|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Datum | Diarienr: | Mottagare |
| 2020-09-29 | 1972-2020 | RegeringskanslietMiljödepartementet |
| Handläggare | Direkt |
| Hanna Gustavsson | 010-698 63 20 |
| Vattenmiljöenheten |
| Hanna.gustavsson@havochvatten.se |

Uppföljning av åtgärder mot övergödning.
Redovisning av regeringsuppdrag.

Havs- och vattenmyndigheten ska, i syfte att öka kunskapen om åtgärders effekt mot övergödning, analysera hur uppföljningen av olika åtgärders effekt kan förbättras. Uppdraget ska redovisas till regeringen (Miljödepartementet) senast den 30 september 2020.

Havs- och vattenmyndigheten överlämnar härmed redovisning av analys samt förslag till förbättring avseende uppföljningen av åtgärders effekt mot övergödning.

Beslut i ärendet har fattats av generaldirektören Jakob Granit efter föredragning av utredaren Hanna Gustavsson. I den slutliga handläggningen av ärendet har också avdelningschefen Johan Kling, enhetschefen Signild Nerheim, utredarna Robert Almstrand, Josefin Hjort, Bodil Aronsson Forsberg, Åsa Gunnarsson och Christina Hallström deltagit.

Jakob Granit

 Hanna Gustavsson

Innehållsförteckning

[Sammanfattning 4](#_Toc52204431)

[Introduktion 7](#_Toc52204432)

[Havs- och vattenmyndighetens roll i det lokala åtgärdsarbetet 8](#_Toc52204433)

[Utmaningar för åtgärdsarbete mot övergödning 9](#_Toc52204434)

[Beskrivning av uppdraget 10](#_Toc52204435)

[Avgränsning 10](#_Toc52204436)

[Målbild 11](#_Toc52204437)

[Effektmål 11](#_Toc52204438)

[Vad menar vi med en åtgärd? 11](#_Toc52204439)

[Effekt och belastning 12](#_Toc52204440)

[Uppföljning av åtgärder idag 14](#_Toc52204441)

[Förslag på utveckling för uppföljning av åtgärders effekt 15](#_Toc52204442)

[Mätprogram för uppföljning av enskilda åtgärders effekt 15](#_Toc52204443)

[System för integrerad åtgärdsplanering och uppföljning 16](#_Toc52204444)

[Fysiska åtgärder för minskat läckage till vattenmiljön 18](#_Toc52204445)

[Förslag på uppföljning av enskilda åtgärdstyper 18](#_Toc52204446)

[Strukturkalkning 18](#_Toc52204447)

[Kalkfilterdiken 20](#_Toc52204448)

[Anpassade skyddszoner 21](#_Toc52204449)

[Hög skyddsnivå med avseende på miljöskydd gällande små avloppsanläggningar (mindre än 200 p.e.) 23](#_Toc52204450)

[Fysiska åtgärder för ökad uppehållstid av vatten 25](#_Toc52204451)

[Våtmarker och fosfordammar 25](#_Toc52204452)

[Reglering och återanvändning av dräneringsvatten 26](#_Toc52204453)

[Tvåstegsdiken och avfasning av dikeskanter 28](#_Toc52204454)

[Diskussion 29](#_Toc52204455)

[Slutsatser 30](#_Toc52204456)

[Havs- och vattenmyndighetens fortsatta arbete 32](#_Toc52204457)

# Sammanfattning

I regleringsbrevet 2020 fick Havs- och vattenmyndigheten, HaV i uppdrag att, i syfte att öka kunskapen om åtgärders effekt mot övergödning, analysera hur uppföljningen av olika åtgärders effekt kan förbättras. Rapporten föreslår att, förutom att öka kunskapen om åtgärders effekt och förbättra uppföljningen, även att förbättra åtgärdsplaneringen.

Åtgärder mot näringsläckage varierar i effektivitet beroende på var de lokaliseras. En bra effekt av en genomförd åtgärd kräver därför god kunskap om lokala förhållanden och säkra, väl underbyggda modeller för beräkning av åtgärdens effekt. För att kunna välja vilken åtgärd som är mest lämplig för en viss plats behövs information om hur åtgärder fungerar och vilka förutsättningar som påverkar effekten, på både kort och lång sikt.

För att öka kunskapen om åtgärders effekt mot övergödning och hur uppföljningen av olika åtgärders effekt kan förbättras föreslår följande HaV:

1. **Utforma ett uppföljningsprogram för alla åtgärder mot övergödning**
* för att kontinuerligt förbättra både kunskapen om och förmågan att kvantifiera genomförda åtgärders effekt.
* insatserna bör prioriteras utifrån identifierade kunskapsbehov och koordineras med befintliga och framtida stödsystem för att kunna bidra till förbättrad åtgärdsplanering och effektberäkning i dessa system. Att styra uppföljningen från enstaka insatser i isolerade projekt till en mer koordinerad uppföljning innebär nya utmaningar, men ger även möjlighet att kunna följa långsiktiga effekter av åtgärder bättre.
1. **Utveckla användarvänliga beräkningsverktyg för åtgärdsplanering**
* fortsatt utvecklingsarbete för att kunna skapa användarvänliga beräkningsverktyg för åtgärdsplanering och effektberäkning på lokal nivå. Verktygen bör utformas så att de kan stödja prioritering av åtgärder till områden där den förväntade effekten bedöms vara störst.
* konkret stöd kring planering och utformning av åtgärder som bland annat inkluderar lämplighetskartor för respektive åtgärd. En sammanvägd bedömning av befintlig kunskap visar var respektive åtgärd kan förväntas få störst effekt för att underlätta vid planering. Stödet behöver omfatta läckage från både jordbruksmark och hästgårdar samt ridanläggningar.
1. **Metodutveckling av åtgärder**
* **Strukturkalkning**
	+ för att öka kunskapen om strukturkalkning behöver nuvarande försök i Skåne kompletteras med motsvarande åtgärder för lerjordsområden i övriga regioner.
	+ utveckla underlag för en lermineralkarta över Sveriges åkermark för att i en förlängning utveckla kartunderlag för den beräknade potentialen av strukturkalkning utifrån åkermarkens egenskaper och användning.
	+ fler fältförsök för att studera kalkfilterdiken, i syfte att förbättra kunskapen om kalkfilterdikens långsiktiga effekt och inverkan på kväveförluster.
* **Ytterligare utvärdering av befintlig metodik för optimal placering av våtmarker och fosfordammar**
* **Bättre analys av ytavrinning**
	+ många åtgärder avser att minska fosforförluster i samband med ytavrinning. Det behövs förbättrad dokumentation av förekomst, intensitet och frekvens av ytavrinningen i Sverige. Dokumentationen bör inkludera kvantifiering av både vattenvolymer och näringsämneshalter för att kunna utgöra en bas för säkrare bedömningar av ytavrinningens betydelse för de totala fosforförlusterna.
1. **Förtydligande avseende rådighet och mandat att samordna uppföljning och utvärdering av det åtgärdsarbete som kopplar till miljömålet Ingen övergödning**
* för att kontinuerligt förbättra den uppföljning och utvärdering som kopplar till miljömålet Ingen övergödning, krävs förtydliganden i rådighet och mandat. För Havs- och vattenmyndigheten handlar detta om precisering av §4 i förordning (2011:619).
* för att se till att alla berörda aktörer arbetar samordnat och med gemensam målsättning utifrån befintliga målkonflikter.

För flera åtgärder, som små avlopp, tvåstegsdiken, dammar och våtmarker pågår redan idag utvecklingsarbeten och projekt. Dessa resultat behöver sammanställas och analyseras innan ytterligare förslag på förbättringar kan formuleras.

Resultaten och förslagen som HaV tagit fram inom ramen för detta uppdrag är ett viktigt steg på vägen till ett användarvänligt planeringssystem för lokalt åtgärdsarbete., Det är i sin tur är en förutsättning för det övergripande arbetet för att motverka övergödning. Havs- och vattenmyndigheten ser fram emot att fortsätta arbetet inom vår strategiska satsning mot övergödning tillsammans med andra aktörer.

# Introduktion

Vattenförvaltningsförordningen (2004:660) och Havsmiljöförordningen (2010:134) innebär att den miljökvalitetsnorm som beslutats för enskilda vatten så väl för sjöar, vattendrag, grundvatten, kustvatten och utsjön ska följas. Utgångspunkten för alla vattenförekomster är att god ekologisk status respektive god miljöstatus ska uppnås för de två förordningarna.

Kartläggningarna av miljötillståndet i Sverige visar att höga halter av näringsämnen, främst i de södra delarna av landet med mycket högproduktiv jordbruksmark, leder till att miljökvalitetsnormen inte uppnås. För att nå god ekologisk status avseende näringsämnen måste mängden kväve och fosfor minska i många vattenförekomster och till omgivande hav.

Enligt ramdirektivet för vatten[[1]](#footnote-1) och vattenförvaltningsförordningen[[2]](#footnote-2) ska det upprättas ett åtgärdsprogram, som presenterar åtgärder nödvändiga för att uppnå eller bibehålla god vattenstatus i alla yt- kust och grundvattenförekomster. Med en åtgärd inom åtgärdsprogrammet avses någonting som reducerar påverkan på vattenmiljön och ger effekt som gör att en miljökvalitetsnorm kan följas. Det ska vara möjligt att uppskatta åtgärders effekt med någon typ av kvantitativt mått[[3]](#footnote-3).

Fysiska eller tekniska åtgärder har en direkt effekt på vattenmiljön. De kan vara en frivillig åtgärd genom att en våtmark anläggs eller en tvingande åtgärd genom att ytterligare reningsteknik installeras vid en industri eller ett reningsverk. Åtgärder kan också ha en mer indirekt effekt på vattenmiljön genom ekonomiska eller administrativa styrmedel, i form av föreskrifter som begränsar utsläpp, begränsning via tillsyn eller förändrat beteende i jordbruket liksom skatter och avgifter. För diffusa källor från jordbruksmark, den största kväve- och fosforkällan som förväntas åtgärdas, tillämpas i första hand åtgärder om miljöhänsyn[[4]](#footnote-4) inom jordbruket som inför EU:s nitratdirektiv[[5]](#footnote-5). Dessa åtgärder är minimiåtgärder och grundläggande miljöhänsyn och åtgärder som alla som driver jordbruk måste utföra. Det reduktionsbehov som sedan kvarstår planeras med ytterligare åtgärder s.k. kompletterande åtgärder (11.4). Kompletterande åtgärder finansieras inte av brukarna själva utan genom olika miljöstöd eller havs- och vattenmiljöanslaget (1:11).

Åtgärder med avsikt att reducera mängden näringsämnen som tillförs eller finns i vattenmiljön har genomförts under många år men status i vattnen har ännu inte nått de uppsatta målen och genomförande av fysiska åtgärder måste öka i omfattning.

Inom vattenförvaltningens process där status klassificeras, eventuell betydande påverkan och miljökonsekvenser bedöms och åtgärder tas fram är uppföljning viktig. Om förändringar i status och påverkanstryck kan följas upp till följd av genomförda åtgärder kan nästkommande cykel planeras utifrån de nya förutsättningarna. Det kontinuerliga lärandet har varit viktigt och det har historiskt varit nödvändigt att genomföra åtgärder även i de fall kunskapen varit låg.

I rapporteringen av vattendirektivets åtgärdsprogram ska de planerade fysiska åtgärderna kopplas till genomförandet av åtgärdsprogrammet. Antingen via lagstiftning (grundläggande) eller annat (kompletterande). Genomförandet av de planerade fysiska åtgärderna ska sedan följas upp. Sverige arbetar idag med att få en bättre struktur och systematik för planering, genomförande och uppföljning av åtgärder i åtgärdsprogrammet, något som EU-kommissionen efterfrågat. Föreslagen utveckling, med bättre underlag lokalt, kommer skapa bättre förutsättningar även för den regionala och nationella uppföljningen och för att möta EU-kommissionens rekommendationer gällande tydligare redovisning av effekten av grundläggande åtgärderna enligt 11.3 samt kopplingen till nyckelåtgärder. Vägen till ett bra underlag som håller för regelbunden uppföljning och utvärdering av hur det går med genomförandet av åtgärder i ÅP är mångfasetterad och kunskaper om åtgärders effekt lokalt är en viktig del.

# Havs- och vattenmyndighetens roll i det lokala åtgärdsarbetet

Inom svensk förvaltning är grunden för åtgärdsarbetet en kombination av administrativa (juridiska) åtgärder och frivilliga åtgärder som drivs av olika incitament och styrmedel. HaVs rådighet över det frivilliga, lokala, åtgärdsarbetet mot övergödning ryms till stor del inom myndighetens förordning (2009:381) om statligt stöd till lokala vattenvårdsprojekt (LOVA), stöd för åtgärdssamordning inom LEVA (Lokalt Engagemang för Vatten) samt kopplade vägledningar. Eftersom LOVA-förordningen medger stöd till kommuner och ideella sammanslutningar men inte till näringsidkare (tex lantbrukare) så är även samverkan och samordning med Jordbruksverket en viktig del i HaVs arbete med övergödningsfrågan.

I samband med att LOVA-förordningen ändrades 2018 så förändrade även HaV sitt arbetssätt för att möta både de utvecklingsbehov som identifierats inom LOVA sedan tidigare och de nya behov som tillkom i och med förordningsförändringen. En förbättrad fördelningsnyckel för bidraget utvecklades i samarbete med vattenmyndigheterna och länsstyrelser, en ny vägledning utvecklades och samarbetet med länsstyrelsernas LOVA-nätverk fördjupades. De utvecklingsbehov som sedan kvarstod inkluderade effektivisering av ansökningsförfarandet, förbättrad metadatasättning av projektkatalogen, samt förbättrad uppföljning av genomförda åtgärders effektivitet och behov avseende åtgärdsplanering och genomförande. Det nya ansökningssystemet och den förbättrade projektkatalogen kommer lanseras i närtid.

De stora satsningarna på lokalt åtgärdsarbete som pågår inom bland annat projekten LEVA och Life IP Rich Waters, har resulterat i en tydligare bild av behoven för ett lyckat åtgärdsarbete. Långsiktighet, kontinuitet och tydlighet i finansiering av både fysiska åtgärder och åtgärdssamordning är ett mycket viktigt exempel. Vår uppfattning är att den här bilden delas med Jordbruksverket och vi har löpande förbättrat vår samverkan, inte minst avseende kopplingen mellan våra respektive ansvar för stödsystem för lokalt åtgärdsarbete.

Övergödningsproblemet är ett komplext miljöproblem med flera orsaker och samhällsmål som kan motverka varandra. Utöver komplexiteten i själva frågan, så är ansvar och mandat uppdelat på olika myndigheter. För att skapa bättre förutsättningar för arbetet har HaV skapat programområde Ingen övergödning. Syftet är att arbeta mer strategiskt kring övergödningsfrågan, både för att samordna och prioritera det interna arbetet, men även för att prioritera externa områden och aktörer där vi behöver samarbeta för att hitta gemensamma lösningar, arbetssätt och avvägningar mellan samhällsmål. För att nå hela vägen fram är det nödvändigt att alla berörda aktörer arbetar samordnat och med gemensam målsättning utifrån befintliga målkonflikter. HaV ser att de mandat som finns idag kan behöva förtydligas och att berörda aktörer får bättre förutsättningar att samordna arbetet.

## Utmaningar för åtgärdsarbete mot övergödning

Stora utmaningar kvarstår inom åtgärdsarbetet mot övergödning. Förbättrad kunskap om enskilda åtgärders effekt mot näringsläckage på lokal nivå en av dessa frågor som vi identifierat som särskilt prioriterade. Utan den kunskapen är det i det närmaste omöjligt att avgöra om enskilda åtgärder är kostnadseffektiva. Likaså är denna kunskap avgörande för att på sikt kunna utveckla nödvändiga planerings- och beräkningsverktyg som tar hänsyn till de lokala förhållanden som i slutändan kommer avgöra om åtgärden blir lyckad. Redan idag pågår mycket utvecklingsarbete, bland annat pilotförsök med scenariobaserad åtgärdsplanering i samarbete med Sveriges Lantbruksuniversitet inom ramen för LEVA.

Vår långsiktiga vision är att ett användarvänligt planeringssystem för lokalt åtgärdsarbete utvecklas där effektberäkning sker baserat på lokal data. Erfarenheter av system för uppföljning finns inom vattenförvaltningen där VISS har använts inom tre vattenförvaltningscykler för att sammanställa och rapportera till EU. Fler andra initiativ har pågått under många år såsom Smart miljöinformation, vilket också bidrar till ökad enhetlighet i miljöinformationen. På HaV pågår nu ett utvecklingsarbete för att ersätta VISS och dessutom uppfylla fler syften. Ett viktigt syfte är att säkerställa att miljöproblem inte hanteras isolerat, då detta riskerar att skapa nya problem när man löser andra. HaV ser behov av att utveckla ett standardiserat åtgärdsbibliotek med en entydig nomenklatur för åtgärders benämning för såväl övergödningsåtgärder som åtgärder mot andra miljöproblem. Detta åtgärdsbibliotek bör vara gemensamt för samtliga berörda myndigheter.

I utvecklingen av avancerade uppföljningssystem bör kunskaper från andra discipliner tas till vara, till exempel de erfarenheter som finns av kvalitetsregister inom sjukvården. Kunskapen om det integrerade och lokalt präglade åtgärdsarbetet behöver också omhändertas i dessa stödsystem. Utveckling av ett användarvänligt och kvalitetssäkert system är en stor utmaning som kräver långsiktighet, tålamod och kontinuerligt förbättringsarbete.

Vi bedömer därför att det beskrivna utvecklingsarbetet är helt nödvändigt. Vi ser att detta regeringsuppdrag prioriterar en mycket viktig delmängd av en större helhet och ser därför mycket positivt på att den här prioriterade frågan uppmärksammas.

# Beskrivning av uppdraget

Havs- och vattenmyndigheten fick via regleringsbrevet 2020 i uppdrag att ”I syfte att öka kunskapen om åtgärders effekt mot övergödning, analysera hur uppföljningen av olika åtgärders effekt kan förbättras”. Uppföljningen av åtgärders effekter kommer att leda till mindre osäkerheter i modell- och beslutssystem.

## Avgränsning

Uppdraget avgränsas till att ge förslag på vilken uppföljning som behövs för att öka kunskapen om enskilda åtgärders effekt mot övergödning.

Rapporten inkluderar fysiska åtgärder som motverkar näringsläckage till vattenmiljön eller ökar retentionen av näringsämnen i vattenmiljön.

Rapporten inkluderar inte:

* tillsyns- och prövningsfrågor
* analys/bedömning av åtgärdernas genomförbarhet i form av vilka administrativa och ekonomiska styrmedel behövs för att åtgärder ska kunna genomföras och få effekt.
* hur genomförandet av flera åtgärder samverkar eller hur det påverkar åtgärdernas totala effekt.
* åtgärdernas effekt på tillkommande nyttor, såsom ökat rekreationsvärde eller minskade utsläpp av växthusgaser.
* förslag på uppföljning av förändrad praxis avseende gödsling, regelbunden bearbetning av jorden, odling av fånggrödor eller löpande underhåll av markavvattningssystem eftersom dessa frågor ligger utanför Havs- och vattenmyndigheten ansvarsområde. Dock noteras vikten av att även åtgärder inom dessa områden genomförs och följs upp.
* Internbelastningsåtgärder eller blå fånggrödor.
* Övervakning av näringsämnen i vattendrag för att utvärdera effekten av genomförda åtgärder hanteras inom bas- och riskövervakningen och inkluderas därmed inte heller i rapporten.

# Målbild

Rapportens mål är att leverera rekommendationer kring vilken uppföljning som behövs för att öka kunskapen om *enskilda* åtgärders effekt.

Uppdraget har fokuserat på de åtgärder (oberoende av sektor) som bedöms ha störst potential för minskat näringsläckage men där osäkerheter och kunskapsluckor försvårar bedömningen av åtgärdens reduktionspotential och åtgärdsutrymme. Uppdragets mål är att bidra till ett mer effektivt åtgärdsarbete genom att identifiera vilken uppföljning som behövs för att öka kunskapen om åtgärders effekt.

## Effektmål

Genom att precisera framtida utvecklingsbehov och nödvändiga satsningar för uppföljning av åtgärders effekter så kan nationella insatser prioriteras mer effektivt. Uppdraget avser därmed att bidra med viktig information till Havs- och vattenmyndighetens strategiska arbete inom övergödning.

Med en bättre kunskap om enskilda åtgärders effekt ökas förutsättningarna för en bra lokal åtgärdsplanering så att rätt åtgärder genomförs på rätt plats. I förlängningen möjliggör bättre kunskap om åtgärders effekt på lokal nivå även att prioritering av LOVA-ansökningar kan utvecklas. Det kan ske genom förbättrade vägledningar och utveckling av digitala verktyg för bedömning av åtgärdspotential.

Bättre underlag för lokal åtgärdsplanering leder även till att underlaget för förvaltningsplaner och åtgärdsprogram blir bättre på distriktsnivå.

# Vad menar vi med en åtgärd?

Enligt ramdirektivet för vatten[[6]](#footnote-6) och vattenförvaltningsförordningen[[7]](#footnote-7) ska ett åtgärdsprogram upprättas, som presenterar nödvändiga åtgärder för att uppnå eller bibehålla god vattenstatus i alla yt- kust- och grundvattenförekomster. Om en vattenförekomst inte uppnår god status avseende den fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorn näringsämnen, så måste näringsreducerande åtgärder genomföras. Med en åtgärd inom åtgärdsprogrammet avses någonting som reducerar påverkan på vattenmiljön och ger effekt som gör att en miljökvalitetsnorm kan följas. Det ska vara möjligt att uppskatta åtgärders effekt med någon typ av kvantitativt mått[[8]](#footnote-8).

Artikel 11 (2000/60/EG) beskriver hur åtgärdsprogrammen ska utformas. Åtgärder kan vara ekonomiska eller administrativa styrmedel. Med administrativa styrmedel avses krav och incitament som myndigheter använder för att avstyra eller uppmuntra olika aktörers beteende. Ekonomiska styrmedel kan vara skatter och avgifter. Grundläggande åtgärder, artikel 11.3, genomförs som följd av den nationella såväl som EU-lagstiftningen. Vid behov kan grundläggande åtgärder omfatta identifiering av nya styrmedel där det behövs för att miljökvalitetsnormer ska kunna följas.

Utöver de grundläggande åtgärderna så utformas kompletterande åtgärder (11.4), för det återstående reduceringsbehovet. Kompletterande åtgärder kan vara nya föreskrifter eller andra styrmedel som inte omfattas av 11.3 eller fysiska/tekniska åtgärder, information, rådgivning, utredning och forskning. En fysisk eller teknisk åtgärd har en mer direkt effekt på vattenmiljön. Exempel på detta är anläggande av våtmark eller installation av ytterligare reningsteknik vid industri eller reningsverk. En åtgärd kan också ha mer indirekt effekt på vattenmiljön i form av begränsning av utsläpp via tillsyn eller förändrat beteende i jordbruket.

Förslagen för att öka kunskapen om åtgärders effekt mot övergödning som presenteras i den här rapporten fokuserar på frivilliga fysiska åtgärder. Undantaget är små avloppsanläggningar där mer högupplöst underlag behövs för att fastställa inom vilka områden påverkan är så betydande att det är rimligt att kräva hög skyddsnivå, avseende miljöskydd. Rapporten gör ingen bedömning av åtgärdernas genomförbarhet i form av vilka administrativa och ekonomiska styrmedel som behövs.

# Effekt och belastning

En stor del av Sveriges totala belastning av kväve och fosfor till havet kommer från diffusa källor som skog och jordbruksmark. En stor del av reduktionspotentialen från diffusa antropogena källor återfinns därför inom jordbruket, då läckaget från mänsklig aktivitet från skogsmark uppskattas vara förhållandevis litet. Även hästgårdar, små avlopp och läckage från hårdgjorda ytor i tätorter, liksom historiskt höga ackumulerade mängder i sediment behöver inkluderas i åtgärdsplaneringen.

För att uppnå belastningsminskningen som motsvarar åtgärdsbehovet som fastställts inför vattenförvaltningens åtgärdsprogram, behövs god kunskap om åtgärders effekt och kostnadseffektivitet samt åtgärdens möjliga utrymme för genomförande. Den fysiska åtgärdens totala effekt baseras sedan på den möjliga åtgärdsarealen i kombination med uppskattade schabloner av åtgärdens reningsgrad och tillrinningsområdets belastning

Åtgärders effekt baseras förutom på uppskattade schabloner av åtgärdens reningsgrad på tillrinningsområdets faktiska belastning samt åtgärdsutrymmet. Inom DPSIR[[9]](#footnote-9)-modellen, som används för att beskriva samspelet mellan samhälle och miljö, kartläggs drivkrafter(D), påverkanstryck(P), tillstånd(S), miljökonsekvens(I) och åtgärd(R) inom vattenförvaltningscykeln.

DPSIR-modellen visar att vattenförvaltningens arbete är beroende av att åtgärders effekter följs upp, så att kunskapen kan ökas systematiskt och adaptivt inför nästkommande cykel. Genom fastställande av påverkan och drivkrafter (D,P) från mänsklig aktivitet kvantifieras vilken effekt en eventuell åtgärd skulle få. Effekten av åtgärderna förväntas sedan fångas upp i miljötillståndet (S,I). Själva miljökonsekvensen är många gånger svår att mäta. Genom så kallad riskövervakning övervakas de vattenförekomster som pga. hög belastning riskerar att inte nå MKN. För dessa områden behövs en tydlig planering av åtgärder och åtgärdsuppföljning (R) för hur miljökvalitetsnormerna, MKN, ska kunna följas (figur 1). Efter genomförda åtgärder behöver den förändrade belastningen följas upp och så fortsätter arbetet tills MKN nås. D,P,R kopplar direkt till föreslagen utveckling medans den totala effekten sedan följs i uppföljning av miljötillståndet (S,I) vilken ligger utanför uppföljningen av enskilda åtgärders effekt.



Figur 1. Schematisk bild för hur åtgärdsuppföljning inkluderas i DPSIR-modellen.

På Havs- och vattenmyndigheten pågår arbete med att samordna det nationella underlaget av näringsämnestransport. Detta underlag rapporteras till internationella organ, tillsammans med det underlag som används för fastställande av drivkrafter och belastning inom vattenförvaltningsarbetet samt det underlag som används för lokalt åtgärdsarbete. Arbetet förväntas leda till ett mer samordnat och transparent underlag, beräknat med samma metodik, för olika år över en längre period.

De nationella beräkningar som ligger till grund för vattenförvaltningens åtgärdsprogram är inte tillräckligt detaljerade för att kunna användas till prioritering och placering av enskilda åtgärder på lokal nivå. Lokalt åtgärdsarbete kräver att modellberäknade resultat kompletteras med god lokal kunskap. Effekter av åtgärder kommer alltid att variera lokalt, varför lokal kunskap och förankring måste prioriteras och förstärkas för ett bra resultat.

Var olika åtgärder bör placeras för bäst effekt begränsas i praktiken av en mängd olika faktorer såsom marktyp, jordart och priset på mark för att nämna några. Vissa åtgärder som våtmarker, fosfordammar, tvåstegsdiken eller anpassade skyddszoner kan ta mycket värdefull mark i anspråk. Vid uppskattning av en åtgärds totala åtgärdsutrymme är det viktigt med en sammanvägd bedömning. Den totala kostnadseffektiviteten bör också ta höjd för intäktsförluster och på så sätt påverkas kostnadseffektiviteten direkt.

Även mänsklig påverkan från utdikning och torrläggning av landskapet har påverkat transporten av näringsämnen. Utdikning och torrläggning har inneburit att vattnet snabbare rinner undan, inte sällan med ökad erosion och en minskad fastläggning av näring i sediment som följd. Hydrologisk återställning av vattendrag kan med andra ord påverka transporten av näringsämnen och därmed vara en effektiv åtgärd mot övergödning. Åtgärder mot övergödning bör alltså inte separeras från andra åtgärder som påverkar vattenmiljön utan planeringen måste inkludera alla aspekter av områdets hydrologiska förutsättningar.

Den här rapportens åtgärdsförslag syftar till att få en bättre åtgärdsuppföljning och öka förutsättningarna för att följa MKN.

### Uppföljning av åtgärder idag

Idag sker åtgärdsuppföljningen framförallt indirekt genom ordinarie miljöövervakningen som följer den storskaliga förändringen i miljötillstånd på de parametrar som mäts. Belastningen av kväve och fosfor rapporteras till HELCOM per havsbassäng, och genom miljömålsuppföljningen görs en övergripande sammanställning. Miljöövervakningen och den storskaliga rapporteringen är dock inte anpassad för att följa upp enskilda eller grupper av åtgärder, utan syftet är att fånga en integrerad påverkan på vattenmiljöerna på en större geografisk skala. Vi kan med andra ord fånga effekterna av många åtgärder inom ett geografiskt område, till exempel ett helt avrinningsområde, men inte varje enskild eller typ av åtgärd.

I de fall där man har följt åtgärder eller en viss typ av åtgärder har detta oftast skett frikopplat från åtgärdsplaneringen, vilket gör att man inte har alla information om de lokala förutsättningarna eller utformningens anpassning till dessa förutsättningar. I flera fall har uppföljning skett genom forskningsprojekt som har utgått från relativt få åtgärder inom en åtgärdstyp men undersökt effekter med hög upplösning. Resultaten tenderar dock att ge stor spridning därför att antalet undersökta objekt är relativt få.

# Förslag på utveckling för uppföljning av åtgärders effekt

En åtgärd avser någonting som reducerar påverkan på vattenmiljön och ger en effekt som gör att en miljökvalitetsnorm kan följas. Det ska vara möjligt att uppskatta åtgärders effekt med någon typ av kvantitativt mått[[10]](#footnote-10). En fysisk eller teknisk åtgärd har en direkt effekt på vattenmiljön som varierar i effektivitet beroende på var de lokaliseras. En bra effekt av en genomförd åtgärd kräver därför god kunskap om lokala förhållanden och säkra, väl underbyggda modeller för beräkning av åtgärdens effekt.

Det finns goda förutsättningar att minska det diffusa läckaget från jordbruksmark med effektivare odlingssystem, odlingsmark med förbättrad struktur, bra odlings- och dräneringsförhållanden samt minimerade risker för överdosering av gödsel. Åtgärder med fokus på läckage från jordbruk finns beskrivna i rapporter från Sveriges lantbruksuniversitet[[11]](#footnote-11)[[12]](#footnote-12). Delar av detta underlag har legat till grund för vattenmyndigheternas utformning av Sveriges tredje åtgärdsprogram inom ramdirektivet för vatten som kommer för samråd i slutet av året.

Förslagen nedan beskriver de förbättringsbehov som identifierats inom ramen för detta regeringsuppdrag. I en del fall är kunskapen om åtgärdseffekten fortfarande relativt begränsad och osäkerheterna stora, för andra åtgärder är kunskapsläget redan idag förhållandevis bra eller att mycket arbete redan pågår.

## Mätprogram för uppföljning av enskilda åtgärders effekt

*Nuläge*

Det behövs en effektiv metodik för att följa upp enskilda åtgärders effekt på vattenmiljön i jordbrukslandskapet. Uppföljning ryms vanligtvis inte inom enskilda åtgärdsprojekts tids- eller budgetramar. Idag är det relativt ovanligt att åtgärder kompletteras med uppföljande mätningar efter genomförandet. Detta trots att det behövs kontinuerliga mätningar för att säkert utvärdera den enskilda åtgärden och samtidigt öka kunskapen om åtgärders effekt. Uppföljningen behöver dessutom inkludera mätningar av befintligt näringsläckage både före och efter den aktuella åtgärdens genomförande. Om uppföljningsprojekt tillkommer enbart i efterhand riskerar man att inte uppnå syftet, särskilt om det finns en stor tidsskillnad mellan åtgärd och uppföljning.

För att identifiera de parametrar som är viktigast för effektberäkning, samt beskriva hur de varierar i förhållande till varandra, behövs systematiska och enhetliga undersökningar. I annat fall kan det bli svårt, eller till och med omöjligt, att jämföra effekten från olika åtgärder, till exempel om metodik och kvalitet på uppföljning varierar mellan projekten.

*Åtgärders funktion och effektivitet – behov av kunskap och uppföljning*

För att identifiera de parametrar som är viktigast för effektberäkning samt beskriva hur de varierar i förhållande till varandra, behövs särskilda undersökningar genomföras. Dessa undersökningar bör genomföras på utvalda åtgärdsprojekt, samt kompletteras med laboratorieförsök och kontrollerade fältförsök i pilotskala. Det är mycket viktigt att den kunskap som genereras genom sådana undersökningar bidrar till att utveckla och förbättra åtgärdsplanering och åtgärdsuppföljning inom befintliga stödsystem och framtida. Detta bör vara huvudsyftet med undersökningarna och de bör utformas därefter.

Vi föreslår att ett särskilt uppdrag utformas till lämplig utförare, i samarbete med Havs- och vattenmyndigheten och Statens jordbruksverk, som ger förslag på hur ett åtgärdsuppföljningsprogram skulle kunna utformas. Syftet med programmet är att bidra med underlag till förbättrad effektberäkning, åtgärdsplanering och utvärdering inom befintliga och framtida stödsystem. Syftet är också att öka kunskapen om åtgärders kort– och långsiktiga effektivitet men också dess beroende av de geografiska förutsättningarna, dess genomförande och underhåll etc. Mätningarna inom uppföljningen bör komplettera riskövervakningen inom vattendirektivets övervakningsprogram.

## System för integrerad åtgärdsplanering och uppföljning

*Nuläge*

Det finns idag inga formella krav att följa upp genomförda åtgärder inom t.ex. LOVA eller att uppnådda resultat ska bidra till kunskapsutvecklingen inom området. Utöver detta så saknas användarvänliga verktyg för att beräkna åtgärders effekt på lokal nivå. En anledning har varit komplexiteten i beräkningarna, stora lokala variationer av de geografiska förutsättningarna samt att beräkningarna tagits fram på en mer övergripande skala vilket begränsar tillämpligheten i det lokala åtgärdsarbetet. Det finns dock möjlighet att utveckla denna typ av verktyg

Vi ser därför behov av kontinuerlig utveckling av åtgärdsarbetet genom ett system för integrerad åtgärdsplanering, uppföljning och utveckling t.ex. inom LOVA:

*Åtgärders funktion och effektivitet – system för åtgärdsuppföljning*

En viktig del i utvecklingen av åtgärdsarbetet är att ett behovsbaserat *system* för uppföljning av åtgärders effekt är integrerat i befintliga och framtida stödsystem. Både uppföljning och planering av åtgärder sker i samma system. Med behovsbaserat system menas ett verktyg som inte förutsätter att varje åtgärd följs upp med mätningar, utan ett system som nyttjar både olika former av mätningar och befintlig kunskap om åtgärder Systemet bör omfatta en struktur för hur den kunskapsutveckling som sker inom fältet ska utnyttjas och implementeras i det lokala åtgärdsarbetet. Systemet måste även kunna identifiera åtgärder där nödvändig kunskap saknas ur uppföljningshänseende vilket leder till en prioritering för vidare kunskapsuppbyggnad.

Uppföljningen måste inte heller genomföras inom ramen för det enskilda åtgärdsprojektet utan behovet kan i huvudsak tillgodoses via ett centralt uppföljningsprogram (som det som beskrivits ovan). Denna typ av uppföljning förutsätter att metodiken anpassas för befintliga utvecklingsbehov (t.ex. inom åtgärdsplanering) samt att nödvändiga behovsstyrda mätningar kan genomföras före, under och efter åtgärdens genomförande.

*Lokalisering och åtgärdsutrymme– behov av underlag*

Det finns behov av ett användarvänligt beräkningsverktyg som utgör ett stöd vid planering av åtgärder, men också för att göra bättre bedömningar av förväntad effekt. Verktyget kan också stödja vid prioritering av ansökningar så att åtgärder genomförs där den förväntade effekten är som störst. Målet är ett verktyg som genererar effektberäkningar utifrån schabloner och inmatade värden på relevanta parametrar, till exempel parametrar som beskriver lokala förutsättningar.

Eftersom osäkerheten i beräkningarna kan förväntas variera beroende på åtgärd och underlag, så bör en uppskattning av osäkerheten levereras med resultatet. En förstudie genomförs idag inom regeringsuppdraget ”Pilotområden mot övergödning” där åtgärdsscenarier beräknas på lokal nivå och där bedömning görs av förutsättningarna för att utveckla nämnda verktyg.

*Effekt efter genomförande – behov av uppföljning*

Det är viktigt att beräkningar och bedömningar kontinuerligt utvecklas. Inför varje år bör ett kvalitetsarbete genomföras som identifierar de åtgärdstyper där det finns påtagliga förbättringsbehov avseende effektberäkning under åtgärdsplaneringsfasen.

Uppföljningen bör därefter fokuseras på dessa åtgärder för att tillgodose de behov av kunskap som krävs för att förbättra effektberäkning och åtgärdsplanering. Detta innebär en iterativ process mot ständiga förbättringar

## Fysiska åtgärder för minskat läckage till vattenmiljön

För att minska läckage till vattenmiljön från jordbruket tillämpas i första hand miljöhänsyn[[13]](#footnote-13) inom jordbruket. Det är den som inför EU:s nitratdirektiv[[14]](#footnote-14) i svensk lag. Åtgärderna som följer av miljöhänsynen är grundläggande och alla som driver jordbruk måste utföra dem. Miljöhänsynen omfattar bland annat spridning och lagring av gödsel. Då dessa frågor ligger utanför Havs- och vattenmyndigheten ansvarsområde omfattas de inte i rapporten. Dock noteras vikten av att även åtgärder inom de här områdena genomförs och följs upp.

Det reduktionsbehov som återstår efter att grundläggande åtgärder är omhändertagna omfattas resterande åtgärdsbehov av kompletterande åtgärder, vilka bland annat kan finansieras via den gemensamma jordbrukspolitiken, CAP eller havs- och vattenmiljöanslaget (1:11). Hit räknas åtgärder som t.ex. strukturkalkning, kalkfilterdiken och anpassade skyddszoner. För varje åtgärd nedan beskrivs kunskapsläget, uppföljningsbehov och prioritet samt specifika förslag på vilken kunskap som behövs för att förbättra uppföljningen av respektive åtgärd.

Förslagen på utveckling delas in i tre områden;

1. *Åtgärdens funktion och effektivitet* – *behov av kunskap*
2. *Lokalisering och bedömning av åtgärdsutrymme – behov underlag*
3. *Effekt efter genomförande – behov av uppföljning*

## Förslag på uppföljning av enskilda åtgärdstyper

### Strukturkalkning

*Nulägesbeskrivning*

Lerjordar med hög lerhalt har generellt stora förluster av fosfor, främst i form av partikelbunden fosfor. Strukturkalken reagerar med leret och stabiliserar strukturen. Lerjordar bedöms ha stor potential för strukturkalkning men olika lerjordar med samma lerhalt kan reagera olika på en och samma kalkgiva. Det finns med andra ord flera faktorer som påverkar åtgärdens effektivitet.

Från och med att LOVA etablerades till och med hösten 2019 så har sammanlagt ca 55 000 hektar åkermark strukturkalkats med LOVA-stöd. Sammanlagt finns idag 56 pågående fältförsök. Av dessa pågående fältförsök så är de flesta från Skåne och kunskap om effekten är därmed bättre för lerjordarna där än vad den är för lerjordar i mellansverige. Det relativt omfattande materialet är en bra grund för att utveckla råd för strukturkalkning och allokera åtgärden till rätt platser i Skåne. Motsvarande material behövs för lerjordsområdena i övriga regioner.

Pågående studier på de strukturkalkade fälten i Skåne antyder att ursprungs-pH, typ av lermineral, kalkgiva och typ av strukturkalkningsmedel och inte minst nedbrukningsrutiner inverkar på effektiviteten. Men även variabler som mullhalt, fosfor- och kaliumstatus, pH-höjning och basmättnadsgrad spelar in utan att vi i dagsläget förstår alla verkningsmekanismerna bakom effektvariationen. Nya försök bör inkludera undersökning av effektens livslängd samt hur produktionen påverkas. Det är viktigt att känna till hur produktiviteten påverkas under olika förutsättningar, eftersom en god produktivitet minskar risken för merutlakning och motiverar till investering i åtgärden.

#### Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap

För att få en bättre uppfattning om på vilka jordar strukturkalkningen gör störst miljömässig nytta, så behövs en sammanhållen utvärdering vilket inkluderar fler fältförsök. Dessa försök behöver undersöka hur lerhalt, ursprungs-pH, lermineral, typ av strukturkalkningsmedel, kalkgiva och nedbrukningsrutiner inverkar på effektiviteten.

För att öka kunskapen om strukturkalkningens effekt mot övergödning föreslås därför följande:

* fler strukturkalkningsförsök som studerar olika kalkgivor i lerjordsområdena i regioner utanför Skåne. Försöken bör kompletteras med karakterisering av jorden och mätningar av aggregatstabilitet
* fler strukturkalkningsförsök som studerar utförandets betydelse (management), bl.a. tidpunkt, bearbetningsdjup, vattenhalt i jorden, typ av bearbetning, nederbördsförhållanden, temperatur etc. samt
* att en sammanhållen utvärdering görs av resultaten från de nya fältförsöken tillsammans med data från de befintliga som nu domineras av resultat från Skåne

#### Lokalisering – behov av underlag för bedömning

För att kunna göra en bedömning om var strukturkalkning har störst potential att få en god effekt behövs kartunderlag med åkermarkens egenskaper men också lokal kunskap om förutsättningar och brukningshistorik.

För att ta fram bättre underlag för att bedöma strukturkalkningens effekt mot övergödning föreslås därför att följande underlag utvecklas:

* underlag för en lermineralkarta över Sveriges åkermark
* kartunderlag med beräknad potential för åtgärden utifrån åkermarkens egenskaper och användning (lerhalt, förekomst av gyttjelera, lermineralogi, pH)

Inom Havs- och vattenmyndighetens regeringsuppdrag, ”Pilotområden mot övergödning”, pågår nu modellering av potentialen för god effekt av strukturkalkning inom tre delavrinningsområden bl.a. i syfte att identifiera kostnadseffektiva åtgärder för att nå god ekologisk status med avseende på näringsämnen. Resultatet redovisas i mars 2021.

#### Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

Kunskap om strukturkalkningens effektivitet fås inte bara genom försök. Även uppföljning efter att åtgärden har genomförts i större skala inom lantbruket behöver systematiseras.

Det behövs bra dokumentation kopplat till stödsystem och jämförelser mellan behandlade och obehandlade fält samt mätningar i vattendrag i mindre avrinningsområden eller markavvattningsföretag

För att bedöma strukturkalkningens effekt mot övergödning föreslås, förutom att åtgärden är en del av åtgärdsuppföljningsprogrammet, att:

* effekten av genomförd strukturkalkning jämförs med nationell modellering av åtgärdens effekt.

### Kalkfilterdiken

*Nulägesbeskrivning*

Ett betydande fosforläckage kan ske via dräneringsledningar. Storleken på fosforläckaget varierar beroende på dräneringssystemets utformning och underhåll. Täckdikning med inblandning av strukturkalk förändrar fördelningen mellan ytvattenavrinning och markvattenflödet vilket i sin tur påverkar kvalitén på dräneringsvattnet. Inblandningen av kalk medför att marken ovanför dräneringsledningen får bättre aggregatstabilitet och därmed bättre markstruktur och infiltrationsförmåga.

Den ökade genomsläppligheten över dräneringssystemet kan leda till en ökad förlust av kväve. Det behöver därför avvägas vilket näringsämne som är begränsande i den mottagande recipienten. Behovet av översyn av dräneringssystem är stort i Sverige, varför åtgärden bedöms ha stor potential. Kunskapen om dräneringssystemens påverkan på dräneringsvattnets kvalitet behöver däremot utredas vidare.

Försök med kalkfilterdiken på jordar med låg genomsläpplighet som gjorts i Finland, Litauen och Sverige (Västmanland) visar tillsammans att ytavrinningen minskade medan avrinningen genom dräneringssystemet ökade. Trots mer vatten genom dräneringssystemen minskade utflödet av totalfosfor, löst fosfor och suspenderat material. Variationen i reduktion av fosfortransport var däremot stor, mellan 16 och 90 %.

Fältförsök på en mullrik mellanlera i Sala, Västmanlands län installerades 2018, med medel från Jordbruksverket i syfte att ta fram underlag för rekommendationer vid ny- och omdränering. Försöket undersöker hur en förbättrad dränering med eller utan kalkfilter påverkar fosforläckaget, både när det gäller fosfor i reaktiv och i icke-reaktiv form. Inga resultat har presenterats från försöket ännu.

#### Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap

För att öka kunskapen om dräneringssystemens påverkan på dräneringsvattnets kvalitet behövs;

* kunskap om kalkfilterdikens långsiktiga effekt med avseende på förmågan att binda fosfor. Försök behöver göras med olika sorters och mängder kalk i täckdikesåterfyllnaden på jordar med olika typer av lermineraler. Mätningar av fosforinnehållet i dräneringsvattnet behöver göras under en 10 års period. Studier bör även inkludera åtgärdens inverkan på kväveförluster.
* kunskap om kalkfilterdikens effekt på ytvattenavrinning på sluttande mark. Försök behöver göras på sluttande erosionsbenägen mark med högt fosforinnehåll i marken i anslutning till öppna diken

*Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag*

För att bedöma var kalkfilterdiken har störst potential att uppnå god effekt behövs samma typ av kartunderlag som för strukturkalkning. Därutöver behövs även kunskap om befintligt dräneringssystem. När områden med potential för strukturkalkning har identifieras bör en lokal inventering göras av enskilda fälts dräneringssystem med avseende på funktion och behov av underhåll.

Kunskap som tas fram inom pilotprojektet LEVA genom modellering av potentialen för god effekt av strukturkalkning bör även kunna användas vid lokalisering av kalkfilterdiken.

Information som tas fram vid analyser av riskområden för erosion kan användas tillsammans med digitala höjddata för lokalisering av kalkfilterdiken i områden med varierande topografi.

*Effekt efter genomförande – behov av uppföljning*

Uppföljningsbehovet är detsamma som för strukturkalkning.

### Anpassade skyddszoner

*Nuläge*

Anpassade skyddszoner anläggs för att minska ytavrinning, erosion och läckage av näringsämnen från åkermark. Flertalet sammanställningar av vetenskapliga studier och försök visar att anpassade skyddszoner effektivt kan förhindra transport av suspenderat material och andra ämnen som t ex fosfor och bekämpningsmedel från åkermark till vattenrecipienter.

I en sammanfattning över studier på anpassade skyddszoners reningskapacitet framgår att man kan förvänta sig en 50 procentig reduktion av sedimenttransport och totalfosfor. Den viktigaste faktorn för den anpassade skyddszonens effektivitet är dess placering och dess bredd i förhållande till placeringen[[15]](#footnote-15). I praktiken innebär detta att en enskild lantbrukare bör anlägga skyddszoner anpassade efter de skiftande förutsättningar som gäller inom det enskilda lantbruket, och acceptera en bredare skyddszon där den gör nytta mot att andra delar där skyddszonen knappast gör någon nytta får brukas.

I dag finns det åtminstone för södra halvan av Sverige redan framräknade erosionskartor som kan vara ett bra diskussionsunderlag, mellan lantbrukare och rådgivare, för en optimal placering av de anpassade skyddszonerna[[16]](#footnote-16) Kartorna grundar sig på högupplöst höjddata och kan därför användas i fältskala. Det största tillkortakommandet av dessa kartor är att de inte kvantifierar fosforbelastning och fosforreduktion.

I Aronsson m.fl. (2019)[[17]](#footnote-17) finns ett förslag på kvantifieringen av effekten av anpassade skyddszoner baserat på modelleringen med typhalterna men osäkerheterna är stora då det saknas möjligheterna att jämföra modellerade resultat med uppmätta värden.

Ytavrinning, erosion och översvämningar är en vanlig syn på svensk åker-mark under tidig vår. En betydande andel av fosforförlusterna sker vid intensiv nederbörd där kraftig ytavrinning uppstår[[18]](#footnote-18). Överhuvudtaget är förekomst, intensitet och frekvens av ytavrinningen i Sverige, speciellt i samband med skyfall, dåligt dokumenterat och framförallt saknas kvantifieringen av både vattenvolymerna och näringsämneshalterna som kan utgöra en bas för en säkrare beräkning av ytavrinningens andel av och betydelse för de totala fosforförlusterna.

#### Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap

I dag finns det riskkartor som är ett bra underlag för att identifiera lokalisering av mätpunkter som vidare skulle kunna kvantifiera förluster och bedöma deras betydelse i förhållande till totala förluster. Det behövs undersökningar som kan leda till en pålitlig kvantifiering av ytavrinningen som ett första steg i att kvantifiera eventuella effekter av anpassade skyddszoner under svenska förhållanden. För att öka kunskapen om anpassade skyddszoners effekt mot fosforförluster föreslås därför följande:

* fokuserade mätningar, med hög upplösning av vattenflöden och näringshalter, i ett antal platser där ytavrinning och erosion förekommer.
* etablerande av försök som undersöker ackumulering av näring i jordprofilen i anpassade skyddszoner och risk för förluster till dräneringssystem genom att ta ut och behandla jordcylindrar med regnsimulering på laboratorium.

*Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag*

* Kartläggning och analys av hur befintliga anpassade skyddszoner är placerade i förhållande till modellerade erosionslinjer.

*Effekt efter genomförande – behov av uppföljning*

För att uppföljningen av åtgärdens effekt ska förbättras föreslås att åtgärden är en del av åtgärdsuppföljningsprogrammet.

### Hög skyddsnivå med avseende på miljöskydd gällande små avloppsanläggningar (mindre än 200 p.e.)

*Nuläge*

Administrativa åtgärder och tillsyn- och prövningsfrågor kan leda till näringsämnesreducering trots att det primära syftet med åtgärden är en annan. Ett sådant exempel är t.ex. att alla små avlopp ska ha en efterföljande rening.

Enligt miljöbalkens 9 kap. 7§ skall avloppsvatten avledas och renas eller tas om hand på något annat sätt så att olägenhet för människors hälsa eller miljön inte uppkommer. Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten (HVMFS 2016:17) vägleder om att varje anläggning ska bedömas enskilt angående normal eller hög skyddsnivå. Skyddsnivån för hälsoskydd behöver inte vara den samma som för miljöskydd.

Att åtgärda små avloppsanläggningar till normal skyddsnivå syftar primärt till att minimera smittspridning och den efterföljande reningen har därför inte inkluderats som åtgärd då övergödning inte är den primära orsaken till att den genomförs.

Hög skyddsnivå med avseende på miljöskydd bör bl.a. gälla om utsläppet från anordningar av aktuell typ kan befaras ha negativ inverkan på det skyddade intresset i ett område, om området klassas som känsligt, om utsläpp av renat avloppsvatten sker direkt, utan föregående fördröjning i exempelvis dike, till känsligt ytvatten eller om den sammanlagda belastningen i området är eller riskerar att bli hög på grund av antalet utsläppskällor och där detta kan medföra successivt försämrad vattenkvalitet eller -kvantitet.

Det finns stora utmaningar med att kunna genomföra en bra uppföljning kring de åtgärder av små avlopp som kommer att leda till mindre övergödning, dvs. åtgärder som påverkar vattenförekomster som inte uppfyller god status vad gäller övergödning, där det finns många dåliga avloppsanläggningar och där bedömningen är att de små avloppen har en betydande påverkan.

#### Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap

För att kvantifiera den källfördelade påverkan på övergödning från små avlopp behövs mer kunskap kring markretentionen i olika jordar, men också transportvägar till recipient och de osäkerheter som finns. Frågan är komplex och i skrivande stund genomförs en systematisk kartläggning som syftar till att i den mån det är möjligt besvara frågan om vad vi vet om markens förmåga att kvarhålla fosfor från små avloppsanläggningar.[[19]](#footnote-19) Kartläggningen beräknas vara färdig våren 2021. Därför föreslås inga ytterligare undersökningar i nuläget.

#### Lokalisering och åtgärdsutrymme– behov av underlag

Krav på hög skyddsnivå med avseende på miljöskydd ska ställas inom områden där MKN riskerar att inte uppnås med avseende på näringsämnen och där de små avloppsanläggningarna står för en betydande del av påverkan.

Ett bra beslutsunderlag är nödvändigt för att kunna bedöma vilka krav på försiktighetsmått eller skyddsnivå som ska krävas av en anläggning. Tekniker som klarar hög skyddsnivå med avseende på miljöskydd är ofta tekniskt avancerade och kräver mer skötsel för att anläggningen ska fungera och för att åtgärden ska ge effekt. Det innebär att en bra uppföljning för att bedöma utrymme och effekt är viktigt så att höga krav med avseende på miljöskydd bara ställs i situationer där de får effekt ur ett övergödningsperspektiv.

Analyser av åtgärdens effekt som görs på kommunal nivå när kravet ställs är ofta osäkra. Nationella schabloniserade data ligger till grund för att kvantifiera hur stor andel av den totala antropogena belastningen som kommer från små avlopp inom ett visst avrinningsområde och har inte sällan bristande tillförlitlighet på den lokala skalan. Lokala skillnader som anläggningarnas faktiska placering och markretentionens osäkerheter är viktiga i bedömningar om utsläppet har en negativ inverkan på övergödningssituationen och om hög skyddsnivå bör tillämpas.

#### Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

För att förbättra uppföljningen av effekten av hög skyddsnivå med avseende på miljöskydd skulle en analys av kostnadseffektivitet för åtgärden behövas göras på nytt. Åtgärden behöver följas upp på delavrinningsområdesnivå istället för på kommunnivå som nu görs. Havs- och vattenmyndigheten ser i nuläget inget behov av att se över reningsschablonerna.

## Fysiska åtgärder för ökad uppehållstid av vatten

Följande åtgärder syftar till att öka vattnets uppehållstid, sänka flödeshastigheter och maximera förutsättningar för näringsreducerande processer. Flera av dessa åtgärder kan vara multifunktionella med syfte att skapa vattenspeglar, öka biologisk mångfald och ett rikt fågelliv och/eller att minska belastningen av näringsämnen nedströms. Huruvida dessa åtgärder är effektiva med avseende på näringsämnesreduktion beror till fullo av var de är placerade och hur de är utformade. För att åtgärderna ska vara effektiva mot näringsämnesreduktion så måste de utformas och anläggas med syfte att uppnå optimala förutsättningar för just detta ändamål.

Nedan presenteras pågående arbete samt hur kunskapen om dammar, tvåstegsdiken och återcirkulation av bevattningsvattens effekt mot övergödning kan förbättras.

### Våtmarker och fosfordammar

#### Nuläge

I två pågående projekt[[20]](#footnote-20) som finansieras av Havs- och vattenmyndigheten respektive Jordbruksverket (redovisning under 2022) undersöks vad som är optimal storlek och utformning på en damm för sedimentation av fosfor och var den ska lokaliseras i landskapet för att fånga så mycket fosfor som möjligt. Ett av projekten undersöker ett 40-tal jordbruksvåtmarker i lerområden i Mälardalen och Västervik. Våtmarkerna är anlagda för näringsretention, dels med specifik form för fosfor och även mer vanlig våtmarksform. Inom projektet undersöks hur långsiktig fosforretention beror av utformning, storlek och faktorer i avrinningsområdet.

För att öka kunskapen om våtmarkers ekosystemtjänster har åtta projekt beviljats under våren 2020 med finansiering från Naturvårdsverket[[21]](#footnote-21). Fem av de åtta projekten kommer att undersöka en eller flera av följande punkter;

* optimal utformning (storlek, djup, vegetation) och placering utifrån ett multifunktionellt perspektiv vilket, ökad biologisk mångfald, näringsretention av kväve och fosfor, kolinlagring och att undvika för hög avgång av växthusgaser.
* våtmarkers hydrologiska funktion och buffringskapacitet i framtida klimat med ökad översvämning och torka
* multifunktionella dammar, studera effekten av att bevattning och näringsretention kombineras
* utveckling av verktyg för beslutsstöd
* skötsel

Nyligen presenterades[[22]](#footnote-22) en metodik för att beräkna våtmarkernas optimala läge i landskapet utifrån hydraulisk belastning, tillförseln av näringsämnena och reduktion. Metodologin kan skalas upp för stora delar av Sverige i sin nuvarande form och testas småskaligt i pågående projekt finansierat av Havs- och vattenmyndigheten och Naturvårdsverket.

#### Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap

Som nämnts ovan pågår det ett flertal större projekt för att öka kunskapen om hur dammar av olika typ fungerar. För att dra största möjliga nytta av de olika projekten bör de samordnas i möjligaste mån. Behovet av ytterligare kunskap bör utvärderas när resultat presenterats.

*Lokalisering och åtgärdsutrymme– behov av underlag*

För att förbättra effekten av genomförda åtgärder finns det behov av att utveckla vägledningar för planering av anläggning av dammar/våtmarker så att placering, utformning och storlek blir optimala för näringsretention.

Jordbruksverket arbetar dock med att ta fram kartunderlag för södra Sverige med alternativa platser för våtmarker baserat på flöden av vatten och mängder näringsämnen i tillflödande vatten.

*Effekt efter genomförande – behov av uppföljning*

Även om många försök pågår för att öka kunskapen om dammars funktion, effektivitet och lokalisering så behövs uppföljning av de dammar som faktiskt anläggs och som redan finns i jordbrukslandskapet. Dokumentation, långsiktiga mätningar och enklare mätningar kompletterar varandra och ger underlag för förbättring i modellering av effekten av dammarna.

För att öka kunskapen om lokalisering och åtgärdsutrymme gällande dammar föreslås därför att;

* befintliga våtmarksdatabaser kompletteras med ytterligare metadata som var, när våtmarken anlades samt våtmarkens utformning och funktion.
* Fortsatt utvärdering av metodiken och modellering för optimal lokalisering av dammar.

### Reglering och återanvändning av dräneringsvatten

*Nuläge*

Ojämn tillgång på vatten i jordbruket riskerar att påverka produktionskapaciteten negativt. Om grödan inte växer som den ska tar den heller inte upp den näring som tillförs. Då finns risk för att överskott av näringsämnen finns kvar i jorden efter skörd eller att näringen följer med vattnet ut i vattendragen. Kvarvarande näringsämnen i jorden medför ökad risk för läckage efterkommande vinter. Med integrerade vattenhanteringssystem kan man minska de negativa sidoeffekterna av ojämn vattenanvändning inom jordbruket.

Huvudsyftet med systemen är att minska både grundvattenanvändning och diffusa utsläpp av näringsämnen, pesticider och sediment. Detta samtidigt som man uppehåller skördar av hög kvalitet och kvantitet och garanterar en effektiv vattenanvändning.

I Sverige är avrinningen från åkermark i regel som störst under vintern och tidigt på våren, eftersom nederbörden då är stor i förhållande till avdunstningen samtidigt som växternas behov av vatten är litet. Reglerbar dränering gör det möjligt att variera dräneringsintensiteten efter dräneringsbehovet. Metoden är enkel och går att anpassa till befintliga dräneringssystem. Genom att placera dämningsbrunnar på stamledningen kan man reglera grundvattennivån i marken (Wesström, 2002).

Den största fördelen med reglerbar dränering är att det går att minska avrinningen när dräneringsbehovet är litet men åtgärden passar inte överallt. Ideala förhållanden är plana fält med god genomsläpplighet i övre delen av profilen och med en naturligt högt stående grundvattenyta, eller ett tätt jordlager på ett markdjup av 1 till 3 meter. Marklutningen har stor betydelse för den praktiska möjligheten att reglera dräneringen. Ju större nivåskillnaderna är inom fältet desto fler dämningsbrunnar måste installeras, vilket bl.a. ökar kostnaden. I Finland är det allmänna kriteriet att fält med större lutning än 2 procent inte är lämpade för reglerbar dränering (Jord- och skogsbruksministeriet, 2000).

För återanvändning av dräneringsvatten beror effekten på vilka strategier man väljer för påfyllning och tappning av dammarna. Lagring av avrinningsvatten i dammar i undersökningar i Blekinge, hade i en betydande effekt på vattenkvalitet. Kväve- och fosforkoncentrationerna var lägre i dammarna än i inkommande vatten.

I en översiktlig studie har förutsättningarna för reglerbar dränering i södra Sveriges kustnära områden undersökts (Joel et al., 2004). Av den totala undersökta arealen på cirka 700 000 ha fanns förutsättning för reglerbar dränering på cirka 200 000 ha.

*Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap*

För att öka kunskapen om åtgärdens effekt på reducering av näringsämnen behövs

* kunskap om hur reglerbar dränering påverkar fosforförlusterna vid högt fosforinnehåll i marken.
* kunskap om hur reglerbar dränering påverkar N2O-avgång både genom lustgasemission och genom förluster via dräneringssystemet.
* kunskap om hur och när bevattningsdammar ska fyllas med vatten för att få bästa näringsreduktion totalt och med minsta påverkan på grundvatten och växthusgasavgång.

*Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag*

För att öka kunskapen om åtgärdens effekt behövs underlag av

* digitaliserade markavvattningsföretag enligt en gemensam standard och möjlighet att hämta digitala kartor via länsstyrelsernas kartdatabaser samt tydligare dokumentation och digitaliserad information om täckdikessystem. För att studera åtgärdens effekt föreslås att sådant material utvecklas.

*Effekt efter genomförande – behov av uppföljning*

För att öka kunskapen om effekten av återanvändning av regleringsvatten behövs samma uppföljningsbehov som övriga våtmarker och fosfordammar. Det vore även önskvärt att;

* genomföra kontinuerliga mätningar av avrinning och vattenkvalitet från reglerbara och konventionella dräneringssystem
* genomföra ytterligare mätningar av växthusgasavgång och grundvattennivåer
* mer utförlig dokumentera odlingsåtgärder och avkastningsnivåer

### Tvåstegsdiken och avfasning av dikeskanter

*Nuläge*

En variant av skyddszoner i anslutning till öppna diken och kanaliserade åfåror är avfasade slänter, som gör dikets kanter mer flacka och vegetationsklädda än ”vanliga diken”. Om avfasningen görs i terrasser på ena eller båda sidorna om dikets mittfåra, kallas det tvåstegsdike. Terrasserna fungerar som ett svämplan vid högvattenflöden. Syftet med avfasningen i ett tvåstegsdike är att öka vattnets uppehållstid i strandzonen samt att öka vegetationen förutsättningar att etablera sig vilket leder till ett ökat upptag av näringsämnen, minskad erosion och sedimenttransport.

Ett nyligen startat projekt finansierat av FORMAS[[23]](#footnote-23) och delfinansierat av Havs- och vattenmyndigheten, undersöker effekten av tvåstegsdiken jämfört med traditionella diken. I studien undersöks 10 tvåstegsdiken för deras kapacitet att hålla kvar näring och sediment under olika flödessituationer samt potential för denitrifikation på terasserna. Tvåstegsdikena anlades för minst 10 år sedan vilket innebär att de har stabiliserats i slänter och att vegetationen är etablerad. Projektet genomförs av SLU och resultat förväntas presenteras 2022.

I Östergötland pågår en uppföljning av hur mycket material som sedimenterar på terrasserna i ett ca 2 km långt nyanlagt tvåstegsdike. De första erfarenheterna visar att det är mycket viktigt att snabbt etablera vegetation för att motverka erosion av de barlagda jordytorna.

#### Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap

Inväntar resultat från pågående projekt

#### Lokalisering och åtgärdsutrymme– behov av underlag

Inväntar resultat från pågående projekt

#### Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

Inväntar resultat från pågående projekt

# Diskussion

Rapporten föreslår vad som behövs för att öka kunskapen om enskilda åtgärders effekt. Reduktionsbehovet i mindre avrinningsområden baseras ofta på nationellt framtagna beräkningar som skalas ned till lokal nivå. Det är därför viktigt att förstå de inneboende osäkerheterna i nationella underlag och källfördelningar. Kunskap om faktiska lokala förhållanden är dock avgörande för att uppnå bra effekt i åtgärdsarbetet.

De genomförda åtgärdernas samlade effekt följs upp inom vattenförvaltningens riskövervakning. Effekterna av åtgärder mot övergödning är ofta inte synliga förrän många år efter att de genomförts, på grund av den naturliga fördröjningen i vattenmiljön. Därför är användning av modeller för att beräkna närsaltstransport ett viktigt verktyg för att uppskatta effekten av enskilda åtgärder.

Under uppdragets gång så har uppföljningsbehov konstaterats för åtgärder mot övergödning som ligger utanför Havs- och vattenmyndighetens ansvarsområde. För en del av åtgärderna är avgränsningarna mellan de olika myndigheterna inte helt klara och det behövs ett tydligare samarbete mellan de stödsystem som olika myndigheter ansvarar för.

Det finns idag ett stort antal hästgårdar som inte omfattas av befintlig lagstiftning av miljöhänsyn inom jordbruket. Alla hästgårdar omfattas dock av miljöbalkens allmänna hänsynsregler men många hästgårdar och ridanläggningar behöver konkret stöd för att komma igång med miljöarbetet. För att öka kunskapen om vilka åtgärder inom hästnäringen som är genomförbara och effektiva mot näringsläckage, så bedömer vi att särskilda riktade insatser är motiverade.

De nationella beräkningar som ligger till grund för vattenförvaltningens åtgärdsprogram är inte tillräckligt detaljerade för att kunna användas till prioritering och placering av åtgärder på lokal nivå. Eftersom allt arbete med fysiska åtgärder genomförs lokalt så är just kunskapen om de lokala förhållandena och förutsättningarna avgörande för ett framgångsrikt åtgärdsarbete.

# Slutsatser

Stora utmaningar kvarstår inom åtgärdsarbetet mot övergödning. Förbättrad kunskap om enskilda åtgärders effekt mot näringsläckage på lokal nivå är en av dessa frågor som vi identifierat som särskilt prioriterade.

Vår långsiktiga vision är att ett användarvänligt planeringssystem för lokalt åtgärdsarbete utvecklas där effektberäkning sker baserat på lokal data. Utveckling av ett användarvänligt och kvalitetssäkert system är en stor utmaning som kräver långsiktighet, tålamod och kontinuerligt förbättringsarbete.

För att öka kunskapen om åtgärders effekt mot övergödning och hur uppföljningen av olika åtgärders effekt kan förbättras föreslår följande HaV:

1. **Utforma ett uppföljningsprogram för alla åtgärder mot övergödning**
* för att kontinuerligt förbättra både kunskapen om och förmågan att kvantifiera genomförda åtgärders effekt.
* insatserna bör prioriteras utifrån identifierade kunskapsbehov och koordineras med befintliga och framtida stödsystem för att kunna bidra till förbättrad åtgärdsplanering och effektberäkning i dessa system. Att styra uppföljningen från enstaka insatser i isolerade projekt till en mer koordinerad uppföljning innebär nya utmaningar, men ger även möjlighet att kunna följa långsiktiga effekter av åtgärder bättre.
1. **Utveckla användarvänliga beräkningsverktyg för åtgärdsplanering**
* fortsatt utvecklingsarbete för att kunna skapa användarvänliga beräkningsverktyg för åtgärdsplanering och effektberäkning på lokal nivå. Verktygen bör utformas så att de kan stödja prioritering av åtgärder till områden där den förväntade effekten bedöms vara störst.
* konkret stöd kring planering och utformning av åtgärder som bland annat inkluderar lämplighetskartor för respektive åtgärd. En sammanvägd bedömning av befintlig kunskap visar var respektive åtgärd kan förväntas få störst effekt för att underlätta vid planering. Stödet behöver omfatta läckage från både jordbruksmark och hästgårdar samt ridanläggningar.
1. **Metodutveckling av åtgärder**
* **Strukturkalkning**
	+ för att öka kunskapen om strukturkalkning behöver nuvarande försök i Skåne kompletteras med motsvarande åtgärder för lerjordsområden i övriga regioner.
	+ utveckla underlag för en lermineralkarta över Sveriges åkermark för att i en förlängning utveckla kartunderlag för den beräknade potentialen av strukturkalkning utifrån åkermarkens egenskaper och användning.
	+ fler fältförsök för att studera kalkfilterdiken, i syfte att förbättra kunskapen om kalkfilterdikens långsiktiga effekt och inverkan på kväveförluster.
* **Ytterligare utvärdering av befintlig metodik för optimal placering av våtmarker och fosfordammar**
* **Bättre analys av ytavrinning**
	+ många åtgärder avser att minska fosforförluster i samband med ytavrinning. Det behövs förbättrad dokumentation av förekomst, intensitet och frekvens av ytavrinningen i Sverige. Dokumentationen bör inkludera kvantifiering av både vattenvolymer och näringsämneshalter för att kunna utgöra en bas för säkrare bedömningar av ytavrinningens betydelse för de totala fosforförlusterna.
1. **Förtydligande avseende rådighet och mandat att samordna uppföljning och utvärdering av det åtgärdsarbete som kopplar till miljömålet Ingen övergödning**
* för att kontinuerligt förbättra den uppföljning och utvärdering som kopplar till miljömålet Ingen övergödning, krävs förtydliganden i rådighet och mandat. För Havs- och vattenmyndigheten handlar detta om precisering av §4 i förordning (2011:619).
* för att se till att alla berörda aktörer arbetar samordnat och med gemensam målsättning utifrån befintliga målkonflikter.

För flera åtgärder, som små avlopp, tvåstegsdiken, dammar och våtmarker pågår redan idag utvecklingsarbeten och projekt. Dessa resultat behöver sammanställas och analyseras innan ytterligare förslag på förbättringar kan formuleras.

Resultaten och förslagen som HaV tagit fram inom ramen för detta uppdrag är ett viktigt steg på vägen till ett användarvänligt planeringssystem för lokalt åtgärdsarbete., Det är i sin tur är en förutsättning för det övergripande arbetet för att motverka övergödning. Havs- och vattenmyndigheten ser fram emot att fortsätta arbetet inom vår strategiska satsning mot övergödning tillsammans med andra aktörer.

Vi bedömer att det beskrivna utvecklingsarbetet är helt nödvändigt och ser att detta regeringsuppdrag prioriterar en mycket viktig delmängd av en större helhet. Vi ser därför mycket positivt på att den här prioriterade frågan uppmärksammas.

### Havs- och vattenmyndighetens fortsatta arbete

Uppföljning av åtgärdernas effekt är en viktig del av systemet för att fastställa kostnadseffektiva åtgärder och för att nå miljömålet Ingen övergödning. Myndigheten har därför påbörjat ett fokuserat internt arbete i ett program för att utveckla en integrerad systemlösning för arbetet med övergödning från källa till hav och i ett nexus perspektiv. Myndigheten har och har haft flera viktiga regeringsuppdrag som bidrar med delar till ett mer övergripande system. Det är också viktigt att beakta de arbeten som pågår internationellt kring åtgärder och uppföljning av åtgärders effekt som kommer att bidra till ökad kunskap. Uppskattning av åtgärders effekt är också avgörande för olika former av styrmedel, till exempel marknadsbaserade lösningar. Det fortsatta arbetet med system för att följa och bedöma åtgärders effekter är därför en av flera förutsättningar för ett fortsatt starkt arbete mot övergödning. Havs- och vattenmyndigheten ser fram emot att jobba vidare med detta tillsammans med andra berörda aktörer.

1. Direktiv 2000/60/EG - en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område kap. 11 [↑](#footnote-ref-1)
2. Vattenförvaltningsförordningen 2004:660 kap. 6 [↑](#footnote-ref-2)
3. Grundläggande och kompletterande åtgärder för god vattenkvalitet, Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:34 [↑](#footnote-ref-3)
4. Förordning (1998:915) om miljöhänsyn i jordbruket [↑](#footnote-ref-4)
5. Rådets direktiv 91/676/EEG om skydd mot att vatten förorenas av nitrater från jordbruket [↑](#footnote-ref-5)
6. Direktiv 2000/60/EG - en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område kap. 11 [↑](#footnote-ref-6)
7. Vattenförvaltningsförordningen 2004:660 kap. 6 [↑](#footnote-ref-7)
8. Grundläggande och kompletterande åtgärder för god vattenkvalitet, Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:34 [↑](#footnote-ref-8)
9. Arbetet med DPSIR-modellen beskrivs utifrån EU:s vägledningsdokument Guidance Document No. 3 Analysis of Pressure and Impacts. [↑](#footnote-ref-9)
10. Grundläggande och kompletterande åtgärder för god vattenkvalitet, Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:34 [↑](#footnote-ref-10)
11. Aronsson, H., m.fl., 2019, Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärdsutrymme. Ekohydrologi 160, 2019. [↑](#footnote-ref-11)
12. Kyllmar, K., m.fl. 2020, Åtgärder i jordbruket mot övergödning- förslag till system för uppföljning av effekt Ekohydrologi 167, 2020 [↑](#footnote-ref-12)
13. Förordning (1998:915) om miljöhänsyn i jordbruket, [↑](#footnote-ref-13)
14. Rådets direktiv 91/676/EEG om skydd mot att vatten förorenas av nitrater från jordbruket [↑](#footnote-ref-14)
15. Kyllmar, K., m.fl. 2020, Åtgärder i jordbruket mot övergödning- förslag till system för uppföljning av effekt Ekohydrologi 167, 2020 [↑](#footnote-ref-15)
16. Djodjic and Markensten 2018, [↑](#footnote-ref-16)
17. Aronsson m.fl. 2019 [↑](#footnote-ref-17)
18. Kristin Boye et al. 2012. [↑](#footnote-ref-18)
19. https://formas.se/analys-och-resultat/rapporter/2019-05-03-systematisk-kartlaggning-om-markretentionen-av-fosfor-fran-enskilda-avlopp.html [↑](#footnote-ref-19)
20. https://www.slu.se/institutioner/vatten-miljo/forskning/forskningsprojekt/alla-forskningsprojekt/optimerad-utformning-och-placering-av-vatmarker/ [↑](#footnote-ref-20)
21. http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Forskning/Forskning-for-miljomalen/Pagaende-forskning-for-miljomalen/Forskning-om-vatmarkers-ekosystemtjanster/ [↑](#footnote-ref-21)
22. Djodjic, F., Geranmayeh, P. och Marksten, H., Optimizing placement of constructed wetlands at landscape scale in order to reduce phosphorus losses, 2020. [↑](#footnote-ref-22)
23. https://internt.slu.se/nyheter-originalen/2020/4/tvastegsdiken-kan-minska-naringsforluster-och-risken-for-oversvamningar/ [↑](#footnote-ref-23)