områden baserat på bottenstruktur, sedimentationsförhållanden, föroreningshalt, strömförhållanden med mera. Olika åtgärder genomfördes i delområdena.

Vid utredningsfasen är det lämpligt att redan tidigt inleda löpande referensundersökningar för att få en bild av hur exempelvis grumlighet eller föroreningshalter i vatten varierar över tid. Detta har i flera projekt visat sig vara avgörande inför framtagande av relevanta begränsningsvärden under själva utförandet och för uppföljning av projektet efter att åtgärden har utförts. Biologiska undersökningar innan åtgärd är också betydelsefulla för att veta hur ekosystemet ser ut innan åtgärd och hur området ska återställas så att ekosystemet har bättre förutsättningar att återhämta sig efter avslutad åtgärd. I Viskan planerar projektledningen att genomföra en naturvärdesinventering för sträckan som planeras att åtgärdas.

Åtgärds mål

I projekt med statlig finansiering genom bidrag eller stöd och i tillsynsdrivna projekt ställs krav på att övergripande och mätbara åtgärds mål formuleras inom ramen för åtgärdsprocessen. För åtgärder som ingår i händelsestyrda projekt, till exempel i samband med en exploatering, formuleras ofta mätbara mål utifrån krav inom projektet och från tillsynsmyndigheten. Av de projekt där intervjuer genomfördes hade övergripande åtgärds mål tagits fram för de sex projekt som erhållit statlig finansiering; se bilaga till SGU (2022). I de projekten angavs i samtliga fall minskad förorenings spridning som ett övergripande åtgärds mål. Utöver det inkluderade de övergripande målen främst mål om en allmänt förbättrad miljö och hur området skulle kunna användas i framtiden.

Även om syftet med de allra flesta åtgärder är att skydda levande varelser, formuleras sällan mätbara åtgärds mål angående biologiska effekter eller halter i biota. Detta har framkommit vid en forskningsstudie om hur riskbedömningar av förorenade sediment kopplar till allmänna miljömål (Bruce 2021). Undersökningar av biologiska effekter eller halter i biota är ofta dyra och behöver anpassas efter plats specifika förutsättningar vilket kan vara en anledning till att de inte används. Forskningsstudien visar att även om undersökningar utförs avseende effekter på biota så saknas ofta tydliga kopplingar mellan projektens mål och biologiska effekter. Det framkom även att det i många fall, särskilt i dumpningsärenden, tillämpas riktvärden som inte baserar sig på toxicitet utan på statistiska tillståndsklasser utifrån vad som uppmätts i andra områden. Ibland hänvisas även till riktvärden för jord trots att de riktvärdena inte är framtagna för de förhållanden som råder i akvatiska miljöer.

I svenska projekt formuleras ibland mätbara åtgärds mål utifrån halter som använts som plats specifika begränsningsvärden i andra projekt, även om förhållandena skiljer sig mellan platserna. Att använda begränsningsvärden från projekt med helt andra förutsättningar är oftast direkt olämpligt och kan leda till att de verkliga riskerna och åtgärdsbehoven inte beaktas.

Även ekonomiska aspekter kan påverka formuleringen av mätbara åtgärds mål. Ett exempel är åtgärderna av fibersediment vid Karlshäll i Luleå, där huvudstudien konstaterade åtgärds behov för sediment med kvicksilverhalter högre än 0,3 mg/kg TS baserat på risk för spridning och upptag i biota. Att åtgärda ned till en sådan nivå bedömdes dock bli mycket kostsamt varvid åtgärden delades in i två etapper: I en första etapp med målet att åtgärda ned till en kvicksilverhalt av 5 mg/kg TS varefter en utredning i nästa etapp ska visa hur åtgärds behovet ser ut för sediment med kvicksilverhalter av 1–5 mg/kg TS.

I norska projekt inkluderas hållbarhet, såsom resurshushållning och klimatpåverkan ofta i åtgärds målen, till skillnad från den svenska åtgärdsprocessen där frågor om hållbarhet framför allt tas upp i riskvärderingen när olika åtgärder jämförs med varandra. I den norska vägledningen om

hantering av förorenade sediment (Miljödirektoratet 2015) framhålls vikten av att de projektspecifika åtgärds målen stämmer överens med de långsiktiga förvaltningsmålen kopplade till vattendirektivet, miljömål på lokal till nationell nivå samt riktlinjer enligt den norska plan- och bygglagen. Om åtgärden genomförs i ett stort område ska åtgärds målen beslutas av statsförvaltaren med inflytande från medborgare och andra intresseorganisationer som är aktiva i området.

RUFS-projektets arbetsgrupp konstaterar att det finns ett behov av vägledning och utveckling kring val av åtgärds mål och riskbedömning av förorenade sediment. Att utveckla metoder och arbetssätt för att sätta upp och utvärdera biologiska effektmål bedöms också kunna bidra till mer miljömässiga och långsiktiga effekter av genomförda sedimentåtgärder.

Tillstånd

Tillståndsansökan

För åtgärder av förorenade sediment krävs vanligen tillstånd till vattenverksamhet för arbeten i vattenområde och till miljöfarlig verksamhet för eventuell hantering av muddermassor på land. Där så är lämpligt kan tillståndsansökningar för dessa delar behandlas i en samlad prövning hos mark- och miljödomstolen. Exempel på projekt där det gjorts är Karlshäll och Valdemarsviken. I andra fall kan det vara mer lämpligt att söka separata tillstånd till olika delar eller etapper. Så har exempelvis skett i projekten vid Södra hamnen i Helsingborg och vid hamnbassängen i Oskarshamn. I den senare fanns redan ett tillstånd till deponi.

Vid en åtgärd där syftet är att avhjälpa en föroreningskada utgör utredningarna av föroreningsgrad, risker och åtgärdsalternativ ett viktigt underlag till tillståndsansökan. I stora projekt som till exempel åtgärderna av Oskarshamns hamnbassäng har det utförts ett omfattande utredningsarbete innan tillståndsansökan genomfördes. Redan tidigt är det värdefullt att samla in kunskap om miljöaspekter som behöver beskrivas i en tillståndsansökan, såsom vilken ekologisk och kemisk status vattenförekomsten har samt utreda hur verksamheten kan utföras för att undvika att en miljö kvalitetsnorm inte följs. Referensmätningar behöver också inledas tidigt i processen för att samla in information om hur förhållandena i vattenförekomsten varierar över olika säsonger. Detta för att kunna formulera relevanta villkor, exempelvis avseende grumling.

För att söka tillstånd till vattenverksamhet och/eller miljöfarlig verksamhet behöver en specifik miljöbedömning göras enligt 6 kap MB vilket inkluderar att samråd hålls med myndigheter och särskilt berörda samt att en miljökonsekvensbeskrivning tas fram. Det kan ta lång tid från att ansökan lämnats in till att tillstånd erhålls varför det gäller att förbereda för en ansökan i god tid. Ibland spelar risken för en långdragen tillståndsprocess även in vid utformandet av den planerade åtgärden. Vid ansökan om tillstånd inför åtgärder av sediment i Valdemarsviken valde exempelvis projektet att söka för deponering av massor på land i stället för att valla in dem eftersom tillståndsprocessen bedömdes bli för komplicerad i det senare fallet.

Från intervjuer av deltagare i projekten vid Oskarshamn och Karlshäll framgår att villkor helst bör formuleras som funktionskrav i stället för att en viss teknik för åtgärd eller övervakning föreskrivs. Beskrivningen av utförandet i ansökan bör även medge viss flexibilitet men vara tillräckligt detaljerad för att det ska gå att bedöma vilken påverkan verksamheten kan ha på miljön och på människors hälsa. Inför åtgärdsprojekt där förutsättningarna varierar inom området kan olika metoder behöva beskrivas för olika delar av området.

Exempel på hur villkor kan utformas kan hämtas från tidigare tillstånd. För att kunna utforma relevanta villkor är det dock helt avgörande att känna till de platsspecifika förhållandena och skyddsvärdena i området som ska åtgärdas. Om praxis söks från andra domar är det därför viktigt att titta på de principer som tillämpas snarare än absoluta värden t.ex. i form av halter, eftersom det beror på platsens förutsättningar vilka värden som är lämpliga.

I vissa tillståndprocesser har det hänvisats till den dom där Göteborgs Hamn gavs dispens för dumpning av muddermassor vid Vinga med TBT-halter upp till 50 µg/kg TS (mål M 2684-13, samt efter överklagande mål M 1260-14). Eftersom slutsatsen i domen är att halter kan tillåtas liknande de som redan förekommer i dumpningsområdet är det den principen som bör vara vägledande snarare än att utgå från att massor med TBT-halter upp till 50 µg/kg TS är tillåtliga att dumpa.

Anmälan

Generellt gäller att det inför schaktning eller rivning i förorenade områden behöver göras en saneringsanmälan, enligt 28 § förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Vid åtgärder i vattenområden kan de frågorna inkluderas i prövningen av vattenverksamhet. Ett tillstånd med flexibilitet avseende metoder skulle kunna innebära att fler moment än vid ett mer detaljerat tillstånd behöver anmälas till tillsynsmyndigheten under projektets gång.

För mindre ärenden kan det räcka med en anmälan om vattenverksamhet till länsstyrelsen. Till exempel gjordes detta inför test av åtgärdstekniker i Karlshäll och Ala Lombolo. I komplicerade projekt kan lärdomar från sådana tester vara viktiga vid ansökan om tillstånd inför att den större åtgärden ska tas fram.

Föreläggande om tillstånd

Länsstyrelser kan även för mindre arbeten förelägga om att tillstånd ska sökas om det behövs med hänsyn till påverkan på miljön. Utöver nämnda tillstånd kan olika avtal behöva tecknas i samband med en sedimentrelaterad åtgärd, såsom för nyttjande av mark.

Val av åtgärdsmetod

Förhållanden på plats

Hur förhållandena ser ut i området som ska åtgärdas kan ha stor inverkan på vilka metoder som kan användas samt påverka tidsåtgång och kostnader. Förutom geologiska och hydrologiska förutsättningar kan påverkan från tidigare mänsklig aktivitet, såsom dumpning eller spill av föremål på botten, även förekomma. Förhållandena på plats är också av betydelse för hur återställning av botten kan göras för att stödja ekologiska värden och funktioner. I flera av de undersökta projekten lyfts hur viktigt det är att genomföra noggranna undersökningar och pilotförsök för att testa om föreslagna metoder lämpar sig för området.

I Ala Lombolo och Viskan i Sverige samt Horten i Norge förekommer oexploderad ammunition (OXA) utspritt på stora delar av botten på olika djup i sedimenten. Risker med OXA måste vägas in i arbetena vilket kan försvåra både undersökningar och åtgärdsarbetet. I Ala Lombolo genomfördes ett pilotprojekt för att testa om lågflödesmuddring kunde fungera som muddringsmetod då den förväntas muddra upp sediment utan att ammunition följer med. Testet visade att muddringsmetoden inte fungerade optimalt med den typ av sediment som fanns i testområdet. I Ala Lombolo finns det även risk för ökad sprickbildning i berggrunden orsakat av gruvverksamheten i området vilket behöver beaktas vid val av åtgärdsmetod. Om förhållandena på platsen riskerar ändras med tiden, orsakat av klimatförändringar, naturliga förändringar såsom landhöjning eller en verksamhet på platsen, kan funktionen/effektiviteten av åtgärdsmetoden förändras. I Ala Lombolo riskerar den ökade sprickbildningen att resultera i en ökad avvattning vilket skulle påverka spridningen av föroreningarna under övertäckningen.

I projektet i Horten avlägsnades OXA med en metod som utvecklades i ett pilotförsök inom projektet tillsammans med den norska försvarsmakten. Vid pilotförsöket placerades ammunition ut på botten varefter det undersöktes hur lokalisering och insamling av OXA kunde optimeras.

Efter pilotförsöken användes denna metod för att samla in dumpad ammunition ned till en meter under sedimentytan så att ingen ammunition skulle påträffas under muddringsarbetena.

I de förorenade områdena vid Håstaholmen och i Karlshäll fanns det mycket timmer utspritt på stora delar av botten. I projekten användes dykare för att samla in timmer som låg inom muddringsdjupet. Röjningsarbetet tog längre tid än planerat då det visade sig att det låg mer timmer dolt än vad som kunde uppskattas baserat på botten scanning. Men röjningsarbetet förbättrade förutsättningarna inför själva saneringsåtgärderna och åtgärderna kunde därefter genomföras på kortare tid än planerat. Vid Håstaholmen var föroreningen mäktigare än vad som antagits innan åtgärd. I undersökningarna bedömdes föroreningarnas mäktighet vara 0,6 meter då ett sandlager hade påträffats vid detta djupet. Vid genomförandet av åtgärden visade det sig att sandlagret enbart var ett tunt skikt och att sedimenten var förorenade även under detta sandiga skikt. Muddringsdjupet ökade på vissa ställen till 1,5 meter istället för 0,6 meter.

I Oskarshamn påträffades ett stort antal stenar och block i sedimenten under åtgärdens gång vilket resulterade i att projektet ändrade muddringsmetod mitt i pågående åtgärd. Även i Valdemarsvik påträffades fler hinder på botten än vad som var känt innan åtgärderna inleddes. Några stora föremål hade tagits bort innan åtgärdsarbetet, men det hade varit fördelaktigt om fler föremål hade rensats bort innan själva åtgärdsarbetena drog igång.

Andra förhållanden som inte har lyfts i de undersökta projekten är förekomst av fiberbankar eller andra områden med betydande gasavgång. Gasen avges från sedimenten kontinuerligt och gasbubblor med metan förs upp genom vattnet till ytan, vilket kan försvåra både undersökningar och åtgärder. Gasavgången kan också bidra till spridning av förorening som kan vara svår att mäta och undersöka.

I vissa infrastrukturprojekt utförs kompensationsåtgärder för att väga upp skador på ekologiska värden och ekosystemtjänster i området. Ett exempel är byggandet av Botniabanan i Umeåälvens delta. Kompensationsåtgärder avser skapande av helt nya eller förbättring av befintliga natur- eller grönmiljöer. Det finns inga möjligheter att ställa krav om kompensationsåtgärder genom plan- och bygglagen (PBL), men i vissa fall med stöd av MB. Mer om kompensationsåtgärder finns att läsa i Naturvårdsverkets handbok *Ekologisk kompensation* (Naturvårdsverket 2016). Hur kompensationsåtgärder används idag och hur användandet skulle kunna utvecklas framförs i rapporten *Ekologisk kompensation i kustmiljöer* (Bergström m.fl. 2021). Rapporten redovisar slutsatserna från ett forskningsprojekt om hur förluster av biologisk mångfald och ekosystemtjänster kan uppvägas i samband med mänsklig verksamhet i kustområden. I muddringsprojektet i Arendal, Göteborgs hamn, genomfördes en kompensationsåtgärd genom att ålgräs planterades på en 1,7 hektar stor bottenyta för att kompensera för det ålgräs som försvann i samband med anläggandet av nya hamnytor (Göteborg Hamn 2020). Vid en uppföljning år 2020 hade det utplanterade ålgräset överlevt och ytterligare planteringar planeras. Göteborgs hamn har även genomfört andra kompensationsåtgärder såsom hummerrev, salamanderhotell och byggt ett vadhav för långbenta fåglar i anslutning till hamnen.

Projektgruppen konstaterar att föremål på botten i form av avfall, timmer och block/sten väsentligt kan försvåra muddringsarbetena och kräva stora förändringar under genomförandet. Det konstateras även att det i vissa fall kan genomföras kompensationsåtgärder, såsom plantering av ålgräsängar, och att erfarenheter av dessa kan vara viktiga att ta med till återställningsarbeten efter åtgärdsprojekt där miljöer ska återställas efter att de under lång tid påverkats av en miljökada.

Pilotprojekt och utveckling av metoder

Pilotprojekt har lyfts vid flera intervjuer som ett viktigt arbetsmoment för att utvärdera om en metod fungerar eller inte, flera länsstyrelser har också lyft specifika projekt vid vilka pilotprojekt skulle vara tänkbara eller önskvärda. Med pilotprojekt kan det undersökas om en metod fungerar

vid de specifika förhållanden som råder på platsen. De kan också användas för att testa nya tekniker eller arbetsmetoder och även organisationen innan projektet drar igång på riktigt.

För utveckling av innovativa metoder kan pilotprojekt spela en viktig roll och det har även lyfts att det kan vara av betydelse att involvera forskare i större utsträckning jämfört med vad som gjorts tidigare. SGIs forskningsutlysning (Tuffo) är ett viktigt initiativ för att förbättra samarbetet mellan forskare och näringsliv där olika projekt med fokus på sediment har finansierats. Inom RUFSS pågår flera pilotprojekt där forskargrupper tillsammans med entreprenörer testat olika metoder och där de flesta är kopplade till stora pågående åtgärdsprojekt.

I projektet i Södra hamnen testades olika metoder för utläggning av övertäckning i ett pilotprojekt för att sedan kunna genomföra åtgärden på ett fungerande sätt. Vid Kolkajen i Stockholm har det i pilotförsök visat sig fullt genomförbart att successivt lägga ut täckning i flera tunna lager på extremt lösa sediment utan att skred inträffat. Att pilotprojekt genomförs under representativa förhållanden är viktigt för att de ska kunna bidra till projektet. I Arendal i Göteborg genomfördes ett pilotprojekt för att få en uppskattning av hur mycket muddringshinder som fanns på botten, det visade sig finnas mycket mer block och skräp i de områden som inte ingick i pilotprojektet varför resultaten snarare blev en belastning än nytta för projektet.

Pilotförsök som har utförts i de studerade projekten har i vissa fall resulterat i att andra åtgärdsmetoder eller utföranden har valts än de som ursprungligen planerats. I Ala Lombolo testades lågflödesmuddring som metod för att lämna kvar OXA och minska risken att detonera ammunition under muddringsarbetena. Metoden fungerade inte optimalt vid de platsspecifika förutsättningarna i sjön och projektet planerar därför för en annan muddringsmetod. I projektet Horten kunde däremot en metod utvecklas för att samla in OXA innan åtgärdsarbetet drog igång.

I flera av de undersökta projekten har stabiliserings- och avvattningsförsök utförts. Dessa försök har visat vilka komponenter som är viktiga för stabiliteten och för urlakning av föroreningar. I Trondheim testades stabilisering i en strandkantsdeponi genom att en markör tillsattes muddermassorna som placerades innanför en invallning med olika funktionslager. Testet genomfördes på både lösa och stabiliserade muddermassor. Pilotprojektet visade att de olika funktionslagren av invallningen var de viktigaste barriärerna för att förhindra läckage av föroreningar till recipienten. Ett försök som också utfördes inom projektet var att separera sedimenten med en våtmekanisk metod som kan separera stora sedimentpartiklar från mindre. De mindre partiklarna har högst halt av föroreningar och metoden skulle kunna separera de förorenade fina sedimenten från rena grövre sediment. De stora sedimentpartiklarna visade sig inte vara helt rena vilket gjorde att de grövre massorna ändå inte kunde användas fritt som det var tänkt.

I samband med projektet i Horten genomfördes ett experiment där man testade hur sjögräs växte och överlevde i bergkross med både fina och grövre partiklar, som användes till övertäckning av de förorenade sedimenten, samt i naturliga sediment. Experimentet visade att sjögräs växer bättre i naturliga sediment än i sprängstensmassor. Resultaten från testet blev klara efter att sediment-åtgärden var avslutad varför de har inte kunnat användas i projektet i Horten, men kan ingå som underlag i åtgärdsutredningar i framtida projekt.

I ett försök inför åtgärdsprojektet i Trondheim undersöktes vilken luftgenomströmning bubbelridåer behöver för att förhindra spridning av uppgrumlade partiklar. Resultaten jämfördes med erfarenheter och resultat från användningen av siltgardiner. Försöket visade att bubbelridåer som ersättare för, eller kombination med, siltgardin kan vara en bra lösning i hamnar om förutsättningar finns. Där kan siltgardiner vara svåra att använda på grund av pågående fartygstrafik. För att använda metoden rekommenderades ytterligare en studie för att undersöka tekniska inställningar för de platsspecifika förhållandena såsom kraft och avstånd mellan luftutflödena.

Åtgärdstekniker

Det finns flera sammanställningar med beskrivningar av åtgärdstekniker för sediment, se till exempel Nordiska Ministerrådets rapport *Contaminated sediments: review of solutions for protecting aquatic environments* (Olsen m.fl. 2019) och webbsidan Åtgärdsportalen som drivs av Svenska Geotekniska Föreningen (SGF 2022). Det finns även information om olika tekniker i vägledningen *Efterbehandling av förorenade sediment* (Naturvårdsverket 2003).

På den amerikanska miljömyndigheten US EPAs webbsida om åtgärder av förorenade sediment (US EPA, Clu-In 2021) finns information om åtgärdsmetoder och sammanställningar av erfarenheter från flera amerikanska åtgärdsprojekt. Ytterligare guidning om val av åtgärd utifrån erfarenheter i amerikanska åtgärdsprojekt ges i SGIs publikationer 30-1, 30-3, 30-4E, 30-7 samt rapporten *Contaminated Sediments Remediation* (ITRC 2014).

I Norge har ett flertal övertäckningsprojekt utförts vilka bland annat redovisas i Laugesen m.fl. (2016). I USA har olika åtgärdsprojekt utvärderats och sammanställts med särskild fokus på risk för återkontaminering (ASTSWMO 2013). I vetenskapliga artiklar finns det även en rad internationella sammanställningar av åtgärdsmetoder och deras lämplighet under olika förutsättningar, till exempel Lofrano m.fl. (2017) och Peng m.fl. (2018).

Erfarenheter från genomförda projekt i framför allt Norge och USA visar att det i många fall är en kombination av olika metoder som ger den bästa lösningen för att minska riskerna i ett förorenat vattenområde. En metod kan vara lämplig för grunda områden medan en annan kan vara lämplig för områden på större vattendjup. Val av åtgärd påverkas också av hur användningen av området efter åtgärd kan komma att påverka exempelvis övertäckningen eller spridningsförutsättningarna i ett område som lämpar sig för övervakad naturlig självrening.

En saneringsåtgärd kan medföra stora ingrepp i vattenområdet genom att de naturliga sedimenten som finns på plats ändras, tas bort eller täcks över. Eftersom målet med en saneringsåtgärd vanligtvis är att förbättra möjligheterna för akvatiskt liv och människors hälsa är det viktigt att restaurera området efter åtgärden för att gynna ekosystem och biologisk mångfald.

I tabell 2 sammanställs de metoder som använts i de studerade projekten. Mer detaljer och erfarenheter redovisas i rapporten *Erfarenhetsåterföring från projekt med förorenade sediment* (SGU 2022).

Tabell 2. Sammanställning av erfarenheter från olika åtgärdsmetoder i de projekt som undersökts genom intervjuer och genomgång av rapporter (SGU 2022).

ÅTGÄRDER IN SITU	
Övertäckning med passiva material (tex lera)	
<i>Mål med behandling</i>	Förhindra förorenings spridning, förhindra erosion.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Kan kräva muddring innan åtgärden för att erhålla tillräckligt vattendjup. Återkolonisering av botten kan ta lång tid, men beror på vilket material som används. Kan användas som metod i områden som är svåra att muddra. Föroreningen finns kvar. Övervakning av täcksiktets funktion kan krävas lång tid efter åtgärden.
<i>Exempel på projekt</i>	Oskarshamns hamnbassäng (Oskarshamn) Södra hamnen (Helsingborg) Pilotprojekt Kolkajen (Stockholm), Pilotprojekt Grenlandsfjorden (Norge)
Övertäckning med kemiskt aktiva material	
<i>Mål med behandling</i>	Minska risk för förorenings spridning genom att förbättra sedimentets förmåga att binda föroreningar.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Kan minska spridning av främst organiska föroreningar. Kan utgöra ett funktionslager i en övertäckning för att öka täckningens förmåga att binda föroreningar och minimera läckage av föroreningar. Tillsättningen kan förändra sedimentets egenskaper vilket kan få en negativ påverkan på bottenfauna. Negativa effekter har observerats i Grenlandsfjorden där väldigt små partiklar av aktivt kol användes. Stora koldioxidutsläpp sker vid produktion av aktivt kol. Pilotprojekt pågår med biokol som ett alternativ till aktivt kol och som också kan öka sedimentets bindningskapacitet.
<i>Exempel på projekt</i>	Pilotprojekt med finkornigt aktivt kol i Grenlandsfjorden (Norge), en del av övertäckningen i Södra hamnen (Helsingborg), Pilotprojekt Kolkajen (Stockholm)
Övertäckning med olika funktionslager/isolationsövertäckning	
<i>Mål med behandling</i>	Minska förorenings spridning och samtidigt förhindra erosion och gynna biologisk återkolonisation. Motverkar att föroreningar förekommer i de ytliga sedimenten och finns tillgängliga för bottengrävande organismer. Täckningen kan utgöras av både passiva och aktiva lager. Ytliga skiktet utgörs ofta av ett biologiskt lager som liknar det naturliga sedimentet i området för att underlätta återkoloniseringen av bottenfaunan.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Kan kräva muddring innan åtgärden för att erhålla tillräckligt vattendjup.
<i>Exempel på projekt</i>	Södra hamnen (Helsingborg), Pilotprojekt Kolkajen (Stockholm), Onandaga lake (USA)
Övervakad naturlig självrening	
<i>Mål med behandling</i>	Minska risk för förorenings påverkan i områden där fysiska ingrepp är olämpliga.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Fungerar endast i områden där sedimentations hastigheten är tillräckligt hög och där sedimentande partiklar är rena. Metoden används oftast i djupare ackumulationsområden och i kombination med åtgärder i grundare områden samt åtgärder av tillförande källor. Därför behöver tillförande källor åtgärdas och/eller kontrolleras. Kan vara känslig för störningar. Metoden ställer krav på goda kunskaper om området och noggrann och långsiktig övervakning i ackumulationsområdet och av tillförande källor.
<i>Exempel på projekt</i>	Drammenselva (Norge), delar av Onandaga lake (USA), delar av åtgärdsområdet i Horten (Norge)
ÅTGÄRDER EX SITU	
Grävuddring (mekanisk muddring)	
<i>Mål med behandling</i>	Avlägsna förorenade sediment, öka vattendjupet.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Miljöskopa används ofta för förorenade sediment, gör att mycket vatten följer med, och fungerar ej på botten med större föremål. Muddermassor kan vid rätt förutsättningar användas lokalt för utfyllnad. Genererar muddermassor som behöver tas omhand. Olämpligt i känsliga miljöer. Risk för remobilisering av sedimentbundna miljögifter.
<i>Exempel på projekt</i>	Oskarshamns hamnbassäng (delar) (Oskarshamn), Horten (Norge), Trondheim (Norge)

Tabell 2. Fortsättning.

Sugmuddring (hydraulisk muddring)	
<i>Mål med behandling</i>	Avlägsna förorenade sediment, öka vattendjupet.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Metoden kan resultera i mindre grumling jämfört med grävuddring, men kan kräva större mudderverk som i sin tur orsakar grumling. Medför muddermassor med högre vattenhalt än från grävuddring. Genererar muddermassor som behöver avvattnas och tas omhand. Olämpligt i känsliga miljöer. Risk för remobilisering av sedimentbundna miljögifter.
<i>Exempel på projekt</i>	Håstaholmen (Hudiksvall)
Lågflödesmuddring	
<i>Mål med behandling</i>	Avlägsna förorenade eller näringsrika sediment.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Metoden genererar mindre grumling än gräv- respektive sugmuddring. Svårt att utföra om det förekommer hinder på botten. Teknikutveckling pågår. Risk för remobilisering av sedimentbundna miljögifter.
<i>Exempel på projekt</i>	Malmfjärden (Kalmar), Ala Lombolo (Kiruna)
Behandling av muddermassor	
Avvattning med geotuber	
<i>Mål med behandling</i>	Avvattning på plats för att minimera mängden vatten i muddermassorna.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Kräver relativt stor yta samt mjlighet att samla upp och rena lakvatten. Fungerar bra för att minimera mängden vatten i muddermassorna och mängden massor som behöver omhändertaras. Om muddermassorna fryser när de ligger i geotuberna kan avvattningen bli mer effektiv. Test måste genomföras innan för att optimera mängden av flockningsmedel som behöver tillsättas.
<i>Exempel på projekt</i>	Karlshäll (Luleå), Valdemarsviken (Valdemarsvik), Håstaholmen (Hudiksvall)
Avvattning i sedimentationsbassäng och filterpress	
<i>Mål med behandling</i>	Avvattna sediment för att underlätta transport och omhändertagande på deponi.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Relativt snabb och effektiv metod för avvattning. Resulterade i material med tillräcklig skjuvhållfasthet för att läggas på deponi. Kostnadskrävande att uppföra avvattningsanläggningen. Lakvatten behöver tas omhand och vid behov renas.
<i>Exempel på projekt</i>	Oskarshamns hamnbassäng (Oskarshamn)
Solidifiering och stabilisering	
<i>Mål med behandling</i>	Fastlägga föroreningar. Återanvända sediment som t.ex. utfyllnad. Använda massor lokalt och minimera mängden avfall.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Test ska genomföras för val av bindemedel och redovisa lakegenskaperna. Vilket bindemedel som används är avgörande för vilken klimatpåverkan metoden har. Det finns olika typer av stabilisering (t.ex. processtabilisering och masstabilisering).
<i>Exempel på projekt</i>	Arendal (Göteborg), Valdemarsviken (Valdemarsvik), Västerås hamn (Västerås)
Omhändertagande av muddermassor	
Lokal deponi	
<i>Mål med behandling</i>	Förvara massorna och minska risk för föroreningsspridning. Omhänderta massor lokalt.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Kräver stora ytor. Genom att anlägga deponin i nära anslutning minskar behov av transporter. Övervakning av lakvatten kan krävas under lång tid efter åtgärden.
<i>Exempel på projekt</i>	Oskarshamns hamnbassäng (Oskarshamn)
Strandkantsdeponi / invallning	
<i>Mål med behandling</i>	Förvara massorna och minska risk för föroreningsspridning. Omhänderta massor lokalt. Återanvända massor och generera nya markytor.
<i>Erfarenheter från studerade projekt</i>	Test behöver genomföras av stabilitet och hur invallning förhindrar utlakning av föroreningar.
<i>Exempel på projekt</i>	Valdemarsviken (Valdemarsvik), Trondheim (Norge), Horten (Norge)

Åtgärdsutredning

I en åtgärdsutredning identifieras tänkbara åtgärdsalternativ som sedan utvärderas utifrån teknisk genomförbarhet, intressen i området (exempelvis verksamheter och känsliga områden) och uppnådda resultat i förhållande till övergripande åtgärds mål. I exploateringsprojekt finns det inte samma krav på en åtgärdsutredning som i avhjälpande projekt, men olika metoder utvärderas ofta i flera olika steg inför själva ansökan och under projekteringen. Det kan ofta behövas en kombination av olika metoder, t.ex. för olika delar av ett förorenat sedimentområde. Som en del i åtgärderna bör det även ingå att övervaka och åtgärda eventuell pågående tillförsel av förorening.

Kunskapen om de plats specifika förutsättningarna är viktig i en åtgärdsutredning. Ny kunskap som tillkommer under projektets gång samt även avsaknad av kunskap kan ha stor påverkan i utvärderingen av åtgärder. Både i Valdemarsvik och i Oskarshamn lyfts det att mer kunskap om bottenförhållanden och muddringshinder hade behövts inför valet av åtgärds tekniker. I Karlshäll genomfördes kompletterande undersökningar för att få tillräcklig kunskap om muddringshinder på botten och därefter kunde hinder hanteras innan muddringsarbetena började. Det är dock svårt utifrån genomgången av olika projekt att dra slutsatser om vilken typ av undersökning som kan vara tillräcklig. En viktig slutsats kan vara att projekten måste ta höjd för att valda metoder ska kunna klara hinder alternativt att projektet har möjlighet att byta till en metod som klarar hinder om det visar sig nödvändigt. Pilotprojekt kan utgöra en viktig del av åtgärdsutredningen och även att ta del av försök som utförts i andra projekt.

I rapporten *Varför riskerar sedimentprojekt att stanna av?* kom det fram att både ansvarsutredningar och åtgärdsutredningar kan vara inaktuella vid tiden då själva åtgärdsfasen börjar. I Viskan togs huvudstudien fram 2011 och projektet är nu i åtgärdsförberedande fas. Sedan 2011 har det pågått en teknikutveckling kring övertäckning av förorenade sediment vilket troligen skulle ha påverkat både valet av metod och den kostnadsuppskattning som genomförts inom projektet, om åtgärdsutredningen hade genomförts idag. Det är viktigt med möjligheten till ett kontinuerligt arbete i stora och komplexa projekt där en arbetsgrupp kan gå tillbaka och omvärdera tidigare slutsatser när nya resultat tillkommer.

Projektgruppen konstaterar att det i flera av de undersökta projekten i Sverige saknas utvärdering av kombinationer av olika metoder. Flera åtgärdsutredningar fokuserar på att en metod ska fungera för hela åtgärdsområdet. Sediment består ofta av olika bottenområden med olika förutsättningar vilket motiverar valet av en kombination av olika åtgärds metoder. SGI framförde liknande kommentar i granskningen av riskvärderingen till projektet i Karlshäll. Det finns således utvecklingspotential för att i större utsträckning utreda olika typer av kombinationer av metoder än vad som gjorts hittills i projekten i Sverige.

Riskvärdering

Inför en avhjälpande åtgärd som är tillsynsdriven eller finansieras med statligt bidrag eller stöd behöver en riskvärdering göras som grund för det åtgärdsalternativ som väljs. Hänsyn ska då tas till övergripande åtgärds mål, förutsättningar på platsen, intressen, teknisk genomförbarhet, kostnader, risker samt påverkan på miljö och hälsa under och efter åtgärden. Vid mindre åtgärder kan riskvärderingen vara enkel att genomföra medan större projekt ofta medför mer komplicerade avvägningar. Från de studerade projekten framgår att riskvärdering liksom åtgärdsutredning ofta behöver uppdateras eller förnyas under processens gång när mer kunskap har tillkommit beroende på att utredningar och genomförande av ett åtgärdsprojekt tar lång tid.

Efter att vägledningen *Att välja efterbehandlingsåtgärd* (Naturvårdsverket, 2009) togs fram 2009 har fokus på att väga in resursförbrukning och klimatpåverkan ökat. Regeringen har beslutat att Sverige ska vara fossilfritt och klimatneutralt senast år 2045 vilket ställer krav på kartläggning och minskning av klimatpåverkan från olika branscher. Det finns således ett behov av att minska

miljö- och klimatpåverkan vid hantering av förorenade sediment genom att t.ex. välja material, arbetsfordon/maskiner och behandlingsalternativ med låg klimatpåverkan. Planeringsarbete, som sker tidigt i bygg- eller anläggningsprojekt, kan spela en viktig roll i omställningen till en mer resurseffektiv och klimatsmart hantering av förorenade sediment.

Upphandling

Vid upphandling av entreprenader är det viktigt att skapa goda förutsättningar för anbudsgivande leverantörer genom att beskriva behov och krav tydligt. På så sätt kan leverantörer välja metoder och arbetssätt för att på bästa sätt uppfylla beställarens önskemål och samtidigt erbjuda ett konkurrenskraftigt pris för genomförandet.

Genomgången av projekten visar att noggranna underlag om förhållandena i området som ska åtgärdas är av betydelse för att underlätta upphandling och minska risken för avbrott i arbetet. Förutom tidsfördröjning kan överraskande mängder av föroreningar eller hinder på botten leda till ökade kostnader och tvister mellan entreprenör och beställare.

Från projekten i Oskarshamn och Karlshäll anges det som en viktig erfarenhet att tydliga funktionskrav bör ställas i upphandling och att frihet ska ges till att välja teknik för att uppnå den önskade funktionen. Om en specifik metod upphandlas kan det vara svårt att fortsätta genomförandet med samma leverantör om metoden måste bytas mitt under genomförandet. I Oskarshamn behövde förändringar göras efter att det visade sig att den planerade sugmuddringen med skruv inte fungerade på hela åtgärdsområdet till följd av påträffade stenar och block. Fartyget som sedan användes under muddringen visade sig orsaka uppgrumling av sediment då fartyget var för djupgående för det relativt grunda åtgärdsområdet. Projektet övergick därför till gräv- muddring och kompletterade med övertäckning av områden där det var svårt att komma åt de förorenade sedimenten mellan stenar och block.

I projektet Valdemarsviken lämnades det öppet för entreprenören att välja muddringsmetod så länge uppställda krav uppfylldes. Det visade sig vara lägligt eftersom metoden behövde ändras från den planerade sugmuddringen till gräv- muddring med miljökopa till följd av kvarvarande muddringshinder.

Vid mindre projekt eller där huvudmannen redan har ramavtal med företag inom relevanta kompetensområden kan flera mindre upphandlingar vara ett väl fungerande upplägg. Ett exempel på det är åtgärderna av dioxinförorenade sediment vid Håstaholmen i Hudiksvall där kommunen valde att genomföra flera mindre upphandlingar inom deras befintliga ramavtal. På det sättet kunde aktörer med lokal kännedom och stor flexibilitet anlitas.

För att styra projekten till att utföras effektivt samtidigt som önskade åtgärds mål uppnås har det i några av de studerade projekten formulerats särskilda incitament i upphandlingen. För åtgärderna vid Håstaholmen gavs i kontraktet incitament att muddra enligt framtagna plan genom att entreprenören fick mindre betalt om de muddrat för lite men också om de muddrat för mycket. I projektet i Trondheim ingick en skrivelse i kontraktet med entreprenören om en bonus till entreprenörerna om de föreslog och utvecklade metoder eller arbetssätt som sparade tid och pengar för projektet.

Formuleringen av mätbara åtgärds mål i tillstånd till projekten kan styra hur åtgärds kraven beskrivs i upphandlingen. Vid åtgärds mål som avser halter i ytsediment behöver det beaktas hur dessa kan nås med hänsyn till den återkontaminering som kan förekomma. I Oskarshamn upptäcktes ett tunt fluffigt lager med förorenat sediment på botten efter utförda åtgärder vilket innebar att kompletterande sugmuddring och övertäckning behövde utföras för att de uppställda kraven för halter i ytsedimenten skulle uppfyllas.

Åtgärdens genomförande

Ett sedimentprojekt är ofta stort och resurskrävande och i många områden kan det finnas flera arbeten som behöver genomföras utöver åtgärden av förorenade sediment. I flera av de undersökta projekten var en föroreningsåtgärd kombinerad med bland annat fördjupning av farled, stabilisering av strandkant och utbyggnad av hamnytor. Att koordinera olika åtgärdsarbeten och samarbeta inom och mellan myndigheter för att få en helhetssyn på åtgärdsarbeten är därför viktigt. I projektet i Horten passade man på att genomföra flera åtgärder för att utnyttja resurserna som skulle finnas på plats. Detta resulterade i att flera synergieffekter uppstod och åtgärder prioriterades inom området. I Oskarshamn fanns initialt planer på att lägga muddermassorna i en så kallad strandkantsdeponi för att i en senare etapp utöka hamnområdet på den skapade ytan, till slut valdes i projektet ändå en lösning med deponi på land.

Muddermassor innehåller stora mängder vatten och genom att avvattna sedimenten innan borttransport kan mängden massor reduceras markant, varvid även transportbehov och koldioxidutsläpp minskar. I Oskarshamn anlades en deponi nära hamnen för att kunna omhänderta muddermassorna relativt lokalt och slippa långa transporter. Sedimenten avvattades i hamnen innan transport till deponin för att reducera mängden vatten och antal transporter.

Under genomförande av åtgärden är det viktigt att ha i åtanke att förutsättningarna på platsen kan ha ändrats om undersökningarna som utgör underlaget genomfördes för många år sedan. Ett exempel på detta är från åtgärdsprojektet i Klippan där de hade planerat att sponta in åtgärdsområdet i ån. Men eftersom det blev en extra torr sommar just det året kunde de leda förbi vattnet och torrlägga ån istället för att installera en spont runt muddringsområdet. I och med att projektledningen kunde göra snabba förändringar blev projektet enklare än först planerat. Ett annat exempel är projektet i Viskan där huvudstudien genomfördes 2011 och projektet nu är i åtgärdsförberedande fas. Efter att huvudstudien och sedimentundersökningarna genomfördes har det varit bland annat höga flöden vilket kan ha påverkat föroreningssituationen jämfört med vad tidigare undersökningar visade.

Oförutsedda händelser kan ske under genomförandet av ett sedimentprojekt. En erfarenhet från genomförda projekt är att ställa höga krav på kommunikation både med entreprenör, inom den interna organisationen samt med kravställande myndigheter. Från projektet i Oskarshamn lyftes att det var viktigt att ha rätt kompetens inom projektgruppen för att kunna fatta snabba beslut. I Horten upplevdes att regelbunden kontakt med olika myndigheter gjorde att alla aktörer fick ett förtroende för varandra vilket underlättade arbetet med att hitta lösningar när olika problem uppstod. I samma projekt lyftes även vikten av att projektledare och projektör var på plats och följde upp genomförandet. I Trondheim utnyttjade de entreprenörens kompetens för att hitta och testa olika lösningar. I projektet lyftes också att det var viktigt att inte detaljstyra entreprenören.

Skyddsåtgärder

Skyddsåtgärder ska vidtas vid alla typer av arbeten och beskrivs vanligen i projektets miljökonsekvensbeskrivning eller framgår av anmälan eller tillståndsansökan.

Många åtgärdsmetoder eller arbetsmoment för sediment är så kallade grumlande verksamheter och kan grumla upp stora mängder sedimentpartiklar som riskerar spridas ut i det kringliggande vattenområdet. Innan åtgärder vidtas är det därför viktigt att undersöka bottenvegetation, bottenfauna och andra biologiska faktorer i och omkring det tänka arbetsområdet för att se vad som är viktigt att skydda. Vid planeringen ska projektet välja att använda arbetsmetoder som ger så liten påverkan som möjligt och tillämpa skyddsåtgärder för att minska eventuell påverkan. Genomförandet av arbetena kan också planeras till tidsperioder då känsliga växt- och djurarter i området inte påverkas.

Siltgardiner används ofta för att förhindra spridning av uppslammade partiklar, antingen runt arbetsområdet eller runt något som ska skyddas, såsom ett grundområde eller vattenintag. Det kan vara komplicerat att installera siltgardiner i områden med stort vattendjup, starka vattenströmmar eller fartygstrafik. Ett sätt att hantera passerande fartyg är att installera en så kallad bubbelridå kring delar av arbetsområdet där båtar lättare kan ta sig igenom, som gjordes t.ex. i Södra Hamnen där de använde en kombination av siltgardin och bubbelridåer. I projektet i Horten ställdes krav på att installera siltgardin runt dumpningsområdet. Projektet valde dock att dumpa massorna genom ett långt rör ner till botten istället för att släppa muddermassorna från vattenytan. Användningen av röret gjorde att man kunde placera ut muddermassorna med högre precision och grumlingen bedömdes bli betydligt mindre. I samma projekt installerades siltgardiner i strömriktningen kring ett område med sjögräs för att minska påverkan av uppslammade sedimentpartiklar på sjögräsängen som är beroende av solljus.

I Oskarshamn kunde inte siltgardin användas på grund av den pågående fartygstrafiken in och ut ur hamnområdet. För att minimera grumlingen valdes sugmuddring som åtgärdsteknik. Men tekniken visade sig orsaka omfattande grumling på grund av att muddringsfartyget som användes var stort och djupgående och projektet övergick därför till grävuddring från mindre fartyg. I Valdermarsviken installerades en siltgardin först intill mudderverket då projektören kommit fram till att det skulle minska det av grumling påverkade området och på så vis minska spridningen som passerande fartyg bidrog till, men detta försvårade arbetena varför siltgardinen sedan flyttades längre ut från mudderverket. Även i Ala Lombolo installerades siltgardinen runt muddringsfarkosten innan den flyttades, då siltgardinen fastnade i farkosten och påverkade muddringen.

Flera växt- och djurarter är känsliga för grumling och även lekplatser där fiskyngel och känsliga livsstadier finns behöver skyddas. Ålgräsängar tillhör den typen av vegetation som är viktig att skydda mot grumling. I två olika projekt i Västerås kommun (Västerås hamn och Björnöbron) hittades olika sötvattensmusslor inom eller mycket nära arbetsområdet. Några av de påträffade arterna var rödlistade. Innan arbetena i vatten kunde starta samlades musslorna in och flyttades tillfälligt för att minska påverkan på musselpopulationen under vattenarbetena (Västerås stad 2017, Västerås Tidning 2019). Inför arbeten vid hamnanläggningen i Göteborgs hamn skulle en del av vattenområdet fyllas ut och bli en ny hamnyta. När utfyllnadsområdet hade stängts av hittades flera individer av den starkt hotade ålen än först antagits, varför en del av arbetet blev att säkerställa förflyttning av ålen.

Miljökontroll under och efter åtgärd

Under och efter åtgärdens genomförande ska miljökontroll utföras i verksamhetsutövarens egenkontroll som en del i arbetet för att upptäcka och förhindra miljöskador. De studerade projekten visar att miljökontrollen ofta utformas för att kontrollera att villkor i tillstånd följs och att de skyddsåtgärder som vidtas fungerar som de ska. Utformningen av miljökontrollen styrs även av hur de mätbara åtgärdsmålen formulerats för projektet.

Punktlistan visar exempel på kontroller som utfördes i de studerade projekten under åtgärdernas genomförande (SGU 2022):

- Övervakning av partikelspridning vid muddring genom stickprov och analys av suspenderat material och/eller mätning av turbiditet (manuella tillfälliga mätningar eller automatisk löpande mätning), eller med sedimentfällor.
- Mätning av föroreningshalter i närliggande vattenområde genom kemisk analys av ytvatten, passiva provtagare eller musslor.
- Kontroll av suspenderat material och/eller halter av föroreningar i returvatten från avvattning av muddermassor.

- Mätning av partikel- och/eller föroreningshalt i lakvatten från deponi för muddermassor och/eller i grundvatten vid deponi.
- Mätning av föroreningshalter i kvarvarande sediment (analys på laboratorium eller kontroll i fält med XRF) eller i återsedimenterat material.
- Okulär inspektion av skyddsåtgärder som t.ex. siltgardiner.

Från exemplen framgår att biologiska övervakningsmetoder sällan användes under åtgärdens genomförande i de studerade projekten. Ett undantag är övervakning av halter i musslor som använts i några av projekten, vilket uppges ha fungerat väl. I Valdemarsviken kunde de se att halterna av krom ökade i musslor under åtgärden men att de efter åtgärden minskade till i nivå med eller lägre än före åtgärden. Även vid åtgärderna i Södra hamnen i Helsingborg mättes föroreningshalter i musslor vilket indikerade minskat upptag av föroreningar efter att åtgärden avslutats.

Grundläggande vid framtagande av kontrollprogram är att känna till de naturliga förutsättningarna i området. För detta krävs referensmätningar innan åtgärden, helst under olika årstider för att fånga upp eventuella naturliga fluktuationer. I kontrollprogrammet behöver det framgå vad som ska ske i de fall villkor eller gränsvärden överträds samt hur detta ska följas upp. Från de studerade projekten framgår också att det behöver finnas möjlighet att justera kontrollen under projektets gång i fall ändringar görs av åtgärdsmetod eller skyddsåtgärder, eller om det visar sig att arbetena orsakar större eller mindre påverkan än beräknat.

Miljökontrollen av åtgärden kan påverkas av sidomoment, som ibland inte förutsetts innan arbetet. Om andra grumlande aktiviteter pågår blir det t.ex. viktigt att känna till och kunna skilja på de olika källorna till partiklarna. Detta noterades exempelvis vid åtgärderna av bottnar i Södra hamnen i Helsingborg, där finkornigt material som lades ut för att stötta närliggande kajkonstruktioner, även spreds ut över de ytor som täckts av det grövre täckmaterialet. I det fallet bedömdes det inte medföra några negativa effekter.

Ett specialfall när det gäller behov av kontroller är när övervakad naturlig självrening (ÖNS) eller förstärkt ÖNS används som åtgärdsmetod. Framför allt har metoderna använts i USA, se till exempel US EPA (US EPA, Clu-In 2021). Noggrann kontroll av att spridning inte sker krävs i de fallen över lång tid. Eftersom översedimentation med renare material vanligen är den huvudsakliga processen vid självrening behöver det finnas förutsättningar för ackumulation i området och att tillkommande material är oförorenat. Vikten av att ha kontroll på tillförsel från omgivande källor lyfts i en utvärdering av utförda sedimentåtgärdsprojekt i USA (ASTSWMO 2013). En typ av mätning som har rekommenderats för att kunna avgöra hur lång tid en återhämtning till lägre föroreningsnivåer kan ta är studier av föroreningsprofiler i sedimentkärnor (US EPA 2008).

Kontroller som utförs efter en åtgärd syftar oftast till att ta reda på om åtgärden är färdigställd och om åtgärdsmålen uppfyllts, i och kring åtgärdsområdet och vid platsen där eventuellt muddrat material deponerats. Framför allt brukar efterkontrollen vara inriktad mot att undersöka *mätbara åtgärds mål* samt åtgärdskrav som tagits fram för att avgöra om entreprenören utfört sitt uppdrag. Möjligheten att följa upp *övergripande åtgärds mål* kan vara svårare och beror på hur dessa har formulerats och om de har kopplats till de mätbara åtgärds målen.

I exempelvis Oskarshamn och Håstaholmen har efterkontrollen på kort sikt inkluderat mätningar av föroreningshalter i kvarlämnade sediment. Sådana mätningar kan behöva upprepas för att se att inte återkontaminering sker från uppgrumlat material eller från omgivande bottnar.

Om det har lagts ut en övertäckning kan kontroll krävas av täckningens tjocklek, vilket exempelvis planeras i Karlshäll i Luleå (SGU 2022). Finns det risk för gasbildning behöver det särskilt kontrolleras att övertäckningen hålls intakt och att inte föroreningar läcker ut via kanaler bildade

av gasbubblor. Ett pågående forskningsprojekt som genomförs av SGI (CoGas) ska undersöka olika övertäckningsmetoder för gasrika sediment och även studera spridning av föroreningar genom gasavgång i redan genomförd övertäckning utanför Tollare (Nacka kommun).

Efterkontroll på lång sikt utförs ibland i större projekt, framför allt av deponier där det krävs en långsiktig övervakning. I Karlshäll föreslås till exempel kommunen ha ansvar för underhåll, övervakning och kontroll av deponin på land i minst 30 år sedan den har sluttäckts. I vattenområdet tycks det variera hur lång tid efter avslutad åtgärd som kontrollerande mätningar görs. Det kan vara svårt att hitta uppgifter om hur lång tid efterkontroll faktiskt pågått i ett avslutat projekt eftersom det inte alltid publiceras någon rapport från uppföljningen. För de stora åtgärderna som utförts i Valdemarsviken och Oskarshamns hamn är efterkontroll planerad under tre år. Båda projekten har som åtgärds mål att spridning av föroreningar till utanförliggande recipient ska minska med 90 procent. I Valdemarsviken utförs mätning av fallande sediment och metallhalter i ytvatten, blåmussla, östersjömussla och fisk, samt undersökning av mundelsskador på fjädermygglarver och av påverkan på djur genom elfiske, bottenfaunaundersökning och inventering av fåglar. I Oskarshamn kommer bland annat provtagning utföras av ytvatten, musslor och fallande partiklar.

Eftersom åtgärder av sediment oftast är mycket kostsamma finns det ett stort värde i att utvärdera om en åtgärd har haft önskad effekt. Behovet av mer standardiserade indikatorer för att kunna följa upp åtgärder av förorenade sediment har lyfts inom miljömålsrådsåtgärden ”Förorenade sediment – samverkan för kunskap och prioritering av åtgärder” och en sammanställning har gjorts inom det föreliggande delprojektet av hur olika åtgärdsprojekt har följts upp. Efter en genomgång av hur tolv svenska åtgärdsprojekt använt sig av uppföljande mätningar kan det konstateras att det ofta utförs noggranna undersökningar av många olika parametrar inför åtgärderna. Men vanligen är det endast ett fåtal parametrar som följts upp efter att åtgärden har avslutats.

I sammanställningen jämfördes även riktlinjer kring uppföljning av sedimentprojekt i Sverige med de som ges i Norge, Storbritannien, USA och Kanada. Från det material som kunde hittas framkom att riktlinjerna på många sätt liknar varandra. Men övervakning av biologiska parametrar tycks i högre grad rekommenderas i Norge, USA och Kanada jämfört med i Sverige. I dessa länder ges det även tydligare riktlinjer om att en långsiktig uppföljning av åtgärden ska utföras. I USA och Kanada poängteras till exempel vikten av att följa upp de parametrar som faktiskt upptäcks vara påverkade innan åtgärden för att få en bred bild av åtgärdens effekt. En anledning till de relativt korta uppföljningstiderna i svenska projekt härleds till att en slutrapport ofta ska levereras direkt efter att åtgärden har avslutats och att det därefter kan vara svårt att finansiera uppföljande kontroller över en längre tid. I vissa fall kan längre uppföljningar utföras inom ramen för forskningsprojekt som ligger utanför själva åtgärdsprojektet.

Kostnader

Flera handläggare på länsstyrelserna uppger att kostnaderna, som kan vara stora och svåra att uppskatta i förväg, är en av flera anledningar till att det tar lång tid att få till stånd åtgärder (Jansson m.fl. 2021). Ju högre åtgärds kostnaderna är desto bättre motivering krävs avseende vilka risker som kan uppstå om ingen åtgärd utförs. Det blir även svårare att få med sig delansvariga för utredning och åtgärd. Det kan vara svårt att beskriva i monetära termer de långsiktiga och viktiga vinster som erhålls av att åtgärda ett förorenat område för att minska riskerna för människor, djur och växter som finns och vistas i området.

I stora och komplexa projekt behövs ofta djupgående utredningar av olika tekniska och miljömässiga förhållanden för att kunna bedöma risker och behov av åtgärder. Kunskap om områdets förutsättningar krävs även för att beräkna kostnaderna för åtgärderna. I Oskarshamn och

Valdemarsviken har oväntade hinder på botten orsakat förseningar och fördröjningar av projekten. Vid Håstaholmen upptäcktes en större utbredning av föroreningar än vad som var känt innan projektet startade vilket också ledde till ökade kostnader.

För åtgärderna i Karlshäll, som inbegriper muddring och omhändertagande av massor på deponi, har utredning och åtgärdsförberedelser kostat 19,5 miljoner kronor och pågått sedan år 2010. Muddringsåtgärden beräknas kosta cirka 150 miljoner kronor och driften i 30 år av deponin beräknas kosta 4 miljoner kronor. En liknande fördelning av kostnader förväntas för åtgärderna i Viskan, där förberedelserna beräknas kosta cirka 20 miljoner kronor och åtgärderna mellan 150 till 550 miljoner kronor. Vid intervjun i projektet i Karlshäll lyftes vikten av att även budgetera för utredningar som berör annat än föroreningarna, såsom av natur- och kulturvärden, samt för projektledning. Projektledningen är särskilt viktig för projekt som drar ut på tiden och nya deltagare behöver introduceras.

I de norska projekten där intervjuer genomfördes har en kostnadsnyttoanalys utförts för att kunna utvärdera olika metoder och förslag. Analysen används genom hela projekten och bidrar till att kostnaderna kan hållas inom uppsatt budget och samtidigt uppnå de uppsatta målen. Den totala åtgärdskostnaden för åtgärderna i Trondheim uppgick till 204 miljoner norska kronor och i Horten till 120 miljoner norska kronor.

Arbetsgruppen inom RUFSS-projektet konstaterar att kostnaderna redan från början kan vara ett hinder för sedimentåtgärder. Länsstyrelserna beskriver att en svårighet är att få ansvariga verksamhetsutövare att påbörja ens de första undersökningarna p.g.a. just stora kostnader och osäkerhet om kostnader längre fram i projektet.

UTVECKLINGSBEHOV FÖR ARBETET MED FÖRORENADE SEDIMENT

Den erfarenhets- och kunskapsinhämtning som genomförts inom föreliggande projekt visar på ett behov av att utveckla arbetet med förorenade sediment. Följande områden har identifierats som de viktigaste:

- Samverkan och kompetensförsörjning
- Vägledning
- Åtgärdsutredning inklusive pilotförsök
- Resurser och kompetens under genomförandet
- Tillgängliga data och uppföljning av projekt

Utvecklingsbehoven kommer att beaktas när de samverkande myndigheterna planerar det fortsatta arbetet med förorenade sediment. Nedan beskrivs respektive område närmare.

I föreliggande rapport har erfarenheter främst samlats in från handläggare på länsstyrelser och projektledare. Även andra aktörer, som entreprenörer, konsulter, kommunala tjänstemän och representanter vid mark- och miljödomstolar, kan besitta värdefull kunskap om åtgärder av sediment som bör samlas in och förmedlas.

Samverkan och kompetensförsörjning

I flera intervjuer har det lyfts en önskan om ett ökat samarbete mellan olika aktörer, dels internt på länsstyrelserna, men även mellan andra aktörer som medverkar i projekten efterfrågas en ökad samverkan.

De olika enheter på en länsstyrelse som arbetar med vattenförvaltning, förorenade områden, tillsyn och vattenverksamhet behöver samarbeta för att en länsstyrelse som organisation ska ha en

helhetssyn på området, och därigenom kunna påverka åtgärden/åtgärderna som planeras eller driva på för att undersökningar och åtgärder initieras. Genom att dra nytta av olika enheters resultat och erfarenheter kan prioriteringar av vilka områden som behöver undersökas och åtgärdas göras med en bred kunskap.

Även samverkan över länsgränserna har lyfts som avgörande för att kunna likrikta krav på verksamhetsutövare som bedriver verksamheter i flera län och för att arbeta samordnat inom avrinningsområden. Denna samverkan pågår redan och kan fortsättningsvis utvecklas ytterligare. En ökad samverkan skulle kunna leda till genomförandet av riktade kampanjer avseende ett visst avrinningsområde och/eller bransch. Därigenom skulle det kunna bli lättare att få till stånd samlade åtgärder och involvera flera aktörer inom ett geografiskt eller tekniskt avgränsat område.

Mycket utredningsarbete av påverkanskällor genomförs av vattenmyndigheterna i Sverige, vilket genererar kunskap som kan bidra till arbetet med avhjälpandeåtgärder. Det är därför viktigt med en tydligare samverkan och dialog mellan särskilt vattenmyndigheterna, HaV och länsstyrelser för att tillvarata och dela kunskap om föroreningsituationen i ett avrinningsområde.

I områden med flera verksamheter och påverkanskällor kan det finnas både miljömässiga och ekonomiska vinster i att ta ett helhetsgrepp över ett större område. Ett tydligt exempel är att genomföra åtgärder av flera källor (pågående och historiska) i området för att minska risken för återkontaminering. Det kan också handla om hur genererade muddermassor kan återanvändas lokalt, vilket ställer krav på samordning och koordination. Separata åtgärder å andra sidan leder till ”frimärkessaneringar”, där endast mindre delar av ett större förorenat område åtgärdas och den slutliga kostnaden för åtgärderna riskerar då att bli högre än om ett helhetsgrepp tagits från början. Det kan upplevas försvårande för olika aktörer att samverka eftersom det till exempel påverkar den egna tidsplaneringen, men med en tidig dialog mellan parterna samt engagemang hos inblandade myndigheter, så ökar chanserna för lyckade samordnade projekt. Genom att kommunicera de vinster som åtgärderna medför och skapa en positiv bild av projektet kan intresset öka hos olika aktörer att delta. Fördelar för ansvariga verksamhetsutövare kan till exempel vara att det blir billigare om åtgärder utförs innan föroreningen spridits till ett större område och om resurser samordnas inom ett större område för ett helhetsgrepp. För en kommun leder åtgärder med ett helhetsgrepp till attraktivare områden för boende, rekreation etc.

En nära dialog mellan projektorganisation och myndigheter har lyfts som en grund till lyckade projekt och ger förutsättningar att komma överens om åtgärds mål och metoder/arbetsätt för att reducera identifierade miljö- och hälsorisker till acceptabla nivåer. Även tekniskt stöd från expertmyndigheter till tillsynsmyndigheter har varit uppskattat, exempelvis från SGI. Önskvärt vore att expertstödet som för närvarande samordnas av SGI kan fortsätta med en långsiktig finansiering. Kompetens gällande åtgärds metoder hos utredande konsulter kan kompletteras med god kommunikation med entreprenörer för ökad kunskap om åtgärds metodernas genomförbarhet, vilket skulle öka möjligheterna att ta fram fler realistiska åtgärds förslag samt beskriva deras miljöpåverkan. Det behöver finnas kompetens på tillsynsmyndigheter och/eller tillgängligt stöd så att tillsynsmyndigheter kan ställa nödvändiga krav på verksamhetsutövare inför och under genomförandet. Det är också viktigt att miljökraven tydligt framgår i de tekniska beskrivningarna och inkluderas i förfrågningsunderlaget till entreprenören och att tillsynsmyndigheten säkerställer att projektet följer upp att kraven efterlevs vid genomförandet.

Olika typer av utbildningsinsatser har efterfrågats vid intervjuerna, framför allt om åtgärds metoder och komplexiteten med många föroreningar (olika egenskaper och spridningsrisker). Efter genomgången av projekt är uppfattningen att antalet konsulter med kunskap om åtgärds metoder för sediment fortfarande är begränsat i Sverige. Det finns därför ett behov av aktiviteter för att höja kunskapsnivån hos både huvudmän, konsulter och tillsynsmyndigheter. Aktiviteterna skulle kunna samlas inom ett mångårigt kunskapsprogram så som ”Hållbar sanering” (Natur-

vårdsverket 2009), där arbetsgruppen också ser ett behov av upprepade aktiviteter för att ständigt inkludera nya projekt och metoder.

Samverkan och utbyte av erfarenheter med andra länder är en möjlighet till ökad kunskap i Sverige. I projektgruppens internationella genomgång har till exempel flera projekt i Norge visat sig innehålla intressanta lösningar för att flera aktörer ska genomföra samordnade projekt. Erfarenhetsutbytet internationellt kan underlättas om svenska rapporter och vägledningsmaterial publiceras även på engelska.

Vägledningar

Behov av att ta fram olika vägledningar för att underlätta arbetet med förorenade sediment har lyfts i genomförda intervjuer (Jansson et al 2021 och SGU 2022):

- Vägledning om ansvarsutredning, t.ex. avseende källspårning, delansvar samt rimlighets- och skälighetsavvägningar
- Vägledning om belastning på ett vattenområde
- Vägledning om undersökningsmetoder avseende utbredning av föroreningar och biologisk påverkan
 - Mer utförliga beskrivningar av rekommenderade metoder för att undersöka utbredning av föroreningar i sediment.
 - I flertalet större projekt utförs biologiska effektstudier inför bedömning av risker och behov av åtgärder. Det är däremot mer sällsynt att mätningar avseende biologiska effekter utförs vid efterföljande miljökontroll. Detta kan förbättras med en mer utvecklad vägledning om biologiska metoder och hur dessas resultat används samt kopplas till åtgärds mål.
- Vägledning om riskbedömning av förorenade sediment och spridning av föroreningar från sediment
 - Verktyg för bedömning med hänsyn till ekologisk och kemisk status, miljö kvalitetsnormer, icke-försämringskravet och kumulativ påverkan.
 - Fler effektbaserade riktvärden för enkla bedömningar av förorenade områden.
- Vägledning om lämplig hantering av förorenade sediment.
 - Särskilt avseende åtgärds metoder andra än muddring och deponering inklusive vilka metoder (övertäckning, övervakning etc) som är acceptabla under vilka förhållanden
- Vägledning om skyddsåtgärder (vid saneringar, exploateringsärenden och underhållsmuddring) samt om utformning av kontrollprogram kopplat till enskilda projekt eller långsiktig uppföljning
- Förbättrad vägledning om riskvärdering avseende frågor som är specifika för förorenade sedimentområden, exempelvis kring hur teknisk genomförbarhet, hållbarhet och påverkan under åtgärdsfasen kan vägas in.
- Vägledning om verktyg för att bedöma hållbarhet och jämföra kostnader och vinster av en åtgärd.
 - Koldioxidbudget och livscykelanalys är verktyg som redan används inom många branscher och vars användning borde öka inom sedimentsanering. En utmaning är att metoderna för att beräkna koldioxidbudget och att genomföra livscykelanalys behöver utvecklas för sediment.
 - Resurser från sediment i cirkulära ekonomiska system att beakta skulle t.ex. kunna vara fosfor i övergödda sjöar, organiskt material i fiberbanker och återanvändandet av muddermassor i anläggningssyfte. Här bedöms erfarenhet delvis kunna hämtas från tidigare genomförda projekt samtidigt som nya behöver genomföras för att skapa kunskap för framtida utveckling.

Både länsstyrelserepresentanter och projektdeltagare anger att utveckling av bedömningsgrunder med fler typer av riktvärden för sediment, samt vägledning för hur riskbedömningen genomförs, skulle bidra till att effektivisera arbetet med att utreda och åtgärda prioriterade områden med förorenade sediment. Tydligare bedömningsgrunder skulle göra det lättare att formulera åtgärds-mål, komma överens mellan projektägare och tillsynsmyndighet samt underlätta vid prioritering av projekt avseende åtgärder. Generella riktvärden för flera ämnen skulle underlätta prioritering och genomförande av framför allt mindre (och avskiljda) projekt där det saknas resurser för att utföra undersökningar av platsspecifika risker.

Från andra länder kan erfarenheter och kunskap hämtas gällande hantering av sediment och utformning av vägledning. Enligt den jordstrategi som tagits fram inom EU kommer kommissionen att verka för en bättre koordinering av policyer som gäller vatten och jord, och främja en harmonisering av riskbedömningsmetodik mellan länderna. Naturvårdsverket skulle till exempel kunna undersöka hur andra EU-länder har gjort för att utreda och utkräva ansvar i större avrinningsområden för att bredda kunskapen om olika tillvägagångssätt.

Hållbarhet

I arbetet med att ta fram vägledningar är hållbarhet en viktig aspekt att lyfta. Hållbarhet är ett brett begrepp som kan sägas omfatta allt ifrån projektens interna arbetsätt med ”gröna” upphandlingar och kravspecifikationer på entreprenader, till valet av långsiktigt hållbar åtgärd och återställning. I vissa fall kan till och med typen av förorening vara en parameter att ta hänsyn till, då den i sig hotar värden vars hållbarhet är högt prioriterade. Föroreningar har pekats ut som ett av hoten mot biologisk mångfald och hållbart nyttjande av våra naturresurser (Naturvårdsverket 2020). Då sediment bland annat är en viktig komponent för att upprätthålla ekosystemtjänster i vattenmiljön måste påverkan från förorenade sediment minskas.

I linje med de globala hållbarhetsmålen behöver flera olika miljöaspekter beaktas i åtgärdsprojekt. Genom att anta ett vidare perspektiv vid påverkansbedömning och val av åtgärds-mål jämfört med idag bör åtgärder och återställningsarbeten för att möta de globala hållbarhetsmålen kunna väljas i än högre grad. Om fiskbeståndet i en vattenförekomst är påverkat av föroreningar, vandringshinder och övergödning, vore det exempelvis fördelaktigt om åtgärder för dessa olika påverkanskällor kunde samordnas. Enskilda åtgärder kan också utformas för att uppfylla flera syften, till exempel både motverka erosion och översvämning, mildra klimatpåverkan och gynna biologisk mångfald.

Sediment binder stora mängder kol och en muddring resulterar i att detta kol kan frigöras som koldioxid efter oxidation, detta skulle ske till exempel på områden med höga halter tillfört organiskt material som fiberbanker. Nedbrytningen av fibermaterialet orsakar även utsläpp av klimatpåverkande metangas så länge de lämnas utan åtgärd. För fiberbankar kan det behöva utredas om sedimenten kan åtgärdas både avseende förorening och gasavgång, där det är viktigt att även fiberbankar med lägre föroreningshalt ändå beaktas i utredningen.

I syfte att skapa bättre förutsättningar för ett helhetsgrepp när det gäller hållbarhet föreslås också att behov av efterbehandlingsåtgärder för förorenade sediment i större utsträckning samordnas med åtgärdsbehov inom vattenförvaltningen. Detta kräver en bra översikt av bidragande påverkanskällor och kunskaper om föroreningssituationen i vattenförekomsten, vilket då är något som behöver prioriteras. Hur de övergripande åtgärds-målen ska formuleras för att åtgärden ska förbättra förutsättningarna att nå gällande miljö kvalitetsnormer och vara en motivering till att genomföra en hållbar avhjälpande åtgärd behöver utredas.

Åtgärdsutredning inklusive pilotförsök

Utifrån de studerade objekten framgår att olika metoder ofta utreds var för sig i de enskilda objekten, trots att kombinerade lösningar ofta visar sig vara nödvändiga när åtgärderna till slut genomförs. Tillsynsmyndigheten bör därför i högre grad ställa krav på att kombinationer av åtgärdsmetoder utreds i åtgärdsutredningen. Exempelvis kan en lösning med övertäckning av svåråtkomliga sediment komplettera en sanering som annars i huvudsak bygger på muddring.

Tekniken för övertäckning har utvecklats mycket och det finns idag lösningar som är betydligt mer kostnadseffektiva jämfört med tidigare. Om förutsättningar för ackumulation av rena sediment föreligger, kan också övervakad naturlig självrening nyttjas i större utsträckning i avgränsade och mindre förorenade delområden. Totalt sett skulle större områden med förorenade sediment kunna åtgärdas på det här sättet jämfört med vad som sker idag. Metoder som övertäckning och övervakad naturlig självrening kräver dock uppföljning över långa tidsperioder och en långsiktig ekonomi och organisation, här finns ett behov av att utreda hur en sådan organisation kan skapas.

Kunskap kan tillkomma under projektets gång, exempelvis efter att pilotprojekt har utförts, varför det är viktigt med ett iterativt arbetssätt. Att under riskvärderingen vid huvudstudien alltför fast rikta in sig på en åtgärdsmetod kan innebära att den grundar sig på ett begränsat underlag. I högre grad bör flera olika åtgärdsmetoder utredas i det åtgärdsförberedande skedet varefter en uppdaterad riskvärdering utförs för val av metod eller metoder. Som komplement till riskvärderingen är det enligt flera norska projekt värdeskapande att använda sig av kostnadsnyttoanalyser i flera steg genom projektets olika steg från utredning till själva genomförandet av åtgärden.

Det har visast sig att det kan finnas osäkerheter i hur olika metoder fungerar vilket kan leda till meningsskiljaktigheter mellan myndigheter och projektutförare om vilken metod som ska användas. Framtagande av referensdokument som beskriver bästa tillgängliga teknik (BAT, eng. *Best Available Technique*) för åtgärder av sediment skulle vara ett stöd i åtgärdsarbetet och kunna innebära effektivare tillståndprocesser.

I flera intervjuer tas pilotprojekt upp som en av de viktigaste förberedelserna för en lyckad åtgärd. Ett pilotprojekt kan behöva ett tillstånd för vattenverksamhet vilket kan upplevas som ett tidkrävande arbetsmoment, men det ingående underlaget bidrar till ny kunskap som kan utnyttjas under resterande del av projektet och i andra framtida projekt. Det statliga finansieringssystemets uppbyggnad, som premierar tydligt avgränsade projekt gällande tid och budget, kan upplevas som ett hinder för utförande av pilotprojekt och lösningar med kombinerade åtgärdsmetoder. Det är möjligt att få finansiering i statligt finansierade projekt för både pilotprojekt och kombinerade metoder där det är lämpligt. Det framstår som resultat från genomförd kunskapssammanställning att det är väldigt viktigt att kommande åtgärdsprojekt med förorenade sediment bidrar till kunskapshöjning genom att i större utsträckning planera för pilotprojekt och kombinerade metoder.

För oprövade metoder kan långsiktiga forskningsinsatser krävas för att få den kunskap som behövs för att avgöra om metoderna är lämpliga eller inte. I Sverige finns möjligheter till stöd för forskning som gäller innovativa metoder och åtgärder av sediment, exempelvis via miljöforskningsanslaget, Tuffo, Vinnova och Formas. Det pågår idag flera stora forskningsprojekt som berör sediment. I samband med större åtgärdsprojekt skulle det vara värdefullt att involvera forskare som kan testa eller följa upp olika tekniker eller andra relevanta lösningar vilket skulle bidra till en ökad teknikutveckling och förståelse kring när de nya metoderna är mogna att användas i fullskaliga projekt.

Resurser och kompetens

På kommuner och länsstyrelser

För att inventera, utöva tillsyn och genomföra åtgärder i sediment behövs både personella resurser och deltagare med erfarenhet hos kommuner och länsstyrelser. Många kommuner har svårt att få resurserna att räcka till de olika avgränsade arbetsuppgifterna, där samma person inte kan ansvara för alla arbetsuppgifter kopplade till projektets genomförande.

I genomförda intervjuer framkommer att det är viktigt att möjligheten till erfarenhetsutbyte och stöd från kommuner/tillsynsmyndigheter som deltagit i genomförandet av liknande åtgärder finns och kontinuerligt utvecklas. Att ta del av kunskap via webben och delta i kurser och seminarier är en viktig möjlighet som kan utvecklas inom ramen för till exempel den nya webbaserade plattformen Rena sediment (www.renasediment.se).

Samordning av tillsyn mellan flera kommuner och län pågår redan för att effektivisera arbetet och underlätta i att ställa tydliga och likartade krav på till exempel ansvariga verksamhetsutövare. Samordningen behöver fortsätta och ett utvecklat arbete skulle underlätta för alla inblandade. Handläggare på länsstyrelsen har också lyft att tillgång till juridiskt stöd, till exempel i samband med ansvarsutredningar skulle underlätta arbetet och skapa förutsättningar för ett ökat antal utredda och åtgärdade områden med förorenade sediment.

I projektgrupperna under genomförandet av projekten

I flera projekt har det framkommit att stabila projektorganisationer med erfarna projektledare är nyckelfaktorer för att de ofta mycket stora och komplexa projekten ska lyckas. I projektgruppen behövs erfarenhet från liknande projekt för att kunna kommunicera med flera aktörer, prioritera och veta vad som behöver göras för att få framdrift samt vilken detaljeringsgrad som är nödvändig. Eftersom det utförs så få sedimentprojekt i en och samma kommun (endast fyra av 290 kommuner har genomfört fler än ett sedimentåtgärdsprojekt) är det svårt för kommuner att upprätthålla nödvändig erfarenhet och kompetens, många projekt kommer därför vara beroende av lyckade upphandlingar av konsulter för kommunikation samt bygg och projektledning.

En annan framgångsfaktor är projektgruppens förmåga att välja genomtänkta och relevanta undersökningar för att driva projektet till effektiva åtgärder. Relevanta och detaljerade underlag är en förutsättning för att kunna bedöma risker med området, välja åtgärdsmetod, planera åtgärden och för genomförandet av entreprenadupphandling. Om felaktiga bedömningar och åtgärdsval görs baserat på ofullständiga underlag i stora och komplexa projekt har erfarenheterna hittills visat att kostnaderna snabbt ökar. Trots noggranna undersökningar är det dock inte ovanligt att oförutsedda saker inträffar under projektens gång varvid det också behöver finnas utrymme för förändringar och sena anpassningar, även i detta skede är kompetens och erfarenhet avgörande för effektiva val.

RUFS-projektets arbetsgrupp ser ett stort behov av att kompetens och erfarenhet ökar i alla led från identifiering/undersökning via tillsyn till genomförande av åtgärder och uppföljning av effekter. Det vore en fördel om flera, även mindre, projekt kunde genomföras samordnat och inom en snar framtid eftersom kunskap och erfarenhet då sprids till fler inblandade organisationer och personer, vilket i förlängningen gynnar genomförandet av nya projekt, både enkla och större, komplexa projekt.

Data från genomförda projekt och miljöövervakning

Två olika typer av data efterfrågas generellt, dels information om sedimentprojekt som har genomförts, dels data från provtagning och analys. Med dessa data mer tillgängliga skulle erfarenhetsåterföring och kunskapsinhämtning för kommande projekt underlättas väsentligt. Inom sedimentområdet skulle det bli lättare att identifiera forskningsfrågor och utvecklingsområden samt även prioritera undersökningar och åtgärder baserat på tidigare insamlad kunskap.

Uppföljning och erfarenhetsåterföring

Från intervjuerna med handläggare på länsstyrelserna framkom att det behövs en tydligare överblick över åtgärdade sedimentobjekt. EBH-stödet är en samlingsplats för potentiellt och konstaterat förorenade områden som länsstyrelserna har tillgång till. Med förbättrade möjligheter att välja ut och söka efter sedimentobjekt i EBH-stödet kan data och erfarenheter lättare hämtas från tidigare och kommande projekt. Det skulle också underlätta för handläggarna vid länsstyrelserna om det var lättare att få tillgång till domslut och prövningsunderlag som berör förorenade sediment. Dessa ligger i mark- och miljödomstolarnas register över prövningsärenden där det i dagsläget är svårt att få en överblick över vilka ärenden som berör just förorenade sediment.

Uppföljning efter en åtgärd är en viktig del av arbetet eftersom det ger kunskap om huruvida metoden har fungerat och åtgärdsmålen har uppnåtts. I statligt finansierade projekt skulle långsiktig uppföljning eventuellt kunna motiveras och planeras i högre grad än i dag genom att slutrapportering utförs i två steg, direkt efter åtgärden och efter en mer långsiktig uppföljning. Finns uppföljningen med i planeringen kan den även över en längre tid rymmas inom ramen för den statliga finansieringen. I projekt med statlig finansiering behöver även ett antal nyckeltal redovisas i projektens slutrapporter som lämnas in till Naturvårdsverket. Nyckeltalen har främst utformats för åtgärdsprojekt på land och skulle kunna utvecklas vidare av Naturvårdsverket för att fånga upp faktorer som är relevanta vid sedimentprojekt. Dessa nyckeltal bör sedan sammanställas och utvärderas med jämna mellanrum för att följa upp åtgärdsarbetet från exempelvis ett kostnads-nyttö-perspektiv, men även avseende miljögifter och klimatpåverkan. Med rätt utformning skulle uppföljningen även kunna användas inom vattenförvaltning för bedömning av påverkan på vattenförekomster.

Varje åtgärdsprojekt är unikt och plats specifika förhållanden behöver hanteras olika, vilket gör att de slutliga åtgärdslösningarna kan skilja sig mycket mellan projekten. Däremot är de flesta metoder som används desamma. Erfarenheter om metoder, tillvägagångssätt och utfall är därför viktiga att sprida vidare exempelvis via rapporter, webbsidor och vid seminarier. Detta gäller såväl statligt finansierade som privatfinansierade projekt.

I dagsläget spelar konferenser en viktig roll för delning av erfarenheter. Större projekt lägger ofta ut information och rapporter på projektspecifika webbsidor, men dessa är vanligen bara tillgängliga under en viss tidsperiod. För en mer kontinuerlig kunskapsspridning bör det undersökas om krav kan ställas på att statligt finansierade projekt ska förmedla kunskap mer långsiktigt, till exempel via rapporter eller information på RUFs-projektets gemensamma webbplats (renasediment.se). Ett annat sätt att ta del av kunskap kan vara att inför varje åtgärdsprojekt som finansieras med statliga medel anordna en workshop dit olika aktörer som tidigare genomfört liknande åtgärder bjuds in.

En fortsatt myndighetssamverkan avseende förorenade sediment är också en viktig grund för att ge möjligheter till en samordnad erfarenhetsåterföring på längre sikt.

Data från undersökningar och annan provtagning

Inom miljöövervakningen finns flera långa tidsserier och data från olika provtagningslokaler och program samlad i olika databaser. På samma sätt finns data från enskilda projekt också samlad i databaser. Med nuvarande struktur är det tyvärr svårt att hitta och sammanställa datamängder. Inom ramen för SGU:s datavårdskap för sediment pågår dock ett förbättringsarbete. För data från enskilda projekt, såsom vid stadsutveckling eller vid olika typer av tillståndsärenden, saknas i dagsläget en samlingsplats. Mycket kunskap och data finns lokalt hos kommuner och verksamhetsutövare och på vilket sätt dessa kan samlas in behöver ses över så att de inte står i strid med lagstiftningen.

Datainsamling är ett viktigt utvecklingsområde där flera initiativ pågår. Det är för framtida saneringsåtgärder viktigt att redan insamlad data hålls tillgängliga, samt att branschen i det fortsatta arbetet verkar för att ytterligare förbättra tillgänglighet och kompatibilitet avseende datamängder. Ytterligare insatser bedöms vara nödvändiga för att göra data mer tillgängliga för såväl framtida projekt som forskning och utvecklingsarbeten. Det finns också ett behov av förbättring så att olika datakällor lättare kan kombineras vilket skulle resultera i ett bredare underlag för analyser av uppnådda resultat och effekter av utförda projekt.

REFERENSER

- ASTSWMO, 2013: *Sediment Remedy Effectiveness and Recontamination: Selected Case Studies*. Washington DC: CERCLA and Brownfields Research Center.
- Bergström, L., Bergström, U., Kraufvelin, P., Sundblad, G., Cole, S., Hasselström, L., Moksnes, P.O., Söderqvist, T. & Wikström, S.A., 2021: Ekologisk kompensation i kustmiljön. Hur kan man uppväga förluster av biologisk mångfald och ekosystemtjänster i samband med mänsklig verksamhet i kustområdet? *Naturvårdsverket rapport 6994*.
- Bruce, P., 2021: *A Deep Dive into Sediments: Exploring approaches to assess environmental risks and achieving environmental goals in management of contaminated sediments in Sweden*. Doktorsavhandling vid Stockholms Universitet. DiVA, id: diva2:1582514.
- Fröberg, M., Wernersson, A-S., Hermansson, S. & Bengtsson, H., 2021: Bedömning av förorenade områdens belastning på yt- och grundvatten. Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2021-12-14.
- Jansson, S., Gottby, L. & Robinson, G., 2021: Varför riskerar sedimentprojekt att stanna av? PM framtaget inom miljömålsrådsåtgärden. *SGU-rapport 2021:24*, Sveriges geologiska undersökning.
- Göteborg Hamn, 2020: *Vändning för Göteborgs hamns ålgräsodlingar*. <<https://www.goteborgshamn.se/press/pressmeddelanden/vandning-for-goteborgs-hamns-algrasodlingar/>> Senast åtkommen 22 november 2022.
- Honeywell, 2012: Onondaga Lake capping, dredging, habitat and profundal zone (smu 8) Final design. <<http://www.lakecleanup.com/publicdocs/docs/b2e1e216-1473-47b9-9977-7da5eaacad64.pdf>> Senast åtkommen 22 november 2022.
- ITRC, 2014: *Contaminated Sediments Remediation, Remedy Selection for Contaminated Sediments*. Prepared by The Interstate Technology & Regulatory Council Contaminated Sediments Team, August 2014. <https://projects.itrcweb.org/contseds_remedy-selection/> Senast åtkommen 22 november 2022.
- Laugesen, J., Eek, E. & Møskeland, T., 2016: Oppsummering av erfaring med tildekking av forurenset sjøbunn. *Miljødirektoratet, M 502*.
- Lofrano, G., Libralato, G., Minetto, D., De Gisi, S., Todaro, F., Conte, B., Calabrò, D., Quatraro, L. & Notarnicola, M., 2017: In situ remediation of contaminated marine sediment: an overview. *Environ Science and Pollution Research*, 24, 5189–5206.

- Magar, V.S., Chadwick, D.B., Bridges, T.S., Fuchsman, P.C., Conder, J.M., Dekker, T.J., Steevens, J.A., Gustavson, K.E. & Mills, M.A., 2009: Technical guide. Monitored Natural Recovery at Contaminated Sediment Sites. *ESTCP Project ER-0622*, Environmental Security Technology Certification Program (ESTCP).
- Miljødirektoratet, 2015: Veileder for håndtering av sediment – revidert 25.mai 2018. *Miljødirektoratet, M-350*.
- Naturvårdsverket, 2003: Etterbehandling av förorenade sediment – en vägledning. *Naturvårdsverket rapport 5254*.
- Naturvårdsverket, 2009: Att välja efterbehandlingsåtgärd. En vägledning från övergripande till mätbara åtgärds mål. *Naturvårdsverket rapport 5978*.
- Naturvårdsverket, 2016: Ekologisk kompensasjon. En vägledning om kompensasjon vid förlust av naturvärden. *Naturvårdsverket handbok 2016:1*.
- Naturvårdsverket, 2020: Global utvärdering av biologisk mångfald och ekosystemtjänster, Sammanfattning för beslutsfattare. *Naturvårdsverket rapport 6917*.
- Olsen, M., Petersen, K., Lehoux, A.P., Leppänen, M., Schaanning, M., Snowball, I., Øxnevad, S. & Lund, E., 2019: Contaminated Sediments: Review of solutions for protecting aquatic environments. *TemaNord 2019:514*, Nordic Council of Ministers.
- Peng, W., Li, X., Xiao, S & Fan, W., 2018: Review of remediation technologies for sediments contaminated by heavy metals. *Journal of Soils and Sediments*, 18, 1701–1719.
- SGF, 2022: *Åtgärdsportalen*. Svenska geotekniska föreningen. <<https://www.atgardsportalen.se/>> Senast åtkommen 22 november 2022.
- Jersak, J., Göransson, G., Ohlsson, Y., Larsson, L., Flyhammar, P. & Lindh, P., 2016. In-situ övertäckning av förorenade sediment. Övergripande sammanfattning. *SGI Publikation 30-7*, Statens geotekniska institut, Linköping.
- SGU, 2022: *Erfarenhetsåterföring från projekt med förorenade sediment*. Konsultrapport inom regeringsuppdraget RUF5, Konsultrapport 02, Sveriges geologiska undersökning.
- Steevens, J.A., Besser, J.M., Dorman, R.A. & Sparks, D.W., 2020: Influence of remediation on sediment toxicity within the Grand Calumet River, Indiana, USA. *Chemosphere*, 249, 1–11.
- St.meld. nr. 14 (2006-2007): *Sammen for et giftfritt miljø – forutsetninger for en tryggere fremtid*. Miljøverndepartementet, Oslo.
- Västerås Stad, 2017: *Rödlistade musslor tas omhand och omplaceras i Västerås hamn*. <https://www.mynewsdesk.com/se/vasteras_stad/news/roedlistade-musslor-tas-omhand-och-omplaceras-i-vaesteraas-hamn-271789> Senast åtkommen 22 november 2022.
- Västerås Tidning, 2019: *Musslor flyttas när Björnöbron rivs*. <<https://www.vasterastidning.se/vasteras/musslor-flyttas-nar-bjornobron-rivs/repsjclv6W7WX@XUYqj2pj1EjCzA/>> Senast åtkommen 22 november 2022.
- US EPA, 1994: *National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan, CMP*. United States Environmental Protection Agency. <<https://www.epa.gov/emergency-response/national-oil-and-hazardous-substances-pollution-contingency-plan-ncp-overview#NCP%20Related%20Federal%20Register%20Notices>> Senast åtkommen 22 november 2022.
- US EPA, 2008: Use of Sediment Core Profiling in Assessing Effectiveness of Monitored Natural Recovery. Sediment Issue, United States Environmental Protection Agency.
- US EPA, 2021: *Contaminated Site Clean-Up Information, Sediments*. United States Environmental Protection Agency, Clue-In, 2021-05-17. <<https://clu-in.org/issues/default.focus/sec/Sediments/cat/Remediation/p/6>> Senast åtkommen 22 november 2022.