

# Åtgärder i jordbruket mot övergödning

– förslag till system för uppföljning av effekt

Katarina Kyllmar, Jens Fölster, Helena Aronsson, Kerstin Berglund,  
Faruk Djodjic, Ararso Etana, Pia Geranmayeh och Ingrid Wesström



# Åtgärder i jordbruket mot övergödning – förslag för uppföljning av effektivitet och effekt

Katarina Kyllmar	SLU, Institutionen för mark och miljö, katarina.kyllmar@slu.se
Jens Fölster	SLU, Institutionen för vatten och miljö, jens.folster@slu.se
Helena Aronsson	SLU, Institutionen för mark och miljö, helena.aronsson@slu.se
Kerstin Berglund	SLU, Institutionen för mark och miljö, kerstin.berglund@slu.se
Faruk Djodjic	SLU, Institutionen för vatten och miljö, faruk.djodjic@slu.se
Ararso Etana	SLU, Institutionen för mark och miljö, ararso.etana@slu.se
Pia Geranmayeh	SLU, Institutionen för vatten och miljö, pia.geranmayeh@slu.se
Ingrid Wesström	SLU, Institutionen för mark och miljö, ingrid.wesstrom@slu.se

<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Utgivningsår:</b>	2020
<b>Omslagsbild:</b>	Katarina Kyllmar
<b>Serietitel:</b>	Ekohydrologi
<b>Delnummer i serien:</b>	167
<b>ISSN:</b>	0347-9307
<b>ISBN:</b>	ISRN SLU-VV-EKOHYD-167-SE
<b>Elektronisk publicering:</b>	<a href="https://pub.epsilon.slu.se">https://pub.epsilon.slu.se</a>
<b>Bibliografisk referens:</b>	Katarina Kyllmar, Jens Fölster, Helena Aronsson, Kerstin Berglund, Faruk Djodjic, Ararso Etana, Pia Geranmayeh och Ingrid Wesström (2020). <i>Åtgärder i jordbruket mot övergödning - förslag till system för uppföljning av effekt</i> . Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 167).
<b>Nyckelord:</b>	utlakning, kväve, fosfor, jordbruk, åtgärder, vattendirektiv

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för mark och miljö

## Sammanfattning

Läckage av kväve och fosfor från jordbruket bidrar till övergödning i vattendrag, sjöar och hav. I ett effektivt åtgärdsarbete för minskat näringsläckage behöver alla delar finnas med, från kunskap om åtgärders funktion och effektivitet till uppföljning av den samlade effekten i jordbrukslandskapets vatten. Här ingår också att ta fram underlag i form av näringsläckage beroende av plats så att åtgärder kan väljas och lokaliseras dit de ger störst nytta. Det behövs också vägledningar, checklistor och verktyg till stöd i det lokala åtgärdsarbetet. För att allt ska fungera behövs systemstöd där inte bara rådata utan också beräknad information kan lagras och tillgängliggöras i en form som passar olika användare. Dessutom behöver det dokumenteras var, när och hur åtgärder har genomförts, inte bara de åtgärder som har stöd från Landsbygdsprogrammet. Stöd för samordning mellan myndigheter, organisationer, brukare med flera för erfarenhetsutbyte och delaktighet i utvecklingsarbetet är också en viktig funktion.

Här sammanfattas förslag på hur arbetssättet för åtgärdsarbete mot övergödning kan utvecklas. Förslagen har valts så att de så långt som möjligt kompletterar eller bygger på redan existerande verksamheter, projekt och försök. Förslagets struktur kan också användas för exempelvis åtgärder för ökad biologisk mångfald och för klimatåtgärder. Rapporten har tagits fram med finansiering från SLU:s miljöanalys och Havs- och vattenmyndigheten.

## Abstract

Leaching of nitrogen and phosphorus from agricultural land contribute to eutrophication of inland waters and the sea. In an effective water management system, several functions need to be included, from knowledge of function and effectiveness of single mitigation measures to follow-up of the overall effect in the recipient. It also includes methods for selection and localisation of mitigation measures according to where they will provide the best benefit. For the local scale, guidelines, checklists and other decision support tools are needed. Also required is a system support where not only raw data but also calculated information can be stored and made available in forms that suits different users. In addition, documentation is needed on where, when and how measures have been implemented. Support for coordination between authorities, organisations, land managers and others for the exchange of experience and for participation in development work is also an important function.

Here, a proposal on how water management in the agricultural landscape can be further developed is presented. The suggestions included are chosen to complement or build on existing activities and projects as far as possible. The proposed structure is general and can also be used for measures for increased biodiversity and climate change mitigation. The report has been produced with support from the Swedish University of Agricultural Sciences and the Swedish Agency for Marine and Water Management.

## Förord

Denna rapport ingår i en satsning inom SLU:s miljöanalys för att utreda hur åtgärdsarbete och uppföljning för minskad övergödning kan effektiviseras samtidigt som aspekter för ett hållbart jordbruk inkluderas. Rapporten förser även Havs- och vattenmyndigheten med underlag för regeringsuppdrag om hur kunskap och därmed uppföljningen av olika åtgärders effekt mot övergödning kan förbättras. Arbetet har till största delen utförts under 2020 men kompletterats något under 2021.

Projektet utgörs av tre delar vilka är att: (1) inventera behov i den svenska vattenförvaltningen; (2) ta fram konceptuellt förslag på system för åtgärdsplanering och uppföljning i jordbrukslandskapet, och; (3) föreslå hur kunskap om olika fysiska åtgärders funktion och effekt kan ökas.

Projektet har genomförts i samverkan mellan institutioner vid SLU som arbetar med jordbrukets åtgärder mot övergödning inom forskning, miljöanalys och datavärdskap. Diskussioner har förts med de myndigheter som har ansvar/behov vad gäller styrning, genomförande och rapportering i de aktuella frågorna. Även organisationers intressen har beaktats.

För inventering av behov och att ta fram ett konceptuellt förslag ansvarar Katarina Kyllmar och Jens Fölster. Kunskapsbehov för olika fysiska åtgärder har beskrivits av Kerstin Berglund (strukturkalkning), Ingrid Wesström (kalkfilterdiken; tvåstegsdiken och avfasning av dikeskanter; reglering och återanvändning av dräneringsvatten; underhåll av markaavvattningsssystem), Pia Geranmayeh (våtmarker och dammar), Faruk Djodjic (våtmarker och dammar; skyddszoner), Araso Etana (skyddszoner) och Helena Aronsson (fånggröda och mellangröda; vårbearbetning, reducerad jordbearbetning, direktsådd och *conservation tillage*; effektivt utnyttjande av mineralgödsel och stallgödsel). Värdefulla synpunkter har lämnats av Havs- och vattenmyndigheten om vattenförvaltningens arbete (kapitel 2). För innehållets helhet ansvarar Katarina Kyllmar.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Vattenförvaltning i Sverige</b>	<b>9</b>
2.1	Vattendirektivet och underliggande direktiv	10
2.1.1	Vattendirektivet	10
2.2	HELCOM och OSPAR	12
2.3	LBP - en del av EU:s gemensamma jordbrukspolitik	12
2.4	LOVA – Sveriges satsning på lokalt vattenvårdsarbete	13
2.5	Sveriges miljömål och globala hållbarhetsmål	13
2.6	Bedömningsgrunder för ekologisk status	14
2.6.1	Referensvärden och miljökvalitetsnormer	14
<b>3</b>	<b>Förslag till system för åtgärdsuppföljning</b>	<b>15</b>
3.1	Uppföljning av enskilda åtgärders funktion och effektivitet	15
3.1.1	Stor variation i effektivitet	16
3.1.2	Åtgärder i hela jordbrukslandskapet	17
3.1.3	Mätningar för bättre kunskap	20
3.1.4	Förslag	25
3.2	Underlag för lokalisering av åtgärder i landskapet	26
3.2.1	Geografiska underlag	26
3.2.2	Lokal kännedom	30
3.2.3	Förslag	31
3.3	Dokumentation av genomförda åtgärder	32
3.3.1	Förslag	33
3.4	Uppföljning av storskalig effekt av genomförda åtgärder	34
3.4.1	Stationsnät för uppföljning av näringsläckage från jordbruksmark	35
3.4.2	Grödor och åtgärder i geografiska tidsserier	37
3.4.3	Statistisk utvärdering av tidsserier	38
3.4.4	Modellberäknad utlakning från åkermark	38
3.4.5	Förslag	39
3.5	Stödsystem för effektiv planering och uppföljning	40
3.5.1	Ansvarsområden och prioriteringar	40
3.5.2	Funktionella stödsystem	41
3.5.3	Förslag	41

<b>4</b>	<b>Enskilda åtgärders effekt och uppföljning</b>	<b>43</b>
4.1	Strukturkalkning	45
	4.1.1 Beskrivning av åtgärden	45
	4.1.2 Behov av kunskap, underlag och uppföljning	49
4.2	Kalkfilterdiken	51
	4.2.1 Täckdiken som återfylls med kalk får bättre infiltrationsförmåga	51
	4.2.2 Effekten beror av jordart, kalkmedel och utformning	51
	4.2.3 Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap	52
	4.2.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag	53
	4.2.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning	53
4.3	Våtmarker och dammar	54
	4.3.1 Lägre flödes hastighet ger bättre näringsupptag och sedimentation	54
	4.3.2 Näringsretentionen beror av vattenflöde, halter och utformning	55
	4.3.3 Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap	56
	4.3.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag	57
	4.3.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning	58
4.4	Tvästegsdiken och avfasning av dikeskanter	59
	4.4.1 Bredare dike och svämplan ger mer utrymme för vatten	59
	4.4.2 Lägre vattenhastighet ger mindre erosion	59
	4.4.3 Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap	60
4.5	Reglering och återanvändning av dräneringsvatten	61
	4.5.1 Kostnadseffektiv och naturlig metod att hantera dräneringsvatten	61
	4.5.2 Effekter på vattenanvändning och näringsretention	61
	4.5.3 Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap	62
	4.5.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag	62
	4.5.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning	63
4.6	Underhåll av markavvattningssystem	63
	4.6.1 Täckdiken och öppna diken, inklusive backdiken	64
	4.6.2 Effekten beror av jordart, markens struktur, topografi och klimat	64
	4.6.3 Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap	65
	4.6.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag	66
	4.6.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning	67
4.7	Skyddszoner	68
	4.7.1 Skyddszonens funktion och effektivitet – behov av kunskap	69
4.8	Fånggröda och mellangröda	70
	4.8.1 Fånggrödor och mellangrödor håller marken bevuxen på hösten	70
	4.8.2 Effekten beror av odlingsmetod, jordart och klimat	71
	4.8.3 Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap	71
	4.8.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme - behov av underlag	72
	4.8.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning	73

4.9	Jordbearbetningssystem	73
4.9.1	Jordbearbetningssystem i Sverige	73
4.9.2	Jordbearbetningen effekt på förluster av kväve och fosforförluster	73
4.9.3	Åtgärdens funktion och effektivitet – behov av kunskap	75
4.9.4	Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag	76
4.9.5	Effekt efter genomförande – behov av uppföljning	76
4.10	Effektivt utnyttjande av mineralgödsel och stallgödsel	77
4.10.1	Mineralgödsel – precisionsgödsling för minskat kväveläckage	77
4.10.2	Mineralgödsel – behov av kunskap	77
4.10.3	Effektivt utnyttjande av stallgödsel	78
4.10.4	Stallgödsel – behov av kunskap	79
4.10.5	Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag	79
4.10.6	Effekt efter genomförande – behov uppföljning olika gödselmedel	80
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>81</b>
	<b>Referenser</b>	<b>85</b>

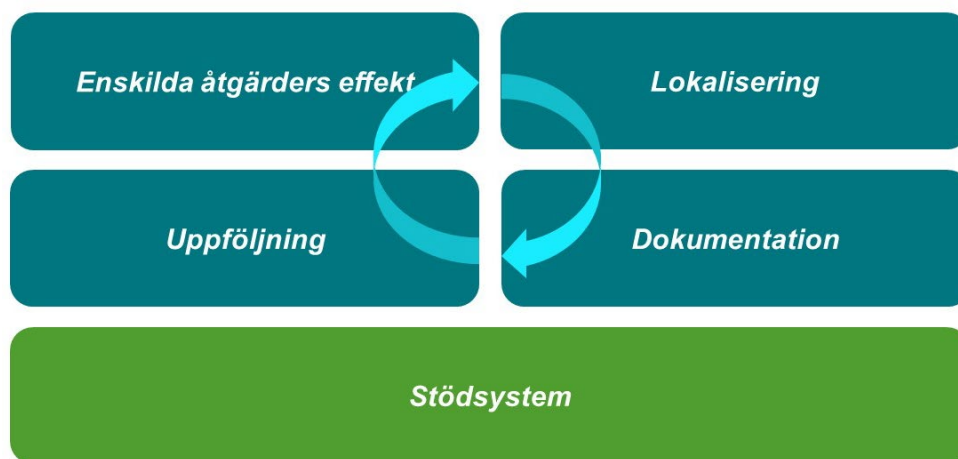


# 1 Inledning

Läckage av kväve och fosfor från jordbruksmark bidrar till övergödning i inlands-vatten och hav men också till påverkan på grundvatten. Åtgärder för minskat läckage har gjorts inom jordbruket sedan decennier men status i vattnen har ännu inte nått uppsatta mål även om förbättring ses för kväve och lokalt även för fosfor. Inom vattenförvaltningen som ska se till att sjöar och vattendrag uppnår beslutade miljö-kvalitetsnormer sker återkopplingen i sex-åriga cykler. Det innebär att återkopp-lingen och förbättringsarbetet tar lång tid. För att öka takten i åtgärdsarbetet behöver lärandet om åtgärders effekt vara mer kontinuerligt och utgå från alla typer av kun-skapskällor, från forskning, långliggande försök och enklare uppföljningsprogram till miljöövervakning i referensområden för jordbruk och i jordbruksvattendrag.

Åtgärdsuppföljning är här ett nyckelord. Det består i sin tur av ett helt batteri med delar som behöver ingå i ett effektivt åtgärdsarbete (*Figur 1*). Det är hur en-skilda åtgärder fungerar under olika förutsättningar, hur man väljer och lokaliserar åtgärder, hur man följer upp efter att åtgärder har genomförts men också vilka stöd-system som behövs. En annan aspekt är hur bakgrundsnivåer definieras och vad som är rimlig reduktionsnivå för att bibehålla ett lönsamt men också hållbart jordbruk.

Syftet med denna rapport är att ge förslag på hur åtgärdsuppföljningen ytterligare kan effektiviseras.



*Figur 1.* Åtgärdsuppföljning kan definieras i flera delar: kunskap om hur åtgärder fungerar beroende av platsens egenskaper och i kombination med andra åtgärder, hur de lokaliseras beroende på var det behövs förbättring och var det finns utrymme i landskapet, dokumentation om var, när och hur de genomförs och med vilka resurser och styrmedel, samt slutligen uppföljningen av effekten i vattendrag men också styrmedlens effektivitet. För att allt ska fungera behövs stödsystem i form av verktyg, datalagring och en klargjord ansvarsfördelning.

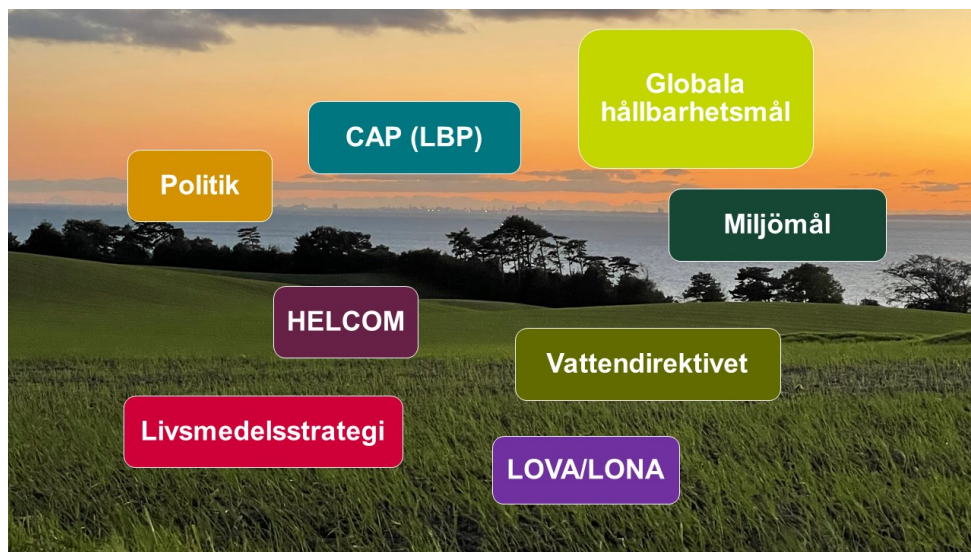
## 2 Vattenförvaltning i Sverige

Sveriges vattenförvaltning styrs främst av EU:s ramdirektiv för vatten. Andra direktiv som rör näringspåverkan från jordbruk är nitratdirektivet, grundvattendirektivet och havsmiljödirektivet. Internationellt styrs åtgärdsarbetet även av åtaganden inom HELCOM och OSPAR. Jordbrukspolitiken styrs av EU:s gemensamma jordbrukspolitik, CAP (Common Agricultural Policy) som ligger till grund för Landsbygdsprogrammet (LBP). På ett mer övergripande plan styrs åtgärdsarbetet av Sveriges miljömål och de globala hållbarhetsmålen (*Figur 2*).

Åtgärder inom jordbruket genomförs med olika styrmedel, som t.ex. regler om stallgödselspridning, stöd genom Landsbygdsprogrammet för att odla fånggröda, anlägga skyddszoner, jordbearbeta på våren istället för på hösten etc. Rådgivning till lantbruket genom Greppa Näringen (Jordbruksverket, Länsstyrelserna, LRF och rådgivningsorganisationer) har bidragit till en allmän ökad kunskap om risker för näringsläckage och lämpliga motåtgärder vilket sannolikt också påverkat brukningsmetoderna.

Åtgärder mot övergödning görs även med statliga stöd, främst i form av LOVA (Lokalt Vattenvårdsarbete) och söks av lantbrukare gemensamt eller tillsammans med organisationer eller myndigheter.

Landsbygdsprogrammets stödsystem gör det möjligt att följa upp var olika åtgärder har genomförts, medan det för de statsanslagsfinansierade åtgärderna är svårare att göra uppföljningar i landskapet då systematik för dokumentation saknas.



Figur 2. Jordbrukets arbete för minskat näringsläckage kan relateras till en mängd styrmedel. Globala hållbarhetsmål och svenska miljömål, vattendirektivet och EU:s jordbrukspolitik (CAP), samarbete kring Östersjön inom HELCOM, svenska stödformer som LOVA och LONA, den svenska livsmedelsstrategin och inte minst svensk politik. Foto: Katarina Kyllmar.

## 2.1 Vattendirektivet och underliggande direktiv

EU:s ramdirektiv för vatten antogs av medlemsländerna år 2000 och implementerades 2003 i den svenska miljöbalken som tillsammans med vattenförvaltningsförordningen och olika föreskrifter styr vattenförvaltningen. Fem regionala vattenmyndigheter ansvarar för att genomföra kartläggning och analys av vattenförekomsterna i sina respektive vattendistrikt, sätta upp miljökvalitetsmål samt ta fram åtgärdsplaner för att uppnå dessa. Havs- och vattenmyndigheten har den övergripande samordningen för vattenförvaltningen och tar t.ex. fram föreskrifter för statusklassning och sammanställer vattenmyndigheternas rapporteringar till Sveriges gemensamma rapportering till EU. Havs och vattenmyndigheten samordnar även arbete inom havsmiljödirektivet.

Nitratdirektivet fokuserar på läckage av nitrat från jordbruksmark och har Jordbruksverket som samordnande myndighet medan grundvattendirektivet som avser grundvattnets kvalitet och tillgång hanteras av Sveriges Geologiska Undersökning.

### 2.1.1 Vattendirektivet

Det övergripande målet för vattendirektivet är att kommande generationer ska få tillgång till vatten av bra kvalitet i tillräcklig mängd. Det ska uppnås genom åtgärder som minskar den mänskliga påverkan på vattenekosystemen. Vattenförvaltningen

är den löpande verksamheten som genomförs av de fem vattenmyndigheterna. Förvaltningsarbetet omfattar att bl.a. att utforma miljöövervakningsprogram, genomföra påverkansanalyser, bedöma vattenförekomsternas status, besluta om miljökvalitetsnormer, ta fram åtgärdsprogram och förvaltningsplaner, ta fram föreskrifter och vägledningar till stöd för arbetet samt att rapportera resultat till Europeiska kommissionen. Vart 6:e år sker också en revidering av förvaltningsarbetet.

Miljöövervakningen delas in i kontrollerande och operativ övervakning. Den kontrollerande övervakningen ska ge stöd åt statusklassningen och beskriva storskaliga förändringar, medan den operativa övervakningen ska fastställa den ekologiska statusen för vattenförekomster som riskerar att inte uppnå god status. Fokus ligger på biologiska kvalitetsfaktorer som är känsliga för en viss påverkan. För näringspåverkan är det t.ex. främst växtplankton i sjöar och påväxtalger i vattendrag som övervakas medan de fysikalisk-kemiska faktorerna bara utgör stödparametrar. I praktiken har dock de fysikalisk-kemiska parametrarna större betydelse än så. Det gäller särskilt för näringspåverkan där halterna av näringsämnen och deras avvikelse från referensvärden utgör länken mellan den mänskliga påverkan och effekten på de levande organismerna. Mätningar av halterna av näringsämnen gör det också möjligt att beräkna hur mycket belastningen måste minska för att nå målen vilket ligger till grund för miljökvalitetsnormer för näringsämnen.

Påverkansanalysen omfattar att sammanställa alla påverkanskällor för varje vattenförekomst. För övergödning innebär det att källfördela näringspåverkan så att man kan avgöra vilka källor som har störst betydelse för en vattenförekomst och var åtgärder för minskad belastning behöver göras för att uppnå målen.

Baserat på statusklassningen och påverkansanalysen upprättas miljökvalitetsnormer som anger vilken vattenkvalitet som ska uppnås. För övergödning i sjöar och vattendrag innebär det oftast en halt av totalfosfor och i kust och hav halter av både fosfor och kväve. Skillnaden mellan den satta miljökvalitetsnormen och det rådande tillståndet utgör det åtgärdsbehov som ligger till grund för de åtgärdsprogram som tas fram av vattenmyndigheterna. Åtgärdsprogrammen beskriver i första hand administrativa åtgärder som syftar till att det blir enklare för bl.a. markägare att genomföra fysiska åtgärder. Åtgärdsprogrammen ska förankras med lokala aktörer, kommuner och myndigheter. För jordbrukets näringspåverkan innebär det också att ta fram kostnadseffektiva åtgärdsprogram som både fungerar praktiskt och ekonomiskt för den enskilda lantbrukaren och som även fungerar att administrera och som följer rådande lagar och regler. När åtgärdsprogrammen antagits, fattar regering och riksdag beslut om de styrmedel som behövs för att åtgärderna ska komma till stånd.

Ekologisk status definieras som avvikelse från ett referensvärde som motsvarar en obetydlig mänsklig påverkan. God status, som är målet för de flesta vattenförekomster, motsvarar en godtagbar avvikelse från referenstillståndet. För totalfosfor i sjöar utgörs t.ex. den gränsen av en dubbling av halten jämfört med referensvärdet.

Ett undantag från kravet att uppnå god status gäller kraftigt modifierade vatten dvs. vattenförekomster som är så förändrade att det inte längre är relevant att jämföra med ett opåverkat tillstånd. Det gäller till exempel kraftverksdammar och kanaliserade vattendrag. För dessa ska istället god ekologisk potential uppnås vilket innebär att man jämför med det tillstånd som skulle kunna uppnås om man tog bort all annan påverkan än den som är grunden för att vattenförekomsten definierats som kraftigt modifierad.

## 2.2 HELCOM och OSPAR

HELCOM (Helsingforskommissionen) är en internationell organisation med länderna kring Östersjön som medlemmar och med syfte att uppnå en god ekologisk status i Östersjön samtidigt som utvecklingen är ekonomisk och socialt hållbar. I det arbetet ingår att regelbundet rapportera belastningen av näringsämnen på havet fördelat på olika källor (PLC, Pollution Load Compilation). I Sverige utförs dessa beräkningar av SMED-konsortiet på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Beräkningarna görs på en mycket hög detaljeringsnivå som gör det möjligt att beräkna åtgärdsbeting och utfallet av olika scenarier med åtgärder och förändringar i odlingen. Med en ökad kunskap om de olika åtgärdernas effekt ökar precisionen i dessa beräkningar. Underlag som tas fram i samband med PLC används inte bara inom HELCOM utan är en viktig del i vattenförvaltningens påverkansanalys.

För Nordostatlanten finns en motsvarande organisation - OSPAR (Oslo-Paris-konventionen) som Sverige ingår i.

## 2.3 LBP - en del av EU:s gemensamma jordbrukspolitik

Social, ekonomisk och miljömässig hållbarhet för medlemsländerna är det övergripande målet för EU. För att nå målen i den gemensamma jordbrukspolitiken (CAP) har länderna tagit fram nationella program. Ett av dem är Landsbygdsprogrammet (LBP) som har som mål att utveckla jordbruket och skapa en attraktiv landsbygd. Med olika stöd prioriteras särskilt angelägna mål som miljö, klimat och konkurrenskraft för jordbruket.

Stöd för åtgärder som kan kopplas till förbättrad vattenkvalitet finns i två former: miljöersättningar och investeringar. Miljöersättningarna avser åtgärder som görs löpande. Det kan vara att odla fånggröda, bearbeta jorden på våren istället för på hösten eller att anlägga skyddszoner på åkermark längs med vattendrag. Investeringstödet ges för anläggningar som är mer permanenta. Våtmarker, dammar, tvåstegs-

diken, installation av reglerbar dränering, kalkfilterdiken och strukturkalkning räknas hit. Stöden söks genom länsstyrelserna som också handlägger ansökningarna. Ersättningen utbetalas när åtgärden är genomförd.

Kompetensutveckling är också en viktig del av landsbygdsprogrammet. Här har Sverige valt att satsa på rådgivning till lantbruksföretag om bland annat växtnärings-hushållning. Rådgivningen sker genom Greppa näringen som är ett samarbete mellan Jordbruksverket, länsstyrelserna och LRF.

## 2.4 LOVA – Sveriges satsning på lokalt vattenvårdsarbete

För att öka det lokala engagemanget för åtgärder som förbättrar inlandsvatten och kustvatten har Sverige inrättat ett stöd för lokala vattenvårdsprojekt (LOVA). Stödet ges för både för investering i fysiska åtgärder och till aktiviteter som att informera, samordna, lokalisera och utvärdera åtgärder. Många av åtgärderna som hittills genomförts är relaterade till övergödning men det har även gjorts åtgärder för biodiversitet och minskad påverkan av miljögifter. Havs- och vattenmyndigheten ansvarar för samordning medan stöden söks genom länsstyrelserna. Stöden kan sökas av kommuner och ideella sammanslutningar och större delen betalas ut i förskott till skillnad mot för LBP.

Ett motsvarande stöd finns för lokalt naturvårdsarbete (LONA). Här kan stöd sökas för bland annat anläggning av våtmarker för biologisk mångfald. Naturvårdsverket samordnar stödet medan ansökningar görs genom länsstyrelserna på samma sätt som för LOVA.

För att hitta nya sätt att arbeta lokalt med vattenvård och öka omfattningen av åtgärder startades projektet LEVA (Lokalt engagemang för vatten). Ett antal LEVA pilotområden etablerades under 2018 och till varje pilotområde rekryterades åtgärdssamordnare. Projektet leds av Havs- och vattenmyndigheten i samarbete med Jordbruksverket, vattenmyndigheterna och LRF.

## 2.5 Sveriges miljömål och globala hållbarhetsmål

Hela Sveriges miljöpolitik organiseras i 16 nationella miljömål med syfte att inom en generation lösa alla stora miljöproblem. Åtgärder mot näringsbelastning från jordbruket berör så många som sju av miljömålen: Ingen övergödning, Levande sjöar och vattendrag, Grundvatten av god kvalitet, Hav i balans samt levande kust och skärgård, Myllrande våtmarker, Ett rikt odlingslandskap samt Ett rikt växt och djurliv. Miljömålen följs upp av indikatorer från ett urval av mätningar och undersökningar, exempelvis följs belastningen på havet genom mätningar i de stora vat-

tendragen och genom modellberäkningar av olika källors bidrag. Miljömålen kopplar till vattenförvaltningen genom att kravet på god ekologisk status ingår i flera miljömål och att påverkan på haven inte ska överskrida överenskommelserna inom HELCOM och OSPAR.

Sedan 2016 ingår de nationella miljömålen i de av FN beslutade globala hållbarhetsmålen som förutom miljömål även omfattar mål för social och ekonomisk hållbarhet.

## 2.6 Bedömningsgrunder för ekologisk status

Bedömningsgrunderna utgör verktyg för att klassa ekologisk status för vattenförekomster. Med ekologisk status menas hur mycket det rådande tillståndet skiljer sig från ett förväntat referenstillstånd. Bedömningsgrunderna är framförallt framtagna för vattendirektivets behov, men är även viktiga för miljömålsuppföljningen. De kopplar också till annat miljökonventionsarbete genom att referensvärdet för fosfor i jordbruksvattendrag motsvarar bakgrundsbelastningen som tas fram inom PLC-beräkningarna och som rapporteras till HELCOM.

### 2.6.1 Referensvärden och miljö kvalitetsnormer

Referenstillståndet för en sjö eller ett vattendrag ska bestämmas utifrån opåverkade vattenförekomster av samma typ. För t.ex. totalfosfor i sjöar räknar man ut referensvärdet med en formel som baserar sig på sjöar som inte är övergödda. Det innebär i praktiken lite förenklat att skogsjöar används som referensvärden för sjöar även i jordbrukslandskapet, även om dessa troligen naturligt är mer näringsrika än skogsjöar. Eftersom i stort sett all näringsrik mark har odlats upp finns det inga sjöar i odlingslandskapet som inte är påverkade av jordbruk. För vattendrag har man en liknande formel för att beräkna referensvärden men för jordbrukets vattendrag kompletteras den med en modellerad bakgrundshalt relaterat till läckaget från ögödsbladvall. Modellberäkningen kommer från PLC-beräkningarna och utförs av SLU inom SMED. På det sättet blir referensvärdet högre för vattendrag som avvattnar naturligt näringsrika jordar. Det pågår även ett arbete med att också för sjöar kunna beräkna ett referensvärde som tar hänsyn till att odlingslandskapets jordar är naturligt mer näringsrika. Modellerade bakgrundsvärden för näringsämnen används även för kustområden.

För de vattenförekomster som ska uppnå minst god status innebär det att fosforhalten i sjöar och vattendrag ska var lägre än det dubbla referensvärdet. Gränsvärdet för fosforhalten mellan god och måttlig status används ofta som Miljö kvalitetsnorm som ett lagligt bindande värde som måste uppnås.



## 3 Förslag till system för åtgärdsuppföljning

Fysiska åtgärder genomförs kontinuerligt inom jordbruket för att minska påverkan på recipienten men kunskapen är begränsad i hur flera av åtgärderna fungerar under olika förutsättningar och hur man väljer vilken åtgärd som är mest effektiv på en viss plats. Det saknas också effektiva system för att följa upp effekterna i jordbrukslandskapets vatten.

Det adaptiva arbetssättet som används inom vattenförvaltningen är en kombination av kontinuerligt utvecklings- och förbättringsarbete och löpande förvaltning. Sverige har kommit långt i detta arbete även om förbättringarna i vattenkvalitet går långsamt.

För att ytterligare förbättra takten i åtgärdsarbetet och uppbyggnaden av kunskap behöver hinder identifieras så att fortsatta prioriteringar kan göras. Här ges förslag vad gäller behov av kunskap men också hur ett robust system för uppföljning av genomförda åtgärder och effekt i miljön kan se ut.

### 3.1 Uppföljning av enskilda åtgärders funktion och effektivitet

Utlakningen av kväve och fosfor från jordbruksmark uppvisar en stor variation som bl.a. beror på skillnader i geologi, hydrologi, klimat och odlingsinriktning. Skillnaderna är dels regionala, men läckaget kan även variera mycket på den lokala skalan. Åtgärder mot näringsläckage har därmed också stor variation i effektivitet beroende på var de lokaliseras. För att kunna välja vilken åtgärd som är mest lämplig för en viss plats behövs därför information om hur åtgärder fungerar under olika förutsättningar på både kort och lång sikt.

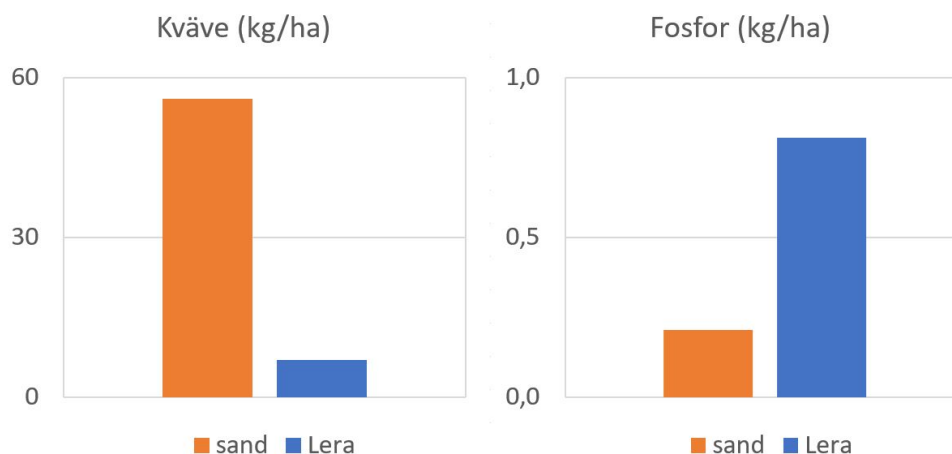
### 3.1.1 Stor variation i effektivitet

Geologi och jordart bestämmer grundnivån för utlakning av kväve och fosfor från åkermark. Lerjordar och sandiga jordar har generellt helt olika nivåer på utlakning av kväve och fosfor (*Figur 3*).

En lerjord karakteriseras av förluster av fosfor i partikelbunden form som följd av erosion i marken, i dräneringssystem och på ytan medan sandjordens fosforläckage mestadels utgörs av vattenlöslig fosfatfosfor. Den partikelbundna fosfor i lerjorden kan ha sitt ursprung i tidigare gödsling eller markens naturliga innehåll av fosfor. Lerjordens förluster av fosfor är ofta betydligt större än från sandjorden. Det förekommer dock att sandjordar som tillförts fosfor under lång tid har ett förhållandevis stort läckage av löst fosfor på grund av att fosformättnadsgraden ökar. Oftast är det jordar som har fått mycket stallgödsel.

Läckage av kväve skiljer också stort mellan jordarterna. Här är det sandjorden som har högre läckage än lerjorden. Det kan förklaras av att sandjorden har stor genomsläpplighet för vatten och att det finns få ytor som kvävet kan binda till. Kväve som mineraliseras från markens organiska material och växtrester förs därför snabbt ner genom marken till dräneringssystemet.

I lerjorden är det tvärtom för kväve. Långsamt flöde genom marken och många ytor att fästa till innebär att de kemiska och biologiska processerna har större kapacitet att omsätta kvävet vilket också innebär att mer av kvävet återgår till luften genom denitrifikation.



*Figur 3.* Utlakning av kväve och fosfor från åkermark skiljer mellan sandjord och lerjord visar beräkningar för södra Sverige med NLeCCS-systemet (Johnsson et al. 2019). För sandjord blir utlakningen 56 kgN/ha och 0,21 kgP/ha medan den för lerjord blir 7kgN/ha och 0,81 kgP/ha.

I vattendrag och andra öppna vatten beror val av åtgärd inte bara av jordarten på platsen där själva åtgärden ska göras utan också vilken jord som dominerar på hela den åkermark som avvattnas. Inom jordbrukslandskapet kan jordarter skilja stort med ofta lerigare jordar nära vattendraget och sandigare jordar högre upp längs sluttningar. På samma sätt är kännedom om vattenflödets dynamik och flödesvägar av stor betydelse för vilken effekt man kan förvänta av en åtgärd. Åkermarkens dräneringsvatten har ofta stora skillnader i halter beroende på årstid och väderlek och med det största utflödet av näringsämnen när vattenflödet är stort. Det behöver också tas hänsyn till grundvattenflöden. Om en våtmark lokaliseras där näringsfattigt djupare grundvatten strömmar ut kan resultaten bli svårtolkade och riskera att ge missledande resultat.

Vattenflödenas dynamik påverkas också av klimatförändringarna. Redan nu förekommer att nederbörden är mer intensiv med mer högflöden i vattendragen och översvämningar i nedströms områden. Perioder av torrt och varmt väder blir också mer vanligt. Åtgärder som håller tillbaka vattnet i landskapet utan att för den skull hindra markavvattningen blir därför ännu mer nödvändiga för att minska näringsläckaget, men också för att minska risken för översvämningar och torka.

### 3.1.2 Åtgärder i hela jordbrukslandskapet

Vid val av åtgärder för minskad övergödning behöver man ta hänsyn till hela kedjan från gröda till vattendrag (*Figur 4*). Att hindra att näringen lämnar åkern där näringshalten är som störst är den första åtgärden. Med goda förutsättningar för grödan minskar risken för ökad utlakning av kväve och fosfor. Återanvändning av dräneringsvatten och andra vattenfördröjande åtgärder som inte inverkar negativt på åkern som odlingsplats minskar ytterligare risken för utflöde av näringsämnen från marken via markavvattningsystemen till vattendragen.



*Figur 4.* Åtgärder mot övergödning behövs i odlingsssystem, mark, dränering och vattendrag. Foto: Katarina Kyllmar.

### *Odlingssystem och brukningsåtgärder*

Grödor som täcker markytan och som växer under en stor del av året är de mest effektiva grödorna för att minska näringsläckaget. Dels tas näringen upp av växter under en längre tid av året och dels minskar risken för erosion. Vall som växer under flera år räknas hit. Det finns visserligen en risk med utfrysning av fosfatfosfor ur växtmaterialet på vintern men det ska vägas mot att erosionen är mindre än om marken är obevuxen, åtminstone på en lerjord. En nackdel med vall är att läckaget blir stort när det bryts. Det är därför en fördel om en vall får ligga under många år.

En fånggröda, eller mellangröda, växer efter huvudgrödan och förlänger tiden som marken är bevuxen mellan två huvudgrödor. Fånggröda är ett begrepp för den typ av mellangröda som medger miljöersättning inom landsbygdsprogrammet, med särskilda villkor för sådd, art och brytningstidpunkt. Mellangröda är ett vidare begrepp för grödor som håller marken bevuxen mellan huvudgrödorna. Det är bara för fånggrödor med stöd i landsbygdsprogrammet som det finns dokumentation om odlingens omfattning.

Jordbearbetning som plöjning och harvning används för såbäddsberedning och bekämpning av ogräs. Att undvika jordbearbetning under perioder när den biologiska aktiviteten är stor under sommar och höst är viktigt för att minska läckaget. Odlingssystem med s.k. reducerad jordbearbetning eller helt utan jordbearbetning har blivit vanligare vilket ger både mindre energiåtgång och mindre kväveläckage. Ibland varvar man odling utan jordbearbetning med plöjning vissa år. Sådan strategi kan vara bra med avseende på läckagerisk genom att det minskar risken att det bildas djupa permanenta spricksystem där näring snabbt kan transporteras till dräneringsystemet vilket kan vara fallet om man aldrig plöjer.

Gödsling behövs för att få en bra skörd. Gödsling anpassad efter grödans behov ökar inte läckaget, men överdosering ger däremot en risk för ökad utlakning (Aronsson & Stenberg 2010). Överdoserings kan ske med både mineralgödsel och stallgödsel. Eftersom stallgödselns näring endast delvis är direkt växttillgänglig kan det vara svårt att bedöma när den bundna delen frigörs. En vanlig gödselstrategi är därför att grundgödsla med stallgödsel i samband med sådd och därefter komplettera med mineralgödsel när tillväxten är som störst. Den totala mängden kan dock bli för stor vilket statistik från SCB visar (Djordjic & Kyllmar 2011). Att anpassa gödslingen för att undvika överdosering i förhållande till den förväntade skörden bör därför vara en prioriterad åtgärd. Om däremot skörden blir låg som följd av ogynnsam väderlek kan det också ge ökad utlakning men detta är svårt att planera för.

### *Markstruktur och dränering*

Grunden för ett effektivt odlingssystem med så litet läckage som möjligt är en väl fungerande åkermark. En bra odlingsjord har en struktur som tillåter luft, vatten och

näringsämnen att cirkulera så att grödorna kan utveckla kraftiga rotsystem som kan tillgodose grödans behov av näring och vatten.

Åtgärder som förbättrar markens struktur kan vara strukturkalkning men också t.ex. att odla grödor med välutvecklade rotsystem, undvika markpackning och öka mullhalten. Med en väl fungerande dränering får marken tillräckligt med syre för att djupare rotsystem ska kunna utvecklas. Risken för att marken ska få packningsskador minskar också om den är väl-dränerad. Översyn av dräneringssystemens funktion är därför en viktig åtgärd för att minska näringsläckaget.

#### *Multifunktionalitet – vattenhushållning, naturanpassning och klimatåtgärder*

Förutom att åtgärder ska fungera för näringsretention behöver de också värderas utifrån andra hållbarhetsmål och miljömål än minskad övergödning (Kyllmar & Wesström 2018) (Figur 5). Eftersom näringsläckage sker genom transport av vatten blir det naturligt att också inkludera hållbar vattenhantering. Vattnet behöver sparas i landskapet för att klara torrperioder under växtsäsongen men det behövs också utrymme att fördela vattnet i landskapet när det är för mycket vatten som vid stora skyfall på torr mark. Genom att öka vattnets uppehållstid i landskapet ökar också möjligheterna för näringsupptag och sedimentation, och genom att återanvända vattnet minskar utflödet av näringsämnen ytterligare. Att anlägga bevattningsdammar är ett sådant sätt som inte bara återanvänder vatten för att ge bättre produktion utan också gynnar näringsretention och biodiversitet.



Figur 5. Multifunktionalitet i åtgärder i jordbruket mot övergödning innebär att också inkludera hållbar produktion, landskapets förmåga att lagra vatten, landskapsstruktur och förutsättningar för biodiversitet samt klimatåtgärder som kolinlagring och minskade utsläpp av växthusgaser. Foto: Katarina Kyllmar.

Även vattendragens utformning har betydelse. Väl avsläntade dikeskanter tillsammans med gräsbevuxna skyddszoner minskar risken för erosion och ger samtidigt utrymme för biodiversitet. Med högväxande vegetation på den södra sidan av vattendraget ges skugga för vattenlevande organismer och genom att ta bort vandringshinder skapas förutsättningar för lekande fisk.

Åtgärder på åkermarken som strukturkalkning kan också fungera utjämnande på vattenflöden eftersom infiltrationen i marken förbättras så att risken för ytavrinning minskar. Kolinlagring i marken kan gynnas av åtgärder på fältet som ökar mängden organiskt material i marken, som exempelvis fånggröda. Men hur mycket organiskt material som kan lagras innan det istället riskerar att förloras genom läckage till vattendragen kan variera stort mellan olika typer av jord och dräneringsförhållanden. Detsamma gäller risken för växthusgaser från mark och vatten.

### 3.1.3 Mätningar för bättre kunskap

Kunskap om enskilda åtgärders effekt för att motverka näringsläckage har mestadels tagits fram genom kortare forskningsprojekt. Försöken har gjorts på laboratorium, i s.k. lysimetrar där jordprofiler utsätts för olika behandling och i fältförsök där utlakningen mäts i dräneringsrören från försöksrutorna. Några åtgärder som olika jordbearbetningssystem, gödslingsstrategier, kalkning, fånggröda, extensiv vall och reglerbar dränering följs däremot långsiktigt i SLU:s långliggande försök.

Väderförhållandena skiljer stort mellan åren vilket kan medföra att en åtgärd som undersöks med fältmätningar under två-tre år kan ge missvisande medeleffekt. Mer stabila värden fås med mätningar på 10 år eller mer. Det gäller både mätningar av bruksåtgärder som genomförs under odlingsåret och åtgärder som innebär en förbättring av mark och markavvattningssystem.

För åtgärderna som innebär en engångsinsats behövs också kunskap om hur de ska anläggas och skötas för att ha en så bra läckagereducerande effekt under så lång tid som möjligt. Det innebär också att veta hur lång tid det tar innan åtgärden når full effektivitet. För en våtmark tar det som exempel flera år innan vegetation och organismer har etablerats.

Det finns också risk att en åtgärd som är bra mot fosforläckage kan ge en merutlakning av kväve, eller tvärtom. För kalkåterfyllnad över dräneringsledningar finns det indikationer på att utlakningen av kväve kan öka något.

När flera åtgärder kombineras blir den totala effekten sällan summan av de enskilda åtgärdernas effektivitet. Den beror på att den första åtgärden har störst potential att reducera utlakningen medan nästa åtgärd utgår från en lägre utgångsnivå. Det här kan tas fram med modellberäkningar men att mäta effekten av olika kombinationer av åtgärder blir snabbt komplext. Istället är mätningar i mindre avrinningsområden ett sätt att följa upp den samlade effekten.

I vilken ordning åtgärderna görs är inte heller bara en fråga om effektivitet utan också att en åtgärd kan vara verkningslös om inte förutsättningarna är goda, som exempelvis att fältets dränering fungerar. Det kan också vara så att utrymmet för en åtgärd försvinner om det redan är upptaget av en annan åtgärd. Att odla fånggröda i en långliggande vall är en sådan orimlig kombination.

#### *Långtidsmätningar, enklare undersökningar och bred dokumentation*

Mätningar kan inte göras som täcker alla variationer i mark, hydrologi och klimat. Däremot ger långsiktiga och detaljerade (intensiva) mätningar på platser som tillsammans täcker de vanligaste typerna av odlingsförhållanden bra information om hur åtgärder fungerar och vilka faktorer som har störst betydelse. Den här typen av mätningar innebär oftast kontinuerlig flödesmätning och flödesproportionell vattenprovtagning. Ett sådant förslag för långsiktig uppföljningsprogram togs fram 2016 på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten (Geranmayeh et al.).

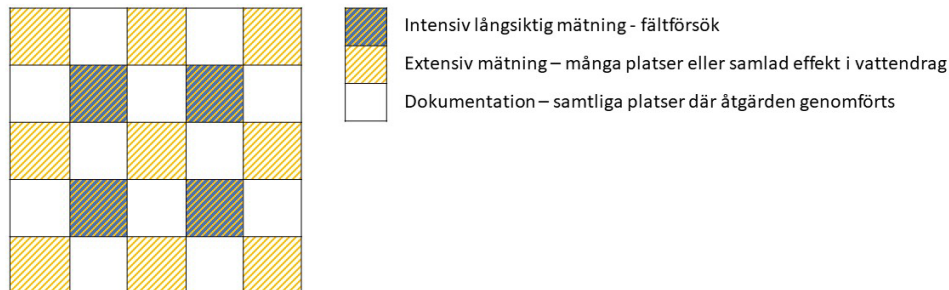
För att komplettera de långsiktiga mätningarna och täcka de viktigaste variationerna behövs enklare (extensiva) undersökningar på ett större urval av platser. Hur många platser som väljs ut kan variera beroende på åtgärd. Undersökning av aggregatstabilitet för uppföljning inom LOVA av strukturkalkning är här ett bra exempel på hur många platser tillsammans kan ge en bra bild av variationen i landet. Att undersöka sedimentation i ett urval av våtmarker kan vara ett annat sätt att göra kompletterande mätningar så som görs inom pågående projekt finansierade av bl.a. Havs- och vattenmyndigheten.

Extensiva mätningar bör också utföras i mindre vattendrag eller i markavvattningsföretag. Det är främst när man vill undersöka den samlade effekten av åtgärder som gjorts inom området. Det kan vara en enskild åtgärd som genomförts i stor omfattning som strukturkalkning men det kan också vara ett flertal olika åtgärder. Det här är ett sätt att få kunskap om hur effekten av åtgärder förändras från fält till vattendrag och när flera åtgärder kombineras.

Slutligen behöver alla platser där åtgärden genomförts dokumenteras. Information om hur, var och när åtgärden genomförts är grundläggande. Dessutom bör man gärna ta in information från planeringsprocessen där bedömning av förutsättningarna för åtgärdens effekt är betydelsefull, som t.ex. vid strukturkalkning. Att återkomma några år efter genomförande med uppföljande enkla frågor om erfarenheter bör också ge ytterligare kunskap om åtgärden.

Med långsiktiga intensiva mätningar som stomme och enklare extensiva mätningar och dokumentation som tillägg skapas förutsättningar för robust kunskap om varje åtgärd (*Figur 6*). Samtidigt utgör den enklare dokumentationen i sig information om var åtgärden faktiskt har genomförts. För en bedömning av den förväntade effekten i landskapets vatten är den informationen nödvändig.

För att nätverket av platser och undersökningar ska komplettera varandra behövs en nationell samordning, både för val av platser och undersökningsmetoder men även för sammanställning och utvärdering av resultaten.



Figur 6. Mätningar med olika intensitet och omfattning tillsammans med dokumentation är grunden till kunskap om en åtgärd.

### *Referensmätningar och integrerad uppföljning*

Mätningar behövs inte bara där åtgärden genomförs, det behövs också referensmätningar. I fältförsök på åkermark ingår att även ha referensytor som inte behandlas. Det gäller både de intensiva långtidsmätningarna och extensiva enklare mätningar.

För åtgärder i diken, dammar och våtmarker har man istället mätningar uppströms åtgärden som referens och mätningar nedströms så att man på det sättet bestämmer åtgärdens effektivitet. För att vara säker på att det är åtgärdens effektivitet som mäts bör det inte ske ett utbyte mellan ytvatten och grundvatten.

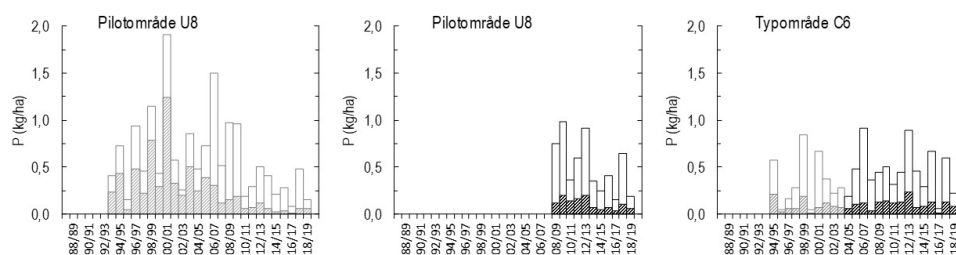
När åtgärder görs inom ett helt avrinningsområde eller inom ett markavvattningsföretag behövs också referensmätningar. Att ha tillgång till mätningar från vattendraget innan åtgärden genomförs är ovanligt, de skulle i så fall utgöra referensen. Det är trots det bra att starta mätningar även om det sker först när åtgärderna börjar genomföras. För att utvärdera dessa data behövs då referensområden med långa tids-serier som de nyetablerade mätningarna kan refereras till. De långsiktiga mätningarna fungerar då som en ryggrad som de mer kortsiktiga mätningarna relateras till.

Typområden på jordbruksmark är exempel på sådan långsiktig och intensiv referensmätning (Kyllmar et al. 2014). Exempelvis har omfattande strukturkalkning inom ett pilotområde inom projektet Greppa Fosfor följts upp genom jämförelse med ett typområde i samma region men där åtgärder inte gjorts mer än i normal omfattning för regionen (Figur 7).

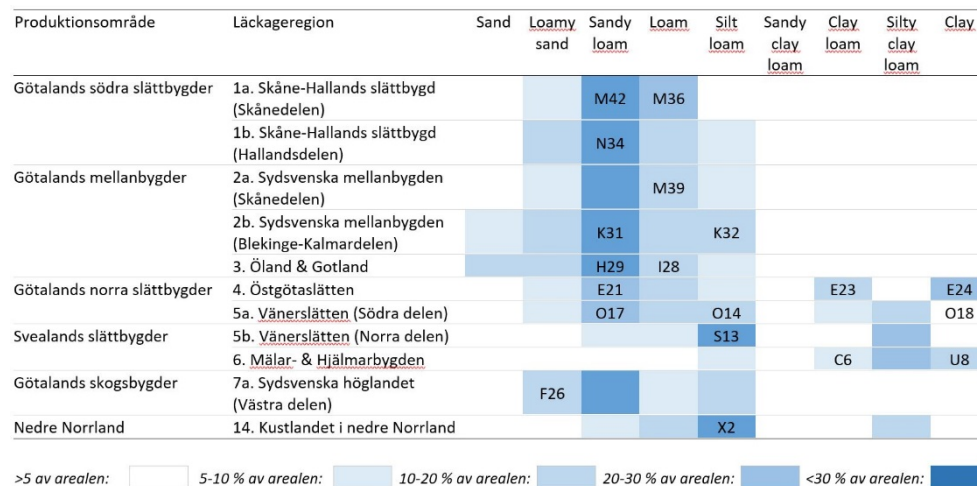
Typområden på jordbruksmark är en del av den nationella och regionala miljöövervakningen med Naturvårdsverket respektive länsstyrelser och kommuner som ansvariga. Typområden finns i de flesta av Sveriges viktigaste jordbruksbygder men saknas för den jordbruksintensiva delen på fastlandet i Kalmar län (Figur 8).



Mätningar i den nationella delen av typområden sker idag med flödesproportionell provtagning och därutöver undersöks grundvattnet och årligen inventeras odlingen genom intervjuer med lantbrukarna. De regionala typområdena undersöks mer extensivt med manuell vattenprovtagning och flödesmätning. Eftersom lantbrukarna inte påverkas i sina val av odling och åtgärder fungerar områdena därför som indikatorer på hur svenskt jordbruk reagerar på omvärlden.



Figur 7. Pilotområde U8 i Västmanland där omfattande åtgärder mot förluster av fosfor gjordes i början av 2010-talet inom projektet Greppa Fosfor (Jordbruksverket 2015). Transport av fosfor i vattendraget beräknad från manuell vattenprovtagning (vänster) och flödesproportionell (mitten). Typområde C6 i Uppland som referens (manuell provtagning och flödesproportionell från 04/05). Lerhalten i U8 är högre än i C6 men väderleken påverkar i stort lika. Flödesproportionell provtagning ger generellt större beräknade förluster av fosfor.

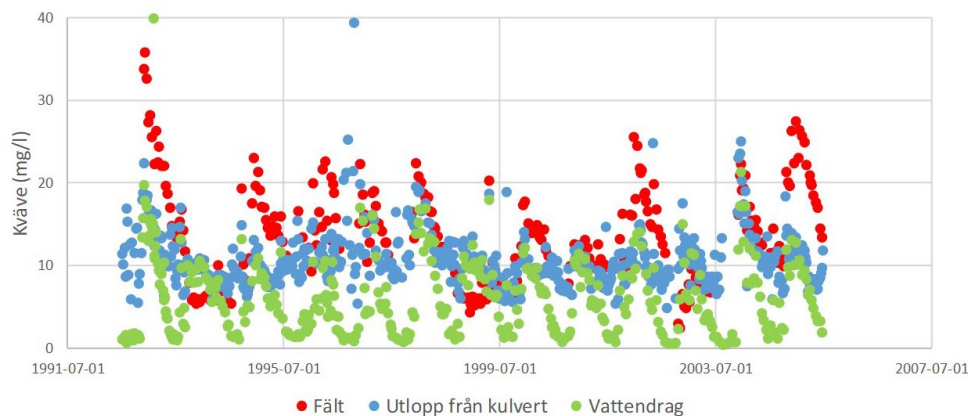


Figur 8. Typområden på jordbruksmark och deras fördelning i läckage-regioner enligt Johnsson et al. (2016). Jordarternas utbredning i respektive region visas i blått.

För att ytterligare stärka de nationella typområdenas funktion som referensområden bör de kompletteras med sensorer för nitrat och turbiditet samt med manuell vattenprovtagning. Detta behövs för att förstå dynamiken i vattenkvaliteten och hur den kopplar till väderlek och åtgärder inom området. Flödesproportionell provtagning är däremot fortsatt en förutsättning för hög säkerhet i beräkning av utflödet av näringsämnen.

Observationsfält på åkermark är en annan typ av långsiktig mätning inom den nationella miljöövervakningen. Mätningarna sker på samma sätt som i intensiva typområden men från dräneringssystemet på enskilda fält. Mätningarna har pågått i mer än 40 år vilket gör det möjligt att följa långtidseffekter av åtgärder som lantbrukare har genomfört. Inverkan av åtgärder som stallgödsling, fånggröda och vall kan här följas i både dräneringsvatten och grundvatten.

För att förstå vad som händer mellan fält och vattendrag kompletterar observationsfält och typområden varandra. Retention i vattendraget och utbyte med grundvatten kan följas när observationsfältet ligger inom ett typområde (*Figur 9*). Idag finns enbart två typområden som också har ett observationsfält inom avrinningsområdet. Att etablera observationsfält inom ytterligare ett antal typområden skulle vara av stort värde.



*Figur 9.* Mätningar i typområde M42 i Skåne av kväve i vatten från fält (34 ha), dränerad åkermark (828 ha) och i det öppna vattendraget efter en damm som har tillskott av djupare grundvatten (902 ha). Samtliga mätpunkter ingår i de nationella miljöövervakningsprogrammen Typområden på jordbruksmark och Observationsfält på åkermark.

### 3.1.4 Förslag

#### *Långsiktigt intensivt uppföljningsprogram för åtgärder*

Etablera detaljerat mätprogram för åtgärder som utförs i stor omfattning och bedöms ha stor samlad effekt. Utgå från förslag 2016 (Geranmayeh et al.) och uppdatera med den senaste informationen om status och behov av kunskap för enskilda åtgärder som redovisas i kapitel 4.

- ska utgöra stomme för kunskap om åtgärders effektivitet beroende av plats, genomförande, skötsel och på kort och lång sikt.

#### *Kompletterande extensiva undersökningar*

Ta fram program som följer upp enkla parametrar på ett större antal platser än i det intensiva programmet. Se kapitel 4 för förslag för enskilda åtgärder.

- ska ge underlag för bredare kunskap om effektivitet under olika förutsättningar.

#### *Referensområden för jordbruksmark*

Säkerställ att miljöövervakning i typområden på jordbruksmark, både nationell och regional, samt observationsfält på åkermark upprätthålls och kompletteras med mätningar i Kalmar län samt med observationsfält i fler typområden.

- ska användas för tolkning av enskilda åtgärder (observationsfält) och integrerade effekter (typområden) samt långtidseffekter,
- ska ge underlag för bedömning av hur dynamik och processer mellan fält och vattendrag inverkar på åtgärdernas effekt,
- ska utgöra referens vid tolkning av kortsiktiga uppföljningar i mindre avrinningsområden där åtgärder genomförts.

#### *Dokumentation som villkor vid ersättning av åtgärd*

Ta fram rutiner där ersättning för utförande av åtgärd ska villkoras med enklare rapportering (kryssformulär) om planering, implementering och funktion (efter ett år och efter 5-10 år), se mer om dokumentation under sektion 3.3.

- ska ge utökad kunskap om hur en åtgärd fungerar på olika platser,
- ska fungera som dokumentation av var åtgärden har genomförts och på vilket sätt,
- ska utgöra grund för erfarenhetsdelning i samhället.

#### *Löpande utvärdering av enskilda åtgärder*

Sammanställ och utvärdera kunskap om åtgärder vartefter den tas fram. Använd gärna dynamisk modellering av utlakning som komplement för ökad förståelse av åtgärdens funktion.

- ska ge information till myndigheter, rådgivare och lantbrukare om funktion, varaktighet och behov av skötsel,
- ska ge underlag för modellering av åtgärdsplaner och uppföljning av effekt i landskapet,
- ska ge underlag för kostnadsuppskattning på kort och lång sikt, för lantbrukaren och för samhället.

## 3.2 Underlag för lokalisering av åtgärder i landskapet

För att kunna lokalisera åtgärder dit behovet är som störst, där de ger bäst effekt och där de faktiskt går att genomföra så behövs det bra planeringsverktyg. Basen är geografiska underlag om landskapets och åkermarkens egenskaper. För att på nationell och regional nivå liksom i delavrinningsområden ringa in områden som är lämpliga för olika åtgärder behövs geografiska modelleringar. I den lilla lokala skalan behövs den lokala kännedomen om egenskaper och markanvändning för att hitta rätt platser för åtgärder. Vägledningar, checklistor, verktyg för uppskattning av effekt och enklare tester som kan användas av lantbrukare och rådgivare är här mer passande hjälpmedel.

### 3.2.1 Geografiska underlag

För att bedöma potentialen för olika åtgärder behöver man kombinera olika typer av geografisk information. Det kan vara redan tillgänglig information som tagits fram och förvaltas av nationella myndigheter som terrängkartan, topografiska kartan och historisk markanvändning.

Vattenmyndigheternas arbete med identifiering av riskområden och åtgärdsbehov är en bra grund för den regionala planeringen. För den mer lokala skalan behöver det också tas fram underlag på ett systematiskt sätt. Statusklassning av vattendrag, bakgrundsläckage och normalläckage från åkermark är information som hjälper till att identifiera var åtgärder behövs och var det finns potential för åtgärder. För den riktigt lokala nivån som markavvattningsföretaget eller gården behövs andra underlag, exempelvis markägaren/brukarens markkartering och planen för markavvattningsföretaget.

#### *Kartor över åkermarkens egenskaper*

För att öka träffsäkerheten i åtgärdslokaliseringen behöver åkermarkens egenskaper inkluderas i beslutsunderlaget. Information om åkermarkens egenskaper kan tas fram genom modellering där olika typer av data kombineras med algoritmer. Fjärranalysdata är här värdefullt för att ge heltäckande data men den behöver kalibreras

med mätdata. Mark- och grödoinventeringen som är en del av den nationella miljöövervakningen samt Jordbruksverkets nationella jordartskartering är här utmärkta källor för kalibrering vid landskapstäckande modellering. Lerhaltskartan för svensk åkermark som har tagits fram i samarbete mellan SGU och SLU är ett exempel på en sådan modellerad karta. Lerhalten ingår i sin tur i nya underlag, exempelvis riskkartor för erosion på åkermark som tagits fram av SLU på uppdrag av Jordbruksverket (Djodjic & Markensten 2019).

### *Behov av nya underlag*

Vilka underlag som är till störst nytta för olika åtgärder varierar men generellt har de flesta åtgärder behov av samma underlag om jordars egenskaper och om hydrologi. Det gäller egenskaper som markens fosforbindande förmåga som varierar beroende av det geologiska ursprunget och som indikerar jordar som är känsliga för överdosering av fosfor. Även omfattningen av naturligt innehåll av fosfor i lermineral och fosfors löslighet har betydelse för hur orsaker till läckaget av fosfor bedöms och därmed möjligheten att åtgärda läckaget. Innehållet i marken av lättlöslig fosfor är information som finns i den nationella åkermarkskarteringen men upplösningen i informationen är grov och tar inte hänsyn till lantbrukarnas egen markkarteringsinformation.

Geologin bestämmer även fördelningen mellan lermineralerna smektit och vermikulit vilket har betydelse för effekten av strukturkalkning. En uppfattning om hur lermineraler skiljer mellan regioner skulle kunna bedömas utifrån jordprovsanalys med NIR-teknik (Fang et al. 2018) vilketets testats på prover från Jordbruksverkets nationella jordartskartering. Det skulle även vara av värde att ta fram jordartskartor som visar inte bara lerhalt utan också typ av lerjord. Mjälajordar och gyttjeleror är exempel på jordarter där andelen silt respektive organiskt material har stor inverkan på jordarnas egenskaper och därmed åtgärders effekt mot näringsläckage.

Hydrologin i landskapet är komplicerad att bedöma när man även behöver inkludera djupa grundvattenflöden och inverkan av markavvattningsystem. Ett sätt att indirekt bedöma vattenflöden är att modellera markfuktighet utifrån fjärranalysdata med hög tidsupplösning (dagar eller veckor) så att man får en uppfattning om hur fuktigheten förändras inom året. Det är värdefullt både för att identifiera mark med sämre dränering och för att lokalisera åtgärder.

Funktionen i åkermarkens dräneringssystem varierar och där så mycket som 23 % bedöms ha otillräcklig dränering (SCB 2017). Den här klassningen av dräneringens funktion på fältnivå finns i taxeringsunderlag för jordbruksfastigheter. Här finns också klassning av åkermarkens produktivitet. Dessa uppgifter skulle kunna utgöra underlag för att förbättra bedömning av var olika åtgärder är mest lämpade och för att förbättra nationella mer generella underlag. På gården har man naturligtvis redan denna kännedom.

### *Scenarier och potential för åtgärder*

Underlagen om markens egenskaper är indata till framtagandet av ny information. Lerhaltskartan används bl.a. som ett av många underlag i den nationella modelleringen av utlakning av näringsämnen från svensk åkermark med beräkningssystemet NLeCCS (Johnsson et al. 2019). NLeCCS används inom PLC för att ta fram utlakningskoefficienter för de flesta förekommande kombinationer av jordart, klimat och odlingssystem för svensk åkermark. Koefficienterna är normaliserade för att väderleken varierar mellan åren. Det betyder att utlakningen för en viss kombination av jordart, klimat, gröda och gödslingsstrategi är beräknad som snitt för alla väderleks-situationer som kan uppkomma under en 30 års period.

I ett pilotprojekt finansierat av Havs- och vattenmyndigheten togs scenarier fram för potentialen att nå god ekologisk status i några delavrinningsområden inom tre LEVA pilotområden. Utlakningskoefficienter med högre upplösning än i PLC togs då fram för åtgärderna strukturkalkning, våtmarker och dammar, skydds-zoner, ändrad stallgödselanvändning och ändrad jordbearbetningstidpunkt. Huvudscenariot var att produktionen skulle kunna bibehållas. Resultatet visade stora skillnader i potential att nå god ekologisk status, huvudsakligen beroende på skillnader i jordarter (Mårtensson et al. 2020).

Lokalisering av åtgärder dit de gör störst nytta ingår också i ett pilotprojekt hos Jordbruksverket om möjligheten att införa resultatbaserad ersättning för åtgärder som får stöd genom LBP. Effekten av åtgärder testas då på motsvarande sätt som för LEVA-områdena med utlakningskoefficienter från NLeCCS-systemet. I Vattenmyndigheternas åtgärdsplaner för vattenförekomster är utlakningskoefficienter också ett viktigt underlag.

### *Bakgrundsläckage och referensvärden*

Att ha kännedom om nivån på bakgrundsläckage i olika typer av jordbruksmark är nödvändigt. Det behövs för att kunna sätta mål för ekologisk status som är rimliga med förutsättningen att jordbruksmarken fortsatt ska användas för jordbruksproduktion. I en jämförelse mellan de nordiska länderna av hur referensvärden sätts för jordbruksmark visade det sig att metoderna gav olika resultat för jämförbara marktyper (Skarbøvik et al. 2020). Däremot var skillnaden liten för mer opåverkade vattentyper där harmonisering pågått under många år. Med olika bedömningar riskerar länderna att ha olika mål för sina jordbruksvatten vilket kan skapa skillnader i konkurrensförmåga för jordbruket.

Modellering av bakgrundsläckage från åkermark är en annan möjlighet som kan utgöra basen för att beräkna och visa på potentialen för att göra åtgärder. Med ett högt bakgrundsläckage i förhållande till det totala läckaget är utrymmet för åtgärder mindre och man ska då inte ha för höga förväntningar på hur stor effekt en åtgärd kan ha.

### *Jordbruksverkets databaser för jordbruksblock och stöd*

De geografiska databaserna hos Jordbruksverket som hanterar stöd kopplat till åkermark är centrala i uppföljningen av hur grödfördelning och utnyttjande av stöd inom LBP för åtgärder som skyddszoner, fånggröda etc. fördelas inom regioner och vattenförekomster.

Databasen för jordbruksblock som hanterar åkermarkens skiften skulle med fördel kunna kompletteras med funktioner för att lagra information om även andra stöd som LOVA och LONA. Att utnyttja ett befintligt system vore att föredra jämfört med att ta fram ett nytt. Till jordbruksblocken kan det länkas information om åtgärder på åkermarken som strukturkalkning, anläggning av dammar, kalkfilterdiken men även åtgärder i vattendraget som tvåstegsdiken eftersom de tar åkermark i anspråk.

Att i systemet kopplat till blockdata även kunna lagra information som tas fram i ansökningsprocessen till LOVA och LONA skulle innebära tillgång till värdefull information vid utvärdering av effekter. Förutom grundläggande information som lokalisering kan det också vara bedömning av vattenflöden och näringshalter.

### *Tillgänglighet till geografisk information och enkla GIS-verktyg*

För planering av åtgärder på nationell, regional, kommunal och lokal nivå varierar möjligheten att få tillgång till geografisk information. Vid planering på den lokala nivån som i ett markavvattningsföretag finns det inte alltid tillgång till grundläggande underlag som täckdikningssystemets utbredning. Ett hinder kan också vara att kommersiella GIS-verktyg kräver licenser och kunskap att använda dem. För att underlätta för lokal planering i egen regi skulle därför enkla webbaserade GIS-system som innehåller de geografiska skikt som existerar och som behövs för bedömning av platsen och där också egen information kan läggas till vara av stort värde. Om ett sådant webb-GIS kan kopplas till Jordbruksverkets databaser skulle planering av åtgärder, både sådan som söks inom LBP och med annan finansiering kunna dokumenteras på ett samordnat sätt. Behovet har funnits länge och hos Vattenmyndigheterna pågår nu utveckling där geografisk information tillgängliggörs i en lättanvänd form.

På nationell nivå skulle data som tillhör markägare kunna förbättra de nationella underlagen. Här skulle det vara en fördel om de markägare som vill dela sina markuppgifter också kan göra det. Det skulle kunna administreras genom de laboratorier som utför analyser av jordprover för markkartering. En förutsättning för detta liksom för alla underlag som kommer från enskilda markägare är att de inte används för att särbehandla de platser som det finns mer information om. Att man vet mer om en plats får aldrig vara skäl till att rikta åtgärder dit. Denna typ av data bör därför inte vara publik utan istället enbart användas för kalibrering av nationella underlag.

### 3.2.2 Lokal kännedom

Kartunderlag är grunden för planering av åtgärder men lokalt i markavvattningsföretaget eller på gården behöver lämpligheten för olika åtgärder bedömas utifrån mer detaljerad information.

#### *Förbättrade kartunderlag med egna data*

Med de nationella kartunderlagen som grund är det en fördel om egna data från markkarteringar eller täckdikningsplaner kan läggas till för att förbättra underlaget. För markkarteringsuppgifter finns redan den möjligheten i lerhaltskartan. För dräneringssystemet kan det vara mer arbetskrävande men om dokument med täckdikningsplaner finns i Lantmäteriets fastighetsregister bör de kunna georefereras och därmed kunna visas geografiskt korrekt. Om markägaren tillåter att de delas skulle de kunna digitaliseras på ett samordnat sätt av exempelvis länsstyrelserna.

#### *Rådgivning, vägledning och checklistor*

Om markägaren eller brukaren har behov av att förbättra markstrukturen eller dräneringen är det ofta en bra utgångspunkt vid val och lokalisering av åtgärder. Markägare och brukare känner ofta marken väl och kan ge bra förslag på åtgärder. För att förbättra eller säkra produktionen kan bevattning och anläggande av bevattningsdamm vara en lönsam investering för vissa grödor samtidigt som den minskar utlakningen av näringsämnen.

Med checklistor som stöd kan problem och behov systematiskt inventeras och identifieras. När man väl valt lämpliga åtgärder att genomföra är istället vägledning bra hjälpmedel. Vägledning och rådgivningsmaterial tas fram inom Greppa näringen men också på andra sätt inom myndigheter och i olika projekt. Här finns det behov med löpande uppdatering vartefter ny kunskap tas fram men också att inventera behovet av nya rådgivningsunderlag när nya åtgärder blir mer vanliga.

#### *Verktyg för bedömning av en åtgärds effekt på fältet*

Inom EU Interreg Waterdrive har en prototyp till verktyg tagits fram som kan fungera som underlag i diskussioner på gården om åtgärder som kan vara tänkbara att genomföra (WaterGuide.online). Åtgärder som ingår i prototypen är strukturkalkning, fånggröda, skyddszoner och dammar. För att bedöma effekterna kombineras kartunderlag för lerhalter, topografi och erosionsrisk med utlakningskoefficienter framtagna med NLeCCS-systemet och med beräkningar för dammars retentionsförmåga under olika förutsättningar.

Den här typen av rådgivningsverktyg skulle kunna användas för att ta fram underlag för ansökningar till LOVA och LONA genom att ge information om förväntad effekt av den sökta åtgärden.



### 3.2.3 Förslag

#### *Nya kartunderlag om åkermarkens egenskaper*

Ta fram heltäckande åkermarkskartor som visar:

- (1) fördelning av lermineralerna smektit och vermikulit,
- (2) naturligt fosforinnehåll,
- (3) fosforbindande förmåga och
- (4) markfuktighet.

Använd befintliga data hos SGU och nationella markkarteringar samt komplettera med markundersökningar på urval av platser. Använd fjärranalysdata för att skapa yttäckande kartsnitt. Om möjligt använd Skatteverkets klassning av dräneringssystemens funktion och åkermarkens produktivitet.

- ska ge bättre underlag i lokalisering av åtgärder utifrån markegenskaper,
- ska ge förbättrade underlag för modellering av potential för åtgärder och effekt efter genomförande.

#### *Modellerad information om bakgrundsläckage*

Använd NLeCCS-systemet för att beräkna bakgrundsläckage och normalläckage från åkermark i olika delar av landet.

- ska ge information om var åtgärder har störst potential att ge effekt (kg/ha).

#### *Modellerad potential av åtgärders effekt*

Beräkna var åtgärder som bedöms ha stor potential bör lokaliseras. Utgå från statusklassning av vattendrag, bakgrundsläckage, markegenskaper och odlingssystem för att identifiera regioner och vattenförekomster. Utgå från Vattenmyndigheternas redan framtagna underlag och pilotprojekt som scenarier i LEVA-områden.

- ska ge underlag för styrning av rådgivning och stöd till de delar av landet där en viss åtgärd förväntas få bäst effekt.

#### *Nationellt webb-GIS för planering och uppföljning*

Skapa en portal med tillgång till kartmaterial och GIS-verktyg som kan användas från lokal till nationell nivå. Inkludera verktyg för bedömning av vattendelare utifrån topografi. Koppla om möjligt portalen till Jordbruksverkets stöddatabas för lagring av samtliga underlag som tas fram i processen från planering till uppföljning efter genomförande.

- ska ge information om var, när och hur åtgärder har genomförts,
- ska kunna lagra dokumentation från planeringsprocessen,
- ska ge underlag för systematisk uppföljning av omfattning av genomförda åtgärder och deras effekt.

### 3.3 Dokumentation av genomförda åtgärder

Information om var, när och hur åtgärder har genomförts och hur finansieringen har skett är en förutsättning för att omfattningen av åtgärdsarbetet ska kunna redovisas. För åtgärder med EU-stöd genom LBP finns redan rutiner för dokumentation om plats och tidpunkt medan det för statliga stöd genom LONA och LOVA idag inte finns samma typ av nationella rutiner för systematisk dokumentation. För åtgärder som genomförs och finansieras på andra sätt finns det ännu mindre information.

Att veta omfattningen av genomförda åtgärder i olika delar av landet är också en förutsättning för att mätningar i vattendragen ska kunna tolkas och relateras till åtgärder. Om omfattningen av åtgärder mot övergödning är liten i ett avrinningsområde kan man inte heller förvänta några effekter i vattendraget, eller tvärtom: förändringar i vattendraget kan ha andra orsaker som klimatförändring och andra aktiviteter i avrinningsområdet.

För åtgärder som finansierats med gemensamma medel som genom EU, svenska staten eller kommuner måste det vara ett villkor att den som har tagit emot stödet också redovisar var, när och hur en åtgärd har genomförts. För att det ska fungera behöver myndigheterna tillhandahålla lättanvända system för rapporteringen. Inom LBP är detta välutvecklat men för åtgärder inom kortare projekt finansierade exempelvis av EU finns inte dessa rutiner mer än i projektredovisningar.

Åtgärder som görs genom egen finansiering av markägaren/brukaren bör också kunna dokumenteras. Att skapa möjligheter för frivillig rapportering hade här varit värdefullt. Eftersom denna typ av information aldrig kan täcka alla frivilliga åtgärder behöver den behandlas separat så den inte ger en missvisande bild av omfattningen. Samma gäller för behovet av att dokumentera inte bara nyligen genomförda åtgärder utan vad som har gjorts under längre tid tillbaka.

För åtgärder som innebär mer vattenytor i jordbrukslandskapet kan omfattningen av dessa inventeras genom att systematiskt analysera tidsserier av satellit- och flygbilder, lämpligen för samma årstid årligen. Även åtgärder som innebär förändring i jordbearbetningsrutiner och hur stor del av året som åkermarken täcks av växande gröda är också åtgärder som kan bestämmas med fjärranalys. Analys med högre tidsupplösning, veckor eller åtminstone månad behövs här.

Andra åtgärder som är mer indirekta är exempelvis hur växtnäringsbalanser förändras. För jordbruksföretag som deltar i Greppa Näringens växtnäringsrådgivning görs regelbundet sådana växtnäringsbalanser. Dessa bör kunna inkluderas i uppföljning av gårdens näringsutnyttjande. Här skulle det vara intressant att även kunna följa upp näringsbalanser på fältnivå. Om lantbrukaren tillåter delning av gårdens dokumentation i växtnäringsprogram eller beräkningar i rådgivningsverktyget VERA skulle det kunna vara en möjlighet. Det här skulle kunna vara en del i ett

arbetssätt med kontinuerligt förbättringsarbete som skulle kunna räknas som egenkontroll eller certifiering, kopplat till exempelvis LOVA. Det här kan också vara ett konkret sätt att redovisa jordbruksföretagets arbete med hållbarhet. En grundläggande förutsättning är att det är lantbrukaren som äger processen.

### 3.3.1 Förslag

#### *Nationellt system för dokumentation av åtgärder mot övergödning*

Ta fram system som kan användas för dokumentation av åtgärder i jordbrukslandskapet. Systemet ska kunna lagra information om genomförda åtgärder vilket innebär var, när och på vilket sätt. Även information som tas fram i planeringsprocessen som exempelvis bedömning av markegenskaper ska kunna lagras. För vissa åtgärder som strukturkalkning och dammar kan det vara aktuellt att även inkludera information om åtgärdens funktion efter några år i drift. Viktigt är att systemet bygger på enkla kryssvar för att göra det enkelt för den som rapporterar och för att informationen ska kunna användas på ett systematiskt sätt i vidare bearbetning och analys. För att reducera samhällets totala kostnader bör möjligheten att bygga vidare på Jordbruksverkets system för SAM-ansökan undersökas.

- ska ge information om var, när, hur och med vilken finansiering åtgärder har genomförts,
- ska ge underlag för att tolka resultat av mätningar i jordbruksvattendrag,
- ska ge underlag för nationell modellering av effekt av genomförda åtgärder.

#### *Fjärranalys av åtgärder som förändrar åkermarken*

Undersök möjligheten att med fjärranalys inventera omfattning av åtgärder. Det gäller främst åtgärder som innebär förändring i brukningsmetoder och som är svåra att fånga genom dokumentation av grödor och åtgärder som genomförs med stöd.

- ska ge information om åtgärder som innebär förändring i brukningssystemet,
- ska ge information om hur andelen öppen vattenyta i jordbrukslandskapet har förändrats över en längre tid.

#### *Miljöcertifiering inom lantbruket*

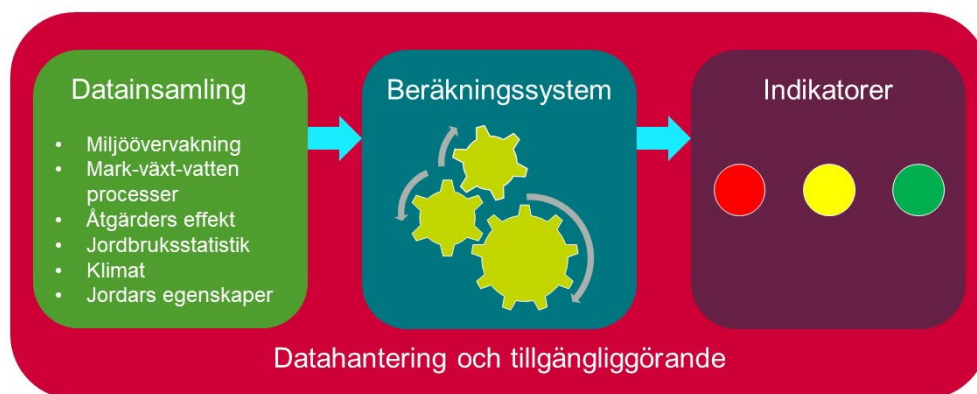
Undersök möjligheten att miljöcertifiera lantbruksverksamhet, på motsvarande sätt som inom exempelvis Odling i balans. Ett certifieringssystem ska vara till nytta för både gården och samhället och skulle kunna omfattas av stöd genom LOVA. I certifieringssystemet ska ingå rutiner för att identifiera risker för näringsläckage och möjliga motåtgärder samt att sätta upp en plan för val av åtgärder för det kommande året. Årligen följs genomförandet upp och mål för nästa år sätts upp. Certifiering kan ses som en del av gårdens utvecklingsarbete och kan vara ett effektivt sätt att

hitta både de enklare åtgärderna som kan göras på kort sikt och de mer kostnadskrävande investeringsåtgärderna. För att detta ska fungera behöver rutinerna vara enkla att följa och genomföra. De behöver också ge mervärde till gårdens verksamhet.

- ska ge motivering för kontinuerligt förbättringsarbete inom jordbruket,
- ska ge information om förändring i det mer indirekta åtgärdsarbetet som sannolikt också har en betydande effekt.

### 3.4 Uppföljning av storskalig effekt av genomförda åtgärder

De föreslagna programmen för åtgärdsuppföljning kommer att ge detaljerad information om effekten av enskilda åtgärder. För att följa upp den sammantagna effekten av alla åtgärder kan man utgå från den befintliga miljöövervakningen med tidsserier av näringshalter och vattenflöden och kombinera den med information om grödor och genomförda åtgärder. Med statistiska analyser och modellberäkning av utlakning från åkermark kan åtgärdernas samlade effekt bedömas. En princip för de olika stegen i uppföljning av effekter visas i *Figur 10*.



*Figur 10.* Datainsamling innebär att hämta data från många källor såsom miljöövervakning, information om näringsprocesser i mark, vatten och växter, klimatdata, jordars egenskaper och jordbruksstatistik. Därefter processas data i beräkningssystem för att sedan kunna presenteras som indikatorer. Som stöd behövs också system för datahantering och tillgängliggörande av data.

### 3.4.1 Stationsnät för uppföljning av näringsläckage från jordbruksmark

I befintlig miljöövervakning och recipientkontrollprogram finns tidsseriestationer som domineras av jordbrukspåverkan och har liten påverkan från andra källor. Sådana stationer lämpar sig för att följa upp den sammantagna effekten av förändringar i jordbruket och genomförda åtgärder. Dessa återfinns dels inom nationell och regional miljöövervakning men även inom recipientkontrollen där en del stationer som ligger uppströms de påverkanskällor som ska kontrolleras har betydande jordbrukspåverkan.

I samband med en trendanalys av näringsämnen 1990-2010 gjordes ett sådant urval av jordbruksvattendrag (Fölster et al. 2012). I urvalet ingick stationer i olika storleksklasser från de små jordbruksbäckarna inom jordbrukslandskapets miljöövervakning (Typområden på jordbruksmark), via små åar inom nationella och regionala trendvattendrag till några flodmynningar. Arbetet med att ta fram dessa stationer från olika mätprogram var då mycket tidsödande. Numera rapporteras det mesta av miljöövervakningens och recipientkontrollens data till de nationella datavärdarna för Sjöar och vattendrag respektive Jordbruksmark där de lagras och tillgängliggörs i systemet SLU Miljödata-MVM. Det är därmed nu betydligt enklare att hitta fler lämpliga stationer.

#### *System med mätningar i olika skala*

Vi föreslår att ett nytt urval av jordbruksdominerade vattendrag görs genom att först filtrera ut stationer med tillräckligt långa och frekventa tidsserier bland databasens drygt 10 000 vattendrag. Därefter tas avrinningsområdena fram för dessa stationer med GIS-verktyg för att sedan välja ut stationer med stor påverkan från jordbruk men liten påverkan från andra källor utifrån fastställda kriterier.

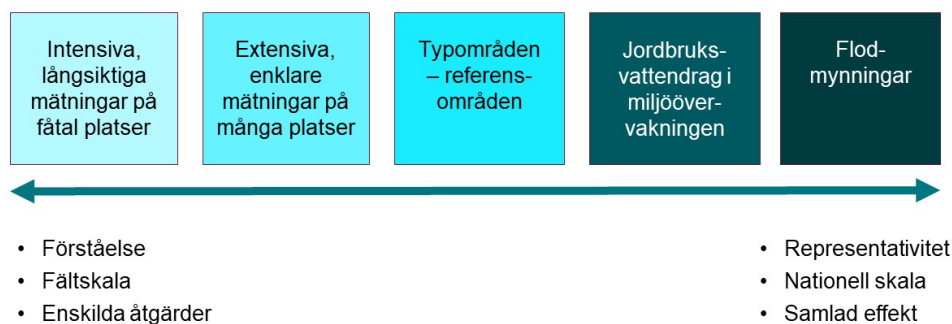
Till varje mätstation kopplas en mätstation för vattenföring om sådan finnes. I annat fall hämtas modellerade vattenföringsdata från S-HYPE (SMHI). Vattenföringsdata används sedan till att beräkna transporten av näringsämnen för varje mätstation.

För att säkerställa att urvalet av stationer tillsammans ger tillräcklig information om påverkan av jordbruk i olika delar i landet behöver stationsurvalets representativitet bedömas och vid behov kompletteras. Förutom vilka vattendrag och mätpunkter som bör ingå är det också val av metodik för provtagning och vattenföringsmätningar, mätparametrar och frekvens för provtagning.

Det föreslagna stationsnätverket omfattar vattendrag av olika storlekar. De minsta utgörs av jordbruksbäckarna som avvattnar typområdena inom den nationella och regionala övervakningen av jordbruksmark. Dessa är små, dominerade av jordbruksmark och har mycket god information om förutsättningar och verksamhet

inom området. De små vattendragen ger en snabb respons på åtgärder och förändringar i odlingen. Med ökande storlek på vattendragen blir arealen jordbruksmark som de representerar större samtidigt som andelen jordbruksmark i respektive avrinningsområde ofta minskar. Med ökad storlek på vattendragen blir responsen också ofta mer utdragen i tiden och andra typer av påverkan får större betydelse vilket gör resultaten svårare att tolka.

En kombination av mätningar av enskilda åtgärders effekt i fältförsök tillsammans med vattendrag av olika storlekar gör det möjligt att uttala sig både om orsakssamband till observerade trender och hur omfattande eventuella förändringar är (Figur 11).



Figur 11. Mätningar från fält till flodmynning behövs för att skapa kunskap om enskilda åtgärders effekt under olika förutsättningar och hur effekten av åtgärderna samverkar i vattendrag och till sist hur de påverkar belastningen på havet.

#### Stationsnät som uppfyller flera behov

Den föreslagna metoden att välja ut stationer i miljöövervakningen med påverkan av jordbruk sammanfaller också med behoven av uppföljning av miljötillståndet enligt ett pågående regeringsuppdrag till Havs- och vattenmyndigheten, utvecklingen av miljöövervakningen inom projektet ”Full koll på våra vatten”, samt webbsidan ”Sveriges vattenmiljö”. Metoden uppfyller även vattendirektivets krav inom den kontrollerande övervakningen att följa den långsiktiga förändringen orsakad av storskalig påverkan. Det föreslagna stationsnätet kan även ingå i Jordbruksverkets rapportering till EU enligt nitratdirektivet.

För att säkerställa att mätningar i olika regi och med olika syften kompletterar varandra behövs en nationell samordning. Det gäller både vilka vattendrag som in-

går, hur mätprogrammen ser ut och långsiktigheten i mätningarna. Att fördela ansvar och kostnader mellan olika aktörer kan här vara en utmaning men bör vara att föredra ur ett nationellt helhetsperspektiv.

### 3.4.2 Grödor och åtgärder i geografiska tidsserier

Mätdata som visar på trender över tiden, liksom avsaknad av trender, behöver förklaras för att kunna användas som underlag i miljöarbetet. För att kunna värdera påverkanskällorna för avrinningsområdena till mätstationerna som ingår i trendanalysen behöver man samla information om jordbruket men också om andra källor som kan tänkas inverka som exempelvis omfattande vägbyggen som kan förändra hydrologin.

För jordbruket är det i första hand information om markanvändning, grödor och genomförda åtgärder som ger underlag för att bedöma om näringsläckaget har förändrats. I trendanalysen (Fölster et al. 2012) inkluderades också omfattning av rådgivning inom Greppa Näringens växtnäringens modul vilket ger en uppskattning av medvetenheten inom lantbruket om faktorer som bidrar till näringsläckage. En utveckling av analysen kan vara inkludera information om förändringar av växtnäringensbalanser på gårdsnivå.

I befintliga databaser hos Jordbruksverket finns information om grödor och stöd inom LBP och var de är lokaliserade. För nationella typområden inom miljöövervakningen (8 st) finns även detaljerad information om gödsling och jordbearbetning. Det finns också information i SCB:s statistiska undersökningar om bl.a. gödselmiddelsanvändning.

Nationellt saknas det däremot information om var och när åtgärder gjorts med annan finansiering än LBP som exempelvis LOVA och LONA. För en rimlig uppskattning av omfattningen av åtgärder, var de har genomförts och förväntad effekt behöver även denna information inkluderas i påverkansanalysen.

Att för avrinningsområden och regioner sammanställa påverkansdata från olika källor och skapa tidsserier är arbetskrävande när det görs vid enstaka tillfällen. Istället bör systematiserade rutiner utvecklas där en databas eller applikation årligen uppdateras med nya data. Det ger underlag för att årligen ta fram trendanalyser av inte bara mätdata från vattendragen utan också av odlingsåtgärder och åtgärder mot övergödning.

En årlig trendanalys av både vattenkvalitet och påverkansdata skulle ge underlag för en ny miljöindikator som ger en direkt information om utvecklingen och effekten av åtgärdsarbetet inom jordbruket.

### 3.4.3 Statistisk utvärdering av tidsserier

Utvärderingen av tidstrender bör ske med statistiska metoder som är anpassade för frågeställningen. Om man vill följa upp en förändring inom en förutbestämd tidsperiod, kan man använda ett robust test för monotona trender t.ex. Seasonal Kendall. Vill man istället följa upp längre tidsperioder där man inte bara vill veta om det har skett en förändring över en bestämd tidsperiod utan även när inom tidsperioden som förändringen skett för att kunna koppla det till politiska beslut, bör man använda så kallade GAM modeller (von Brömssen et al. 2021). Med dessa anpassas en utjämnad kurva till en tidsserie på ett mer flexibelt sätt. För att koppla förändringar i jordbrukspraxis och åtgärder inom jordbruket med förändringar av halter och transporter är det lämpligt att använda metoder som inte är beroende av att samband följer en viss funktion som t.ex. linjärt eller exponentiellt. Exempel på en sådan metod är Gradient Forest (Ellis et al. 2012).

### 3.4.4 Modellberäknad utlakning från åkermark

Geografisk modellering av utlakningen av näringsämnen från jordbruket är ett annat sätt att följa upp effekten av åtgärder och ändrade odlingssystem. Metoden kompletterar mätningar i vattendragen och ger en snabbare indikation på vilken effekt åtgärderna kan förväntas få. Med modellering kan man också beräkna effekten av olika scenarier för åtgärder.

Beräkningssystemet NLeCCS (Johnsson et al. 2019) användes under 2020 för att beräkna potentialen för ett antal åtgärder mot övergödning inom tre LEVA-områden (Mårtensson 2020). Metoden är en vidareutveckling av arbetssättet för att ta fram läckage av kväve och fosfor från svensk åkermark inom SMED, som rapporterar Sveriges bidrag av näringsämnen till omgivande hav.

Läckageberäkningarna är normaliserade för variationer i väder mellan åren men tar hänsyn till hur klimatet varierar mellan olika delar av landet, hur jordarterna varierar och hur odlingssystem och åtgärder mot näringsläckage inverkar. Beräkningarna görs för vattenförekomster men kan användas för en mindre skala för att bedöma effekter av olika åtgärder. Utlakningskoefficienter med högre upplösning används även inom Jordbruksverkets pågående pilotprojekt om värdebaserad åtgärdsersättning och inom EU Interreg Watedrive. Idag görs beräkningarna för PLC med NLeCCS-systemet ungefär vart femte år, men beräkningar skulle kunna göras med tätare intervall för att beräkna förväntade effekter av åtgärder löpande. Det skulle också öka möjligheterna att förklara uppmätta trender i jordbruksvattendragen.

Att använda beräkningarna inom PLC för olika syften stärker utvecklingen av systemet. Modellsystemet utvecklas också kontinuerligt utifrån ny kunskap om hur



processerna i mark-växsystemet styr utlakningen av näringsämnen. För att kalibrera systemet och säkra att det ger tillförlitliga resultat jämförs beräkningarna också med mätningar i vattendrag från jordbruksfält eller små avrinningsområden dominerade av jordbruksmark. Regelbundna beräkningar och jämförelser med mätdata ökar ytterligare möjligheten att förbättra beräkningarna.

### 3.4.5 Förslag

#### *Stationsnät för vattendrag som har betydande jordbrukspåverkan*

Sammanställ förteckning över mätstationer med tidsserier av näringsämneshalter av tillräcklig längd och frekvens och som domineras av jordbrukspåverkan i näringsbelastningen. Urvalet av stationerna görs i samråd med andra pågående projekt med att utveckla miljöövervakning och uppföljning av miljötilståndet. Inventera om det finns behov av kompletterande mätstationer, mätparametrar etc.

- ska utgöra grund för årligen återkommande trendanalys av näringstransporter och halter,
- ska ge underlag för att bedöma effekter av åtgärder i skalan från jordbruksbäckar till större vattendrag.

#### *Systematiserad årlig sammanställning av information om grödor och åtgärder*

Upprätta en databas som årligen uppdateras med data om grödor och genomförda åtgärder. Inkludera rutiner för sammanställning av data för avrinningsområden eller annan indelning, exempelvis vattenförekomster eller utlakningsregioner.

- ska ge tidsserier av påverkansdata som kan analyseras för trender,
- ska ge underlag för modellberäkning av utlakning från åkermark.

#### *Metodik för statistisk utvärdering av tidsserier*

Ta fram metodik för att årsvis utvärdera tidsserier av halter och transporter av näringsämnen i vattendrag och fördelning av grödor och genomförda åtgärder i tillhörande avrinningsområden. Använd statistiska metoder lämpliga för tidsserieanalys. Samordna med trendanalysen i Sveriges vattenmiljö.

- ska ge information om förekomst av trend i näringshalter och transporterade mängder samt omfattning av förändring i genomförandet av åtgärder,
- ska ge underlag för att beskriva framsteg i åtgärdsarbetet och för uppföljning av miljömål.

#### *Modellberäkning av utlakning från åkermark*

Utveckla befintligt nationellt modellsystem för beräkning av utlakning av kväve och fosfor från åkermark (NLeCCS) så att effekter av grödor och genomförda åtgärder

kan bedömas årligen för all åkermark i Sverige. Inkludera rutin för aggregering för delavrinningsområden och andra geografiska indelningar.

- ska ge underlag för bedömning av jordbrukets del av belastningen på ett vattendrag,
- ska ge information om hur olika åtgärder bidrar till påverkan beroende på omfattning i genomförande och effektivitet i den enskilda åtgärden,
- ska ge underlag för utökad information om åtgärder i åtgärdsbibliotek.

#### *Sammanställning i miljöindikatorer*

Sammanställ resultat från uppföljning av miljötilståndet och genomförda åtgärder i enkla indikatorer.

- ska integrera komplex information,
- ska kunna följas årligen,
- ska vara lätt att tolka.

### 3.5 Stödsystem för effektiv planering och uppföljning

Arbetet med att minska jordbrukets bidrag till övergödning sker inom myndigheter, organisationer, lärosätena och inte minst inom lantbruket. Målet är i princip desamma men utgångspunkter och den konkreta tillämpningen skiljer. För att underlätta åtgärdsarbetet behövs former för samordning och samverkan och bra stödsystem som underlättar val och lokalisering av åtgärder och därefter uppföljning av effekt.

#### 3.5.1 Ansvarsområden och prioriteringar

Flera myndigheter på nationell nivå arbetar med jordbrukets näringsläckage liksom vattenmyndigheter, länsstyrelser och kommuner. Till det tillkommer markavvattningsföretag, vattenråd, lantbrukarorganisationer, rådgivningsverksamhet men också forskning och miljöövervakning.

På den nationella myndighetsnivån fördelas övergödning i princip mellan fyra myndigheter. Havs- och vattenmyndigheten stödjer vattenmyndigheterna i deras arbete med vattenförvaltningen, rapporterar arbetet med vattendirektivet till EU och miljömålet Ingen övergödning till Naturvårdsverket. De ansvarar också för en stor del av miljöövervakningen i sjöar och större vattendrag. Jordbruksverket har ansvar för genomförande av EU:s jordbrukspolitik med bl.a. åtgärder mot näringsläckage. Naturvårdsverket ansvarar för integrerad miljöövervakning av jordbruksmark vilket inkluderar näringsläckage till vatten och grundvatten. Sveriges Geologiska undersökning ansvarar för övervakning av grundvatten inklusive påverkan av nitrat från

jordbruk. Gränsdragningen kan tyckas tydlig men i praktiken uppstår det både luckor och överlappningar. Under senare år har det skett en ökad samordning mellan myndigheterna i specifika frågor som behöver hanteras. Denna utveckling är bra men behöver ytterligare stärkas till att omfatta också mer övergripande frågor.

Regionalt arbetar länsstyrelser och vattenmyndigheter med frågan med lite olika prioriteringar och angreppssätt och framförallt lokalt varierar det stort hur kommuner, vattenråd och markavvattningsföretag arbetar med åtgärdsarbete. Det här distribuerade ansvaret mellan olika verksamheter innebär att prioriteringar inom den egna verksamheten kan gå före nationella intressen. Det kan exempelvis visa sig i att mätningar som är av stort nationellt värde inte matchar med behov och mål inom kommunen eller myndigheten.

### 3.5.2 Funktionella stödsystem

Den perfekta organisationen finns inte eftersom verkligheten ständigt förändras. Istället behövs former för samverkan utvecklas så att det gemensamma kunskapskapitalet ökar. Det behövs också systemstöd så att kunskapen som växer fram kan användas i praktiken för att effektivisera åtgärdsarbetet.

### 3.5.3 Förslag

#### *Datavårdskap och lagring av mätdata och beräkningar*

Säkerställ att mätdata som tas fram för ökad kunskap om åtgärder lagras i nationella öppna maskinläsningsbara databaser förslagsvis inom redan etablerade datavårdskap. Ställ krav på att resultat från mätningar i vattendrag lagras i datavårdskap oavsett finansiering och regi. Ge förutsättningar för datavårdar att administrera hantering av data från olika typer av mätningar, även fältförsök.

- ska ge underlag för sammanställningar om effektivitet för enskilda åtgärder,
- ska ge underlag för analys av långsiktiga trender i näringshalter och transporterade mängder i vattendrag.

#### *Åtgärds katalog med VISS som utgångspunkt*

Utveckla funktionalitet i VISS eller motsvarande så att kunskap som tas fram om åtgärders effektivitet under olika förutsättningar kan redovisas. Inkludera gärna en funktion där erfarenheter från praktiskt genomförande av åtgärder kan delas. Ta fram verktyg som identifierar var åtgärder har störst potential att göra nytta. Ta fram vägledningar, checklistor och verktyg för effektberäkning som underlättar val av åtgärder lokalt på gården eller i markavvattningsföretaget.

- ska underlätta för övergripande planering av val av åtgärder och lokalisering,

- ska ge råd för val lokalt av åtgärder
- ska ge underlag för modellering av effekt av genomförda åtgärder.

#### *Webbaserat GIS-system för planering och dokumentation av åtgärder*

Ta fram system där kartunderlag som är relevanta för framförallt lokalt åtgärdsarbete finns tillgängliga. Se till att egen information kan läggas till. I systemet ska information från planering, genomförande och där det förekommer även uppföljning kunna dokumenteras. Samtliga åtgärder som genomförs med någon typ av stöd från EU, stat eller kommun ska dokumenteras i systemet, gärna även åtgärder som genomförs med annan finansiering eller i lantbrukarens egen regi. Om möjligt används Jordbruksverkets system för ansökan om SAM-stöd som grund.

- ska underlätta för den som ska välja och lokalisera åtgärder,
- ska ge information om var, när och hur olika åtgärder har genomförts oavsett finansiering,
- ska ge underlag för uppföljning av effekt av genomförda åtgärder.

#### *Funktion för nationell samordning och samverkan*

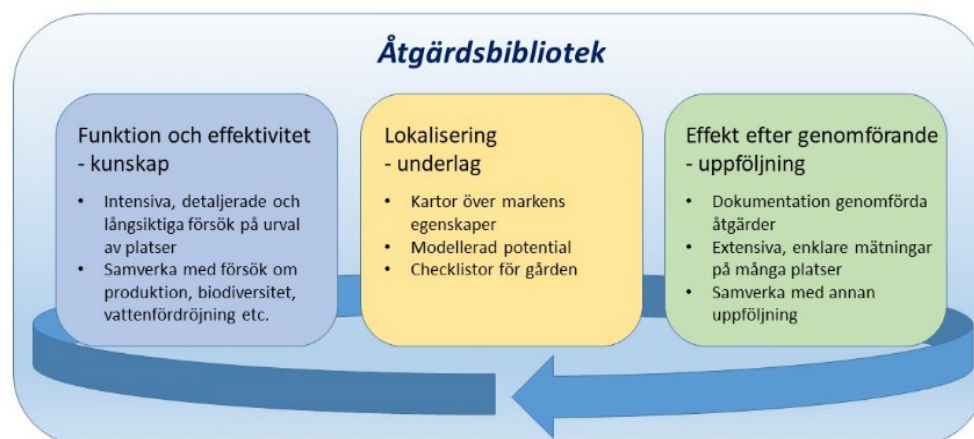
Inrätta en funktion för samordning och samverkan mellan myndigheter, organisationer och lärosäten i hela skalan lokal, regional och nationell nivå. Fokus är på åtgärder mot övergödning men även jordbrukets hållbarhet ska inkluderas. Funktionen ska ges resurser att prioritera och stödja åtgärder och mätningar som är av nationellt intresse.

- ska underlätta fördelning mellan ansvarsområden,
- ska vara ett forum för erfarenhetsutbyte och utveckling,
- ska se till att åtgärdsarbetet är effektivt så att uppsatta nationella och internationella mål för minskad näringsbelastning från jordbruket uppnås.

## 4 Enskilda åtgärders effekt och uppföljning

För att minska utlakningen av näringsämnen från jordbruksmark till vattendrag och sjöar behövs kunskap om åtgärders läckagereducerande effekt under olika förutsättningar i jordar, dräneringsförhållanden, klimat och odlingsinriktning. Det behövs också underlag som beskriver de egenskaper i marken som påverkar åtgärdens effektivitet. Det kan vara lerhalt men också markens fosforbindande förmåga eller typ av lermineral. De här underlagen utgör i sin tur indata till modellering av potential för en åtgärd. Slutligen behövs uppföljning efter att åtgärden har genomförts för bedömning av om åtgärden har gett den effekt som förväntades.

Principen för åtgärdsuppföljning av enskilda åtgärder och hur fakta, verktyg och erfarenheter genererar information till åtgärdsbibliotek visas i *Figur 12* och beskrivs mer ingående i Kapitel 3.



*Figur 12.* Ett åtgärdsbibliotek för enskilda åtgärder behöver samla information om effektivitet, funktion, lokalisering och effekt efter genomförande.

I detta kapitel redogörs för tio åtgärder mot näringsläckage som antingen genomförs i stor omfattning, som strukturkalkning, eller bedöms ha en potential att utvecklas, som reducerad jordbearbetning och omfördelning av stallgödsel. Åtgärderna har delats in i investeringar i mark och markavvattningsystem samt brukningsåtgärder i odlingsystemet. Fokus är åtgärdernas effektivitet för att reducera utlakning av kväve och fosfor men andra aspekter som produktion, vattenfördröjande förmåga, biodiversitet, kolinlagring och växthusgaser tangeras (*Figur 13*).

Åtgärd	Effekt							Stödform
	Positiv (grön), varierande (gul), negativ (röd), ej aktuell (grå), osäker/okänd (lila)							
	Kväve	Fosfor	Vattenfördröjning	Produktion	Biodiversitet	Kolinlagring	Växthusgaser	
<b>Investering i mark och markavvattningsystem</b>								
Strukturkalkning	■	■	■	■	■	■	■	LOVA/LBP
Kalkfilterdiken	■	■	■	■	■	■	■	LOVA/LBP
Våtmarker och dammar	■	■	■	■	■	■	■	LOVA/LBP
Tvästegsdiken och avfasade dikeskanter	■	■	■	■	■	■	■	LOVA/LBP
Reglering/återanvändning dräneringsvatten	■	■	■	■	■	■	■	LBP
Underhåll av markavvattningsystem	■	■	■	■	■	■	■	-
<b>Brukningåtgärder i odlingsystem</b>								
Skyddszoner	■	■	■	■	■	■	■	LBP
Fånggröda och mellangröda	■	■	■	■	■	■	■	LBP
Vårplöjning	■	■	■	■	■	■	■	LBP
Effektivt utnyttjande mineral-/stallgödsel	■	■	■	■	■	■	■	-

\* Även LONA (Lokalt Naturvårdsarbete) för våtmarker

*Figur 13.* Åtgärder mot övergödning samt bedömning av effekt på näringsutlakning, vattenfördröjning, produktion, biodiversitet, kolinlagring och växthusgaser. Bedömningen är generell och tar inte hänsyn till att variationen i effekt kan vara stor och att åtgärden kan vara positiv på en plats och negativ på en annan.

Tidigare har status i kunskap om åtgärders funktion och effekt mot fosforförluster samt åtgärdsutrymme beskrivits inom Life IP Rich Waters (Aronsson et al. 2019). Här går vi vidare och fokuserar på identifiering av behov av kunskap och information för att åtgärderna på ett bättre sätt ska kunna lokaliseras dit de gör störst nytta. I det ingår att också ge förslag på fortsatt utvecklingsarbete. Behov och förslag har delats in i kunskap om åtgärden, underlag för bättre lokalisering samt uppföljning av effekt efter genomförande.

## 4.1 Strukturkalkning

### 4.1.1 Beskrivning av åtgärden

Strukturkalkning är ett sätt att förbättra och stabilisera markstrukturen på lerjordar. En bra markstruktur är grunden för en väl fungerande odlingsjord. Strukturkalken förbättrar jordens närings- och vattenhållande förmåga och gör att jorden blir mer lättarbetad och torkar upp snabbare. Med en bra markstruktur minskar dessutom risken för fosforförluster till vattendragen (Berglund & Blomquist 2015).

#### *Strukturkalkning ger bra struktur på lerjordar*

Strukturkalkning innebär att kalk blandas in i matjorden på agrara lerjordar. Jordens lerpartiklar mättas med kalcium vilket medför att lerpartiklarna klumpar ihop sig till porösa aggregat och därmed förbättrar markens struktur. Med bättre struktur ökar kapaciteten att hålla kvar vatten och därmed också näringsämnen. En bra struktur minskar även risken för att jorden sväller och krymper så mycket att den bildar stora sprickor.

#### *Det är skillnad på kalk och kalk*

Vid kalkning av åkermark används två huvudgrupper av kalk (*Figur 14*):

- Bränd eller släckt kalk som innehåller kolsyrafri och löslig kalk i form av kalciumoxid ( $\text{CaO}$ ) respektive kalciumhydroxid ( $\text{Ca(OH)}_2$ )
- Kalkstensmjöl/kalkkross som innehåller kolsyrebunden och mindre löslig kalk i form av kalciumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

Vid kalkning för höjning av markens pH används vanligen kalkstensmjöl eller kalkkross. Vid strukturkalkning bör kalkningsmedlet även innehålla bränd eller släckt kalk som är mycket löslig. Det blir snabbt en hög koncentration av kalciumjoner i markvätskan och tillfälligt också ett mycket högt pH i marken. Rena produkter av bränd och släckt kalk ger en snabb och märkbar effekt på strukturen

medan kalkstensmjöl vanligen har en mer begränsad struktureffekt. Den strukturkalk som används idag är oftast en blandning av släckt kalk (15–20 %) och kalkstensmjöl/kalkstenskross (80–85 %). Nya, men ännu ej publicerade, resultat från fältförsök i Skåne visade på ungefär samma aggregatstabiliserande effekt hos kalkstensmjöl som hos en blandprodukt av släckt kalk och kalkstensmjöl, men dessa resultat bör valideras i nya undersökningar.



Figur 14. Olika kalkslag och hur de framställs. Bild: Kerstin Berglund.

Strukturkalkningen ger en snabb effekt på markens aggregatstabilitet genom att lermineralen mättas med kalciumjoner. Med bränd och släckt kalk kan, om pH är tillräckligt högt, det även ske en långsammare cementreaktion och murbruksbildning vilket medför att det bildas olika stabila föreningar som stabiliserar aggregaten.

Inom ekologisk odling är det idag inte tillåtet att använda kalkningsmedel som innehåller kalk i form av bränd och släckt kalk. Istället kan naturgips användas, men den har endast en kortvarig effekt på markstrukturen och höjer inte pH. I Finland används gips i konventionell odling för att tillföra kalcium för att öka aggregeringen och minska fosforutlakningen. En viktig anledning är att den i Finland är en prisvärd restprodukt från fosforgödselmedelstillverkningen, men den produkten finns inte i Sverige.

#### *Minskar risken för erosion och fosforförluster*

Fosforförluster från åkermark med lerjordar sker främst vid kraftiga regn och vid snösmältning genom att jordpartiklar förs bort från fältet. Med bättre struktur blir



leraggregaten svårare att transportera med vattnet som rinner från åkern. Den bättre strukturen gör också att vatten lättare infiltrerar i marken istället för att rinna av på ytan. Färre stora sprickor medför att vattnet måste söka sig fram genom jorden längs mindre och krokigare vägar där erosionen blir mindre. Denna fördröjning medför att vattenflödet från åkern till vattendraget blir mindre intensivt och därmed fungerar utjämnande på flödet i jordbrukslandskapets vattendrag.

#### *Effekter på kväve och växthusgaser*

Strukturkalkningens effekter på kväveläckage och emission av växthusgaser är dåligt utredd. Även om en förbättrad markstruktur är bra så kan det förhöjda pH-värdet och den ökade omsättningen av det organogena materialet påverka både kväveläckaget och t.ex. lustgasavgången. Strukturkalkningen har i de få studier som finns i allmänhet inte påverkat kväveutlakningen eller i något fall medfört en mindre ökning. Generellt bör ett högre pH och en bättre markstruktur leda till lägre lustgasemissioner.

#### *Investering i gårdens infrastruktur och mervärde för produktion och biologi*

Strukturkalkning är en investeringsåtgärd som ska ses på längre sikt, men där varaktigheten på det enskilda fältet sannolikt kan variera stort. Vid rätt förhållanden vid spridning och nedbrukning och på ett fält som har lämplig jordart och fungerande dränering kan åtgärden även ha positiv inverkan på produktionen. En bra växtplats ger goda förutsättningar för en motståndskraftig gröda som behöver mindre bekämpning och kan ge en god skörd. En bra markstruktur underlättar även jordbearbetningen och därmed förbrukningen av energi. En bättre markstruktur gynnar också biologin i marken som t.ex. bakterier och daggmaskar. Marksvampar trivs mindre bra vid högt pH och det finns även en risk för brist på mikronäringsämnen.

#### *Stor potential på lerjordar med dålig struktur*

Potentialen för att genomföra åtgärden i svensk åkermark är stor, men ett grundvillkor är att dräneringen på fältet fungerar. Om ett fält med lerjord behöver täckdikas, är det också bra att samtidigt anlägga kalkfilterdiken genom att blanda in strukturkalk i återfyllnadsjorden. Eftersom strukturkalken ska reagera med leret i marken så är det endast lerjordar som är aktuella, och där har tillräckligt hög lerhalt och typ av lerjord betydelse. Gyttejeleror som har hög halt organiskt material har redan en god struktur och behöver endast kalkas för att höja pH. Här är det bättre att använda rena karbonatprodukter som är billigare.

Åkermark som strukturkalkats under senare år bör, om strukturkalkningen utförts korrekt och med tillräckligt hög giva, inte heller vara aktuell för strukturkalkning. Inom ekologiskt jordbruk är det idag inte tillåtet att kalka med bränd och släckt kalk som ingår i strukturkalken varför även denna åkermark behöver räknas bort.

### *Hinder för åtgärdens genomförande*

Den begränsade tidperiod (6 år) under vilken en mycket stor areal ska strukturkalkas enligt förslagen i åtgärdsprogrammet kommer att innebära stora problem. Det är mycket tveksamt om man kan få fram den stora mängden kalk som krävs till så stora arealer som föreslås i åtgärdsprogrammet. Risken är stor att priset går upp om man ska konkurrera om kalken med industrin vilket innebär att kostnadseffektiviteten går ned och åtgärden blir mindre attraktiv för lantbrukarna. Redan nu aviseras högre priser på strukturkalken när priset för utsläppsrätter fördubblats det senaste året och energipriserna rusar.

Om strukturkalkningen skall utföras i stor skala uppstår en hel rad logistikproblem när stora mängder kalk skall spridas under ett par veckor när markförhållandena är ideala. Utför man åtgärden under suboptimala förhållanden kan effekten utebli och i värsta fall få negativa konsekvenser. Den blöta sensommaren/hösten 2017 ställde till många problem och en mycket liten areal kunde strukturkalkas. Torkan 2018 ledde till mycket låga skördenivåer vilket gjorde att likviditeten i jordbruket blev för dålig för att tillåta några större investeringar i markförbättring. Det är därför troligt att åtgärden kanske bara går att utföra under 4 av 6 år under nästa åtgärdscykel. Detta gör inte logistikproblemen mindre.

### *Effekten varierar med jordens egenskaper*

Lerjordar med hög lerhalt har generellt stora förluster av fosfor, främst i form av partikelbunden fosfor. Strukturkalken reagerar med leret och stabiliserar strukturen. Lerjordarna bedöms därför ha stor potential för strukturkalkning. Vilken lerhalt som krävs för att få en struktureffekt av kalken är inte helt utrett, men i allmänhet är det större struktureffekt på jordar med hög lerhalt.

Olika lerjordar med samma lerhalt reagerar inte på samma sätt för en och samma kalkgiva. Det finns med andra ord fler faktorer som spelar in. Pågående studier i LOVA-projekt i Skåne antyder att lerhalt, ursprungs-pH, typ av lermineral, kalkgiva och typ av strukturkalkningsmedel samt inte minst nedbrukningsrutiner inverkar på effektiviteten. Men även variabler som mullhalt, fosfor- och kaliumstatus, pH-höjning och basmättnadsgrad kan sannolikt spela in utan att vi i dagsläget förstår alla verkningsmekanismerna bakom varierande effekter.

Det är även viktigt att känna till hur växtproduktionen påverkas under olika förutsättningar. Om skördenivån påverkas positivt ökar näringsupptaget och risken för merutlakning minskar och det motiverar också till investering i åtgärden. Speciellt risken för mikronäringsbrister vid höga pH är värt att beakta.

### *Spridningstidpunkt, nedbrukning och väderlek – ska stämma för bra effekt*

Strukturkalkning ska göras vid bra väderlek (varmt i luften och ingen nederbörd), låg markfuktighet och hög marktemperatur för att få önskad effekt. Direkt efter

skörd i augusti är ofta en bra tidpunkt (*Figur 15*). Då bidrar också värmen i jorden till att effekten blir bättre. Det är viktigt att kalken kommer i direktkontakt med jorden så att den kan reagera med leret. Inblandningen bör ske så snabbt som möjligt inom ett dygn efter spridning och man ska anpassa spridningen så att man undviker nederbörd mellan spridning och inblandning och snart efter inblandning. Kalken ska brukas ned grundligt till fältets normala bruksdjup.



*Figur 15.* Strukturalkning i Västerviks kommun i augusti 2018. Nedbrukningen, till höger i bilden, sker i det närmaste direkt efter spridningen. Foto: Katarina Kyllmar.

#### 4.1.2 Behov av kunskap, underlag och uppföljning

De kalkningsmedel som idag används inom strukturalkningen innehåller ca 15–20 % släckt kalk och resten är kalkstensmjöl/kalkstenskross med varierande partikelstorlek. Denna inblandning av släckt kalk har inte tagits fram genom forskning utan ligger på den nivån av ett antal praktiska skäl som t.ex. möjligheterna att sprida kalken. Det är möjligt att inblandningen av släckt kalk bör vara högre eller att kalkstenen ska malas till ett finare pulver. Mycket av ekonomin för lantbrukaren och motiven för strukturalkning som miljöåtgärd beror ju på hur långsiktig effekten är. Det vore givetvis en fördel om man kunde följa upp resultaten i de fältförsök som redan är utlagda och göra mätningar 10 år efter strukturalkningen.

Strukturalkning genomförs i förhållandevis stor omfattning och ingår i stödssystem inom framför allt LOVA men även LBP. Som följd av en gedigen uppföljning av de strukturalkningsprojekt som fått LOVA-bidrag i Skåne så har kunskapen om hur jordarna där svarar på strukturalkning ökat avsevärt de senaste åren. Många LOVA-projekt i Skåne har nämligen kompletterats med fältförsök och mätningar av struktureffekten. Detta omfattande material är nu en bra grund för att ta fram råd

och allokera strukturkalkningen till rätt platser. Däremot finns inte motsvarande material för lerjordsområdena i Västra Götaland, Östergötland samt områdena kring Mälaren och Hjälmaren, ej heller från områden med något lättare leror norr därom.

Här behövs alltså en sammanhållen utvärdering med utläggning av fler fältförsök inom de större lerjordsområdena för att avgöra på vilka jordar strukturkalkningen gör störst miljömässig nytta. Från dessa områden och fältförsök behövs också mer kunskap om hur lerhalt, ursprungs-pH, lermineral, typ av strukturkalkningsmedel, kalkgiva och nedbrukningsrutiner inverkar på effektiviteten. Det vore även önskvärt med ett par fältförsök där utlakningen kan mätas från individuellt dränerade rutor för att säkerställa effekten av strukturkalkningen i fältskala.

### *Förslag*

- Utläggning av fler strukturkalkningsförsök med olika kalkgivor i lerjordsområdena i Västra Götaland, Östergötland samt områden kring Mälaren och Hjälmaren. Försöken kompletteras med karakterisering av jorden och mätningar av aggregatstabilitet.
- Att i några fältförsök testa kalkningsmedel med olika finmalningsgrad och inblandning av släckt kalk.
- Att sammanhållet utvärdera resultat från nya fältförsök tillsammans med data från den befintliga databasen som nu domineras av resultat från Skåne.
- Att uppföljande mätningar görs i de strukturkalkningsförsök som redan lagts ut för att utröna hur långsiktig strukturkalkningseffekten är om man använder nuvarande strukturkalkningsmedel.
- Fortsatta mätningar i ett utlakningsförsök med strukturkalkning på Lilla Böslid i Halland, och att strukturkalkning inkluderas i utlakningsförsök på Lanna i Västergötland.
- Utläggning av fler strukturkalkningsförsök som svarar på frågor kring utförandets betydelse (management), bl.a. tidpunkt, bearbetningsdjup, vattenhalt i jorden, typ av bearbetning, nederbördsförhållanden, temperatur etc.
- Ta fram underlag för en lermineralkarta över Sveriges åkermark.
- Ta fram kartunderlag med beräknad potential för åtgärden utifrån åkermarkens egenskaper och användning (t.ex. lerhalt, förekomst av gyttjelera, lermineralogi, pH).
- Ta fram checklista/vägledning som stöd för lantbrukarens och rådgivarens bedömning av åtgärdens lämplighet på gården.
- Etablera rutiner för dokumentation av var, när och hur strukturkalkning inom LOVA och LBP genomförs. Om möjligt även dokumentera det som redan är gjort.
- Följ upp med mätningar i vattendraget i ett urval av mindre avrinningsområden/markavvattningsföretag där åtgärden genomförs i stor omfattning.

## 4.2 Kalkfilterdiken

Inblandning av strukturkalk i återfyllnad vid nyanläggning eller renovering av täckdikessystem är en åtgärd för att minska förluster av fosfor från lerjordar. På samma sätt som för strukturkalkning är det kalkens aggregatbildande egenskaper man vill åt för att öka markens infiltrationsförmåga, förbättra täckdikningens funktion och öka möjligheterna för fastläggning av fosfatjoner i marken.

### 4.2.1 Täckdiken som återfylls med kalk får bättre infiltrationsförmåga

Ett kalkfilterdike är en investering i fältets dräneringssystem. Vid installation av nya täckdiken blandas strukturkalk in i återfyllnadsjorden. Metoden kan också användas när täckdikessystemet renoveras. Kalkfilterdiken kan också anläggas på sluttande fält i övergången mellan det brukade fältet och skyddszonen intill ett vattendrag.

Inblandningen av kalk medför att marken ovanför dräneringsledningen får bättre aggregatstabilitet och därmed bättre markstruktur och infiltrationsförmåga. Det innebär att ytavrinningen kan minska och därmed erosion på markytan av partikulärt bunden fosfor. Återfyllnadsmaterialet kan också binda löst fosfor som finns i markvattnet.

Kalkfilterdiken anläggs parallellt med höjdkurvorna på fältet så att ytvattnets flödesvägar bryts och vattnet istället infiltreras jämt fördelat över markytan till dräneringssystemet. Kalken i återfyllnadsmaterialet ökar ytterligare genomsläppligheten till dräneringssystemet.

#### *Kväveläckaget kan öka*

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.

#### *Potential på lerjordar som behöver dräneras*

I första hand är åtgärden lämplig på fält med lerjordar som har en otillfredsställande dränering, uppskattningsvis 23 % av Sveriges åkermark (SCB 2017).

### 4.2.2 Effekten beror av jordart, kalkmedel och utformning

Liksom för strukturkalkning så beror effekten av åtgärden på jordens egenskaper och typen av strukturkalk. Därutöver har det betydelse hur mycket kalk som blandas in i återfyllnadsmaterialet och att kalken blandas in tillräckligt väl samt att jorden inte är för blöt när inblandningen sker. Dikenas placering på fältet är också viktig. Om inte vattnet passerar kalkfilterdiket kan ingen effekt förväntas.

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 %.

I det svenska försöket där även kväve undersöktes visade det sig att kväveläcket ökade. Det kan i första hand förklaras med den ökade genomsläppligheten (Lindström & Ulén 2003).

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

Genom dränering ändras fördelningen av avrinning mellan ytvattenavrinning och olika typer av markvattenflöde vilket i sin tur påverkar kvaliteten på dräneringsvatten. Kunskapen om hur detta sker är emellertid dålig, såväl nationellt som internationellt, men ytterst viktig vid bedömningar av risken för fosforläckage (se t.ex. Radcliffe et al. 2015). Det gäller inte minst för svenska lerjordar som ofta har en snabb infiltration i sprickor och makroporer, en infiltration som behöver utjämnas rumsligt över en så stor yta som möjligt för att dämpa effekter av starkt kanaliserade vattenflöden.

Ett betydande fosforläckage kan ske via dräneringsledningar. Storleken på fosforläckaget varierar beroende på dräneringssystemets utformning och underhåll. Sämre fungerande dräneringssystem kan vara en orsak till att flera internationella studier har rapporterat dålig eller ingen relation mellan höga fosforhalter och avrunnen vattenmängd via dräneringsledningar (Madramootoo et al. 1992; Macrae et al. 2007). I teoretiska modellberäkningar förenklas ofta effekten av en förbättrad dränering till att ett minskat dräneringsavstånd medför en snabbare infiltration som i sin tur följs av ett ökat fosforläckage (Reid et al. 2012). Detta kan leda till direkta missbedömningar i scenarioräkningar eftersom man nu saknar data för hur koncentrationerna faktiskt ändras när infiltrationen blir effektivare och samtidigt sprids ut över en större yta.

I Västmanland installerades år 2018 ett nytt fältförsök med medel från Jordbruksverket. Syftet med försöket är att ta fram underlag för rekommendationer vid ny- och omdränering och att utreda hur en förbättrad dränering med eller utan kalkfilter påverkar fosforläckaget, både när det gäller fosfor i reaktiv och i icke-reaktiv form. Försöket är utlagt på en mullrik mellanlera med P-AL klass 2 i Sala, Västmanlands län. Försöket har tre block med fyra behandlingar. De fyra behandlingarna är gammalt tegelrör med 10 m dikesavstånd (A), ny dräneringsslang med 10 m dikesavstånd (B), ny dräneringsslang med 5 m dikesavstånd (C) och kalkinblandning i täckdikessåterfyllnaden med 10 m dikesavstånd (D).

Från varje enskild försöksruta leds vattnet i täta rörledningar till en mätstation där flödesmätning och flödesproportionell vattenprovtagning sker. Vattenanalyser av fosfor- och kväveinnehåll utförs vid Institutionen för vatten och miljö, SLU.

#### *Förslag*

- Mer kunskap behövs om kalkfilterdikens långsiktiga effekt med avseende på förmågan att binda fosfor. Försök behöver göras med olika sorters och mängder kalk i täckdikensåterfyllnaden på jordar med olika typer av lermineraller. Mätningar av fosforinnehållet i dräneringsvattnet behöver göras under en 10 års period.
- Mer kunskap behövs 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.

#### 4.2.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag

För att bedöma var kalkfilterdiken har störst potential att få en god effekt behövs underlag i samma form av kartor som för strukturkalkning (kapitel 4.1.2), men också kunskap om befintligt dräneringssystem. När områden med potential för strukturkalkning har identifierats 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.

#### *Förslag*

- Ta fram checklista och vägledning för att på gården bedöma behov och möjligheter att anlägga kalkfilterdiken.
- Ta fram vägledning för anläggning av kalkfilterdiken.

#### 4.2.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

För uppföljning är behovet lika som för strukturkalkning (kapitel 4.1.2).

## 4.3 Våtmarker och dammar

En våtmark eller damm är i princip en öppen vattenbehållare i ett vattendrag där vattnet fördelas ut över en större volym. Vattenhastigheten i dammen minskar och näringsämnen kan därmed lättare omsättas i biologiska, kemiska och fysikaliska processer. Näringsämnen bundna till partiklar, främst fosfor, kan sedimentera och på det sättet lagras i dammen. Medan kväve främst omvandlas till kvävgas av bakterier genom denitrifikation och därmed lämnar vattensystemet helt.

### 4.3.1 Lägre flödes hastighet ger bättre näringsupptag och sedimentation

Våtmarker och dammar har samma grundfunktion, att vattnet ska minska i hastighet och stanna kvar längre i den öppna vattensamlingen. Processerna som påverkar näringsämnena är desamma men vilka som dominerar beror av platsens egenskaper och utformning. Här använder vi därför begreppet dammar för både våtmarker och dammar.

#### *Dammar för olika syften*

Dammar i jordbrukslandskapet kan delas in i tre typer beroende på deras förväntade funktion: Biologisk mångfald, näringsretention eller bevattning. Fokus är här på dammar för näringsretention men en kort översikt ges nedan.

Dammen för *biologisk mångfald* anläggs ofta där det historiskt funnits en våtmark vilket ofta är i landskapets lägre delar. Men den anläggs också på åkermark som bedöms som mindre värdefull och kan avvaras. Dessa dammar är oftast stora >1 ha, har flacka slänter (>1:7) och häckningsöar (*Figur 16*).



*Figur 16.* Våtmark i Uppland. Foto: Pia Geranmayeh.





Figur 17. Fosfordamm i Södermanland. Foto: Pia Geranmayeh.

När *näringsretention* är i fokus vill man anlägga dammen där näringshalten i vattendraget är hög (Figur 17). Det vanliga är att det antingen är halten av kväve eller fosfor som behöver reduceras. Höga fosforhalter är vanligt i lerjordsområden och då är en stor del av fosfor bunden till partiklar. När löst fosfor dominerar är det oftare från lättare jordar. Halterna är då ofta betydligt lägre men om de är förhöjda kan åkermarken vara påverkad av exempelvis stallgödsling under lång tid. Kväve är också främst en prioritet i områden med lättare jordar.

För att ha tillgång till vatten för bevattning anläggs dammar som fylls med vatten när flödet är stort, vanligtvis under hösten och genom att vattnet pumpas till dammen. Här undantar man samtidigt betydande mängder näringsämnen från att föras vidare genom vattendraget till nedströms recipienter.

#### 4.3.2 Näringsretentionen beror av vattenflöde, halter och utformning

Principen för en damm för näringsretention är att vattnet har tillräckligt lång uppehållstid så att processerna för att minska utflödet av näringsämnen hinner verka. Det innebär ofta att dammen är långsmal så att vattnet får så lång väg som möjligt genom dammen. Dammen ska också utformas så att risken för utspolning av sedimenterat material vid högflöde blir så liten som möjligt.

Den typiska utformningen för en damm som ska fånga fosfor är en djup-del i inloppet för sedimentation som följs av en grundare del där vattnet filtreras genom

övervattensvegetation. När dammen ska rena kväve är mängden växter viktig som skapar ytor och kolkälla för bakterierna.

För att uppnå en god näringsretention i landskapet som helhet är det viktigt dels att dammen har optimal storlek i förhållande till vattenflödet och dels att den anläggs där det transporteras betydande mängder med näringsämnen. Det betyder att vattnet ska ha en tillräckligt hög halt av näringsämnen och att det kommer tillräckligt med vatten men med måttlig flödes hastighet.

Årstidsvariationerna i temperatur och vattenflöde medför att dammens funktion varierar stort under året. Kemisk och biologisk retention sker främst under sommarhalvåret när temperaturen är högre och vattenflödet litet eller måttligt. Sedimentation av partiklar och därmed retention av partikelbunden fosfor kan ske hela året förutsatt att det finns ett vattenflöde genom dammen. Vid höga flöden och stora sedimenttransporter är det däremot en risk att sedimenten spolas ur dammen.

Dammens effektivitet över tid varierar också stort. När den är nyanlagd och utan etablerad vegetation kan det vara risk för erosion och det finns inte heller någon källa till kol för bakterierna. En damm behöver också regelbundet grävas ur från sediment för att bibehålla sin funktion. Det behöver också rensas från oönskad vedartad vegetation i strandkanter. Att skörda dammen är också ett sätt att föra bort lagrad näring.

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

I två pågående projekt som finansieras av Havs- och vattenmyndigheten respektive Jordbruksverket 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. Projekten kombinerar modellering av ackumulerat vattenflöde och näringshalter som tillförs dammen med undersökning av fosforinnehåll i sedimentprover från dammarna. Det pågår också långsiktig uppföljning med flödesproportionell provtagning av två dammar för retention av fosfor. Dammarna finns i Stockholms län respektive Södermanlands län och uppföljningen finansieras av Jordbruksverket.

Även i Kalmar län har effektiviteten i ett antal våtmarker undersökts med flödesproportionell provtagning. Projektet som genomfördes med stöd av LOVA har nyligen avslutats. Resultaten bekräftar det som tidigare studier visat (Weisner et al. 2015; Kynkäänniemi et al. 2013) att näringsretentionen (kg per ha dammyta) av både kväve och fosfor ökar med högre näringsbelastning (Nilsson et al. 2020). De visar också att avskiljningen varierar mycket mellan dammar, från negativ i den största till över 1000 kg per ha för både kväve och fosfor i den minsta. Därmed är det viktigt att optimera placeringen av framtida våtmarker för en ökad näringsavskiljning.

För att få mer kunskap om våtmarkers ekosystemtjänster beviljades åtta projekt finansiering från Naturvårdsverket under våren 2020. Fem av de åtta projekten kommer att undersöka en eller flera av följande punkter:

- Optimal utformning (storlek, djup, vegetation) och placering.
- Våtmarkers hydrologiska funktion och buffringskapacitet i framtida klimat med ökad översvämning och torka.
- Multifunktion: utvärdera om det går att kombinera ökad biologisk mångfald, näringsretention av kväve och fosfor, kolinlagring och att undvika för hög avgång av växthusgaser.
- Utveckling av verktyg för beslutsstöd.
- Skötsel.

#### *Förslag*

Det pågår 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 det skapas en databas över vilka dammar som undersöks och inom vilken organisation. Det skulle skapa underlag för att samordna undersökningar för olika syften och därmed öka kunskapen om dammars potential för multifunktionalitet.

- Ta fram en databas som samlar information om undersökningar av dammar, både pågående och avslutade. Det skapar möjligheter att samordna undersökningar för olika syften och för att utgå från redan tillgänglig information.

#### 4.3.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag

I en nyligen accepterad vetenskaplig artikel (Djodjic et al. 2020), nyttjades befintlig kunskap för att i tre steg beräkna dammarnas optimala effekt. I det första steget beräknades dammarnas optimala storlek utifrån vattenflöden som når dammarna, där den optimala hydrauliska belastningen antogs vara  $100 \text{ m}^3/\text{m}^2$  dammyta (Kynkäänniemi 2014). Därefter, i det andra steget, beräknades tillförseln av näringsämnen till varje damm baserat på typhalter för markanvändningarna (Ejhed et al. 2016; Johnsson et al. 2016) i tillrinningsområdet för respektive damm. I det tredje och sista steget, beräknades näringsämnenas reduktion baserat på ekvationerna från Weisner et al. (2015), som baseras på näringsämnesbelastningen från steg 2.

Metodologin kan vid behov skalas upp för stora delar av Sverige i sin nuvarande form. Vad som är den optimala hydrauliska belastningen och näringsämnenas reduktion kan däremot förändras när resultaten från pågående projekt finansierat av Havs- och vattenmyndigheten och Naturvårdsverket har redovisats. Projektet från Jordbruksverket kommer också att ta fram denna typ av kartunderlag för södra Sverige med alternativa platser för våtmarker av olika storlek baserat på flöden av vatten och näringsämnen.

Det som inte på ett tydligt sätt ingår i de pågående projekten är hur utbyte mellan grundvatten och ytvatten på en viss plats ska kunna identifieras. Att kunna bedöma förekomst av utströmning eller inströmning till grundvatten har stor betydelse för var en damm bör lokaliseras utifrån den förväntade effekten.

#### *Förslag*

- Ta fram vägledning för planering av anläggning av dammar/våtmarker så att placering, utformning och storlek blir optimala för näringsretention. Här ingår bl.a. bedömning av tillrinningsområdet, dräneringsförhållanden, källflöden och inkommande halter.
- Dokumentera i nationellt stödsystem den information som tas fram vid planering och anläggning, gärna genom att utveckla funktionaliteten i LBPs stödsystem så att även stöd genom LOVA/LONA kan dokumenteras.
- Undersök möjligheten att ta fram kartunderlag som kontinuerligt skattar åkermarkens markfuktighet vilket kan ge en uppfattning om utbyte med grundvatten sker.

#### 4.3.5 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 modellering av effekten av dammarna.

#### *Förslag*

Dokumentera dammar som anläggs med stöd från LOVA: var, när, hur, storlek/djup och areal. Överväg möjligheten att använda Jordbruksverkets system för hantering av stöd inom LBP

- Välj ut ett antal dammar av olika typ som finansieras genom LOVA för enklare omdrevmätningar. Det kan vara sedimentplattor på dammbotten där sedimentdjupet mäts årligen på mätsticka. Sedimentproppar som mäter ackumulering av fosfor efter anläggning eller urgrävning tas ut med några års mellanrum (5-10 år). Det kan också vara synoptisk provtagning vid olika flöden som förutom närsalter även möjliggör uppföljning av växthusgaser och biodiversitet (analys av DNA).
- Ett mindre antal dammar väljs ut för långsiktiga intensiva mätningar av näringsflöden vid inlopp och utlopp. Skötsel och etablering av växtlighet doku-

menteras. Säkerställ att redan pågående mätningar fortgår. Dessa välundersökta dammar fungerar då som referens till dammar som undersöks med mindre omfattning, exempelvis genom synoptisk provtagning.

- Modellera effekt med samma metod som för lokalisering av dammar men baserat på dokumentation av redan anlagda dammar.

## 4.4 Tvåstegsdiken och avfasning av dikeskanter

### 4.4.1 Bredare dike och svämplan ger mer utrymme för vatten

En variant av skyddszoner i anslutning till öppna diken och 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 och därmed öka vattendragets självrenande förmåga. Avfasningen av vanliga diken eller tvåstegsdiken innebär att dikets kanter görs mer flacka så att rasvinkeln minskar. Detta gör att vegetationen får lättare att etablera sig vilket leder till ett ökat upptag av näringsämnen, minskad erosion och sedimenttransport. Om själva terrassen i ett tvåstegsdike är vegetationsklädd kommer vattenhastigheten och därmed risken för erosion i diket att minska. Genom minskad erosion och bättre släntstabilitet kan sedimenttransport och partikelbunden transport av näringsämnen minska.

Svämplan (terrassen) i ett tvåstegsdike kan också utjämna höga flödestoppar och minska riskerna för översvämning av omgivande marker. Dessutom kan behovet av att underhålla diket minska. Genom att sänka markytan i anslutning till vattendraget kan man skapa vattenmättade zoner med syrefria miljöer som gynnar denitrifikation och medför ytterligare rening av vattnet från kväve.

### 4.4.2 Lägre vattenhastighet ger mindre erosion

Genom att med avsläntning minska erosion i och kring diket kan man minska transport av sediment och därmed partikelbundet fosfor. För att kunna minska transporten av lösta näringsämnen i vatten (fosfor och kväve) krävs att växtmaterialet skördas och transporteras bort vid underhåll. Vid en breddning av dikessektionen ökar dikets flödeskapacitet och dräneringen förbättras.

Försök har utförts i Ohio, USA, med avfasade strandzoner. Resultaten visar att det med denna åtgärd går att förbättra vattenkvaliteten i diken som leder vatten från

åkermark och samtidigt bibehålla dikets förmåga att avvattna mark (Miami Conservancy District 2009). Hoffman et al. (2009) presenterade en översikt över fosforretentionen i ”buffertzoner” och konstaterade att studier av tillfälligt översvämmade ånära områden har visat en retention på upp till 127 kg fosfor per ha och år, men med mycket stor variation i datamaterialet. Förmodligen förklaras en stor del av denna variation av skillnader i vattenkvaliteten. Ju högre halt av partikulärt bunden fosfor desto större retention, eftersom sedimentationen är den dominerande processen i strandzonen.

Jordbruksverket (2013) sammanfattar de begränsade erfarenheter som finns från USA där man framför allt har studerat effekten på sediment- och kvävetransport. Dikena hade alla en effekt på sedimenttransporten, men med mycket stor variation, från ca 10 % minskning till 80 %.

Förutom minskad sedimenttransport innebär åtgärden att högvattenflöden kan jämnas ut lokalt och översvämningsrisken minskar på omkringliggande mark. Den biologiska mångfalden ökar. Det finns dock risk för att svämplanet eroderar bort vid höga flöden, vilket bidrar till ny transport av sediment och fosfor. Anläggandet av tvåstegsdiken medför även en förlust av åkermark och kan kräva stora jordomflyttningar till höga kostnader. Markåtgången i de genomförda tvåstegsdikena i Sverige ligger på ungefär 0,5 till 1,0 hektar per kilometer dike (Jordbruksverket 2016). Behovet av underhåll kan öka om det blir så mycket växtlighet i mittfåran och på terrasserna att det uppstår dämning och avrinningen från dräneringssystemen hindras.

Avfasning av dikeskanter och tvåstegsdiken är främst lämpliga att anlägga i diken med erosionsproblem, som ofta svämmar över.

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

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.

I ett annat nyligen startat projekt finansierat av bl.a. Havs- och vattenmyndigheten undersöks 10 tvåstegsdiken för deras kapacitet att hålla kvar näring och sediment under olika flödessituationer samt potential för denitrifikation på terrasserna. Tvåstegsdikena anlades för minst 10 år sedan vilket innebär att de har stabiliserats i slänter och att vegetationen är etablerad.

#### *Förslag*

- Invänta resultat av de pågående undersökningarna.

## 4.5 Reglering och återanvändning av dräneringsvatten

### 4.5.1 Kostnadseffektiv och naturlig metod att hantera dräneringsvatten

En av de främsta orsakerna till skördenedsättningar är ojämn tillgång på vatten. Låg avkastningsnivå innebär ofta rester av näringsämnen i marken efter skörd med ökad risk för läckage efterkommande vinter. Med integrerade vattenhanteringssystem kan man minska de negativa sidoeffekterna av vattenanvändning inom jordbruket. Huvudsyftet med systemen är att minska både grundvattenanvändning och det diffusa utsläppet 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 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 dämningbrunnar på stamledningen kan man reglera grundvattennivån i marken. Ofta sätts ståndarrör in i brunnarna, men man kan också använda höj- och sänkbara slangar eller överfalls-trösklar av trä eller stålplåt (Wesström 2002).

### 4.5.2 Effekter på vattenanvändning och näringsretention

Reglerbar dränering 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. Att jorden har relativt god genomsläpplighet gör att den svarar snabbt på ökat eller minskat dräneringsdjup. En förutsättning för att man ska kunna behålla vattnet inom fältet är att jorden har ett behov av dränering. Marklutningen har stor betydelse för den praktiska möjligheten att reglera dräneringen. Ju större nivåskillnaderna är inom fältet desto fler dämningbrunnar 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).

#### *Återanvändning av dräneringsvatten*

Vilka effekter man får av åtgärden beror på dammarnas placering, storlek, utformning och tillrinningsområdets egenskaper (markanvändning, geologi, höjdförhållanden och klimat), se närmare om våtmarker och dammar i kapitel 4.3.2. Störst effekt av åtgärden fås vida höga halter av näringsämnen i dräneringsvattnet.

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

Den största fördelen med reglerbar dränering är att det går att minska avrinningen när dräneringsbehovet är litet. Detta minskar transporten av både kväve och fosfor från åkermark främst genom en minskad avrinning från fälten. Svenska fältförsök med reglerbar dränering har utförts i Halland, Skåne och Småland sedan 1996 (Wesström 2006; Wesström & Messing 2007). Resultat från fyra års försök i Halland visade att kväveläckaget kunde minskas med 20-30 kilo kväve per hektar och år jämfört med läckaget från fält med traditionell täckdikning. Under samma period var avrinningen 70-90 % lägre från de reglerade dräneringssystemen. Resultat från 14 amerikanska undersökningar visade att med reglerbar dränering minskade förlusterna av kväve och fosfor från åkermarken med 45 % (10 kg ha<sup>-1</sup>) respektive 35 % (0,12 kg ha<sup>-1</sup>). Det totala utflödet från dräneringssystemen minskade med cirka 30 % (Evans et al. 1996).

#### *Återanvändning av dräneringsvatten*

Effekter beror på vilka strategier man väljer för påfyllning och tappning av dammarna. I tidigare utförda undersökningar på Listerlandet i Blekinge resulterade olika strategier för tappning och påfyllnad i en utnyttjandegrad av total dammvolym på mellan 88 och 170 %. Lagring av avrinningsvatten i dammar hade en betydande effekt på vattenkvaliteten med lägre halter av kväve och fosfor i dammarna jämfört med inkommande vatten (Wesström & Joel 2010).

#### *Förslag*

- Mer kunskap behövs om hur reglerbar dränering påverkar fosforförlusterna vid högt fosforinnehåll i marken.
- Mer kunskap behövs om hur reglerbar dränering påverkar lustgasemissionen från åkermark. Mätningar behövs av direkt gasavgång från marken och av förluster via dräneringssystemet genom lustgas i dräneringsvattnet.
- Mer kunskap behövs om hur och när bevattningsdammar ska fyllas med vatten för att få bästa näringsreduktion totalt och med minsta påverkan på grundvatten och växthusgasavgång.

#### 4.5.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag

I en översiktlig studie med hjälp av GIS undersöktes förutsättningarna för reglerbar dränering i södra Sveriges kustnära områden, dvs. i delar av Kalmar, Blekinge, Skåne och Hallands län (Joel et al. 2004). Av den totala undersökta arealen på cirka 700 000 ha fanns förutsättning för reglerbar dränering på cirka 200 000 ha. Cirka 100 000 ha hade för låg genomsläpplighet, 170 000 ha hade för stora nivåskillnader



inom fälten och resterande areal bedömdes inte ha något dräneringsbehov. Detta ger en uppfattning om i vilken omfattning reglerad dränering skulle kunna bidra till en minskning av kvävebelastningen på Sveriges kustvatten.

För att uppskatta s.k. miljödammars förmåga att reducera diffusa utsläpp av när-salter användes GIS beräkningar. Miljödammarna klassificerades enligt ett beräknat index PNPI (Potential Non-point Pollution Index) (Munaföa et al. 2005). Tillrinningsområdets fysikaliska egenskaper har beskrivits genom data hämtade från markanvändningskartor, geologiska kartor och digitala höjdmodeller (DEM).

Den potentiella utlakningen från definierade landtytor kan uppskattas som en funktion av tre indikatorer:

- LCI (markanvändningsindikator) vilken beskriver potentialen för utlakning relaterad till markanvändning.
- ROI (avrinningsindikator) i vilken ämnenas rörlighet och möjligheter till infiltration med avseende på marklutning, marktäckning och geologi, ingår.
- DI (avståndindikator) vilken beskriver hydrauliskt avstånd som en sorts re-tentionskoefficient.

#### *Förslag*

- Digitalisera alla markavvattningsföretag och gör det möjligt att hämta digitala kartor via länsstyrelserna kartdatabaser. Dokumentera och digitalisera information om täckdikessystem.

#### 4.5.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

#### *Förslag*

- Kontinuerliga mätningar av avrinning och vattenkvalitet från reglerbara och konventionella dräneringssystem.
- Mätning av växthusgasavgång och grundvattennivåer.
- Dokumentation av odlingsåtgärder och avkastningsnivåer.
- I övrigt likartade behov som för våtmarker och dammar (Kapitel 4.3.5), d.v.s. dokumentation om var åtgärden genomfördes.

## 4.6 Underhåll av markavvattningssystem

Utformning och skötsel av markavvattningssystem har en stor effekt på mängden och kvaliteten på vatten som lämnar avrinningsområdet. En bra dränering förbättrar markstrukturen. En förbättrad struktur leder till att den rumsliga infiltrationen blir jämnare.

#### 4.6.1 Täckdiken och öppna diken, inklusive backdiken

Det främsta målet med täckdikning i Sverige är att avlägsna ett överskott av vatten i markprofilen i syfte att skapa gynnsamma förutsättningar för växtodling samt att förlänga växtperioden. Behovet av dränering är platsspecifikt. Vid dimensionering av ett dräneringssystem tar man hänsyn till klimatförhållande på platsen, markens fysikaliska egenskaper och markanvändning. Dräneringsledningarnas avstånd och djup bestämmer hur mycket vatten som kan ledas bort per dygn. Jordar med bra genomsläpplighet och låg vattenhållande förmåga kan ha ett större ledningsavstånd än jordar med låg genomsläpplighet och hög vattenhållande förmåga. Intensiv markanvändning behöver ett dräneringssystem som kan leda bort vatten snabbare än vid extensiv markanvändning. Vid valet av ledningsavstånd och djup måste man väga in kostnader för systemet och miljöpåverkan. Installation av ett dräneringssystem har två direkta effekter. Det leder till ett flöde av vatten genom marken till dräneringssystemet och minskar den mängd vatten som lagras på eller i marken (Ritzema & Braun 1994). Hur stor minskningen av vatten som lagras i marken blir beror på markens textur och struktur. I allmänhet minskar kvoten mellan dränerbart vatten och markens totala innehåll av vatten med ökande lerinnehåll.

I Sverige består huvudavvattningssystemen till största delen av öppna diken. Vissa diken i jordbrukslandskapet är stabila, medan andra genererar betydande mängder sediment och kräver mycket underhåll. Dikets form har betydelse för hur stort underhållsbehovet blir. Korrekt utformade diken säkerställer att flödeshastigheten inte orsakar erosion av dikesslänter eller sedimentering på dikesbotten. Kapaciteten måste vara tillräckligt stor för att klara det dimensionerade flödet och ha en vattennivå som ger önskad dränering av åkermarken, stabila släntlutningar och därmed ett lågt behov av underhåll.

Vatten som kommer från skogen är vanligtvis väldigt fattigt på näringsämnen. I vissa delar av Sverige är det vanligt med skogsområden på höjderna och jordbruksmark i dalarna. Detta innebär att vatten på sin väg nedströms kan rinna över från skogsmark till nedströmsliggande åkermark. Speciellt vid höga flöden, som t.ex. vid snösmältningen på våren kan vatten som har sitt ursprung på skogsbeklädda delar av avrinningsområdet rinna över till åkermark och orsaka översvämningar, ytavrinning och erosion.

#### 4.6.2 Effekten beror av jordart, markens struktur, topografi och klimat

Väl-dränerade jordar gynnar nitrifikationen och risken för denitrifikation och lustgasavgång minskar. En god dränering gynnar också grödans rottillväxt och därmed grödans växtnäringsupptag, vilket är positivt både för skörden och för att motverka

växtnäringsläckage av framför allt kväve. Mängden lättillgängligt kväve i markprofilen kan vara högre på en väl-dränerad jord jämfört med en dåligt dränerad jord, eftersom den ökade syretillgången ökar kvävemineriseringen och minskar denitrifikationen. När en större andel av vattnet infiltrerar genom markprofilen och marken innehåller mer kväve, så finns en viss risk för ökade kväveförluster. Men sett till helheten i odlingen, så ger en väl-dränerad mark bättre förutsättningar för en bra gröda, som därmed kan ta upp mer kväve, vilket motverkar läckagerisken.

Fosforläckaget styrs inte till lika stor del av mineraliseringsprocessen som läckaget av kväve eftersom fosfor kan bindas kemiskt till markpartiklar. Markpartiklarna kan i sin tur forma jordaggregat. Fosfors förmåga att binda till markpartiklar gör att markens kemiska och fysikaliska egenskaper spelar stor roll för storleken på fosforläckage (Ulén, 2008). Under vissa förutsättningar kan ytvattenavrinning vara den dominerande orsaken till fosforförluster från jordbruksmark. Ett flertal studier visar att fosforförlusterna minskar när markens infiltrationskapacitet ökar och ytvattenavrinningen därmed minskar (Turtola & Jaakola 1995; Gillingham & Thorrold 2000; Simard et al. 2000). Täckdikningssystem kan också bidra till fosforförluster från jordbruksmark, speciellt i samband med snabba vattenflöden i makroporerna, vilket minskar tiden för adsorption av fosfor i marken (Chapman et al. 2001; Gentry et al. 2007). I områden med kraftig marklutning är det extra viktigt att ha en bra dränering, speciellt i områden med lerjordar med dålig aggregatstabilitet där det finns stor risk för ytvattenavrinning och erosion.

Det är också viktigt med väl fungerande backdiken som kan leda vatten från skogsmark förbi åkermarken och därmed förhindra mobilisering av markpartiklarna på jordbruksfälten.

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

En väl utförd täckdikning har en funktionstid på kanske mer än 100 år. En regelbunden översyn av dräneringssystem är viktig för att säkerställa systemens funktion på långsikt. Vid en översyn av systemen är det viktigt att kontrollera funktionen på utloppsdiket, täckdikningsögon, kantdiken, ytvattenintag, kopplings- och slambrunn samt kabelkorsningar.

Tänkbara orsaker till att dräneringen inte fungerar är att markens genomsläpplighet har försämrats på grund av sämre markstruktur, markpackning eller en plog-sula. Om markanvändningen har ändrats kan dräneringssystemet vara underdimensionerat för den nya markanvändningen. Andra orsaker till funktionsnedsättning är att vattnet inte kommer in i ledningen på grund av igensatta filter eller att ledningen är igensatt av sediment, rötter eller järnutfällningar. Rören kan också ha satt sig eller skadats så att vatten läcker ut ur dräneringen. Det är också viktigt att kontrollera att ytvattenintag, kopplingsbrunnar och utloppet inte är igensatta utan fungerar som det

är tänkt. Först efter att man vet orsakerna bakom en försämrad funktion är det möjligt att sätta in rätt åtgärder på rätt plats.

Många diken i jordbrukslandskapet är gamla och inte anpassade till varken klimatiförändringar eller till att ta emot vatten från expanderande samhällen. Det finns därför ett stort behov att anpassa diken till förändrade flöden samt utveckla underhållsmetoder för att minska underhållsbehovet och miljöpåverkan. För att kunna fastställa orsaker och sätta in rätt åtgärder krävs mer kunskap om hur varierande flödesregimer påverkar dikens stabilitet. Följande frågeställningar behöver besvaras:

- Vilka flödes hastigheter orsakar erosion i olika jordarter? Vilka åtgärder behöver göras för att minska flödes hastigheter?
- Vilka flödes hastigheter orsakar sedimentering i olika jordarter? Vilka åtgärder behövs för att öka flödes hastigheter?
- Har vi tillräcklig flödeskapacitet? Behövs uppdaterade rekommendationer för dimensionerande flöden? Vilka åtgärder behövs för att anpassa dikes sektioner?
- Hur uppnår vi på bästa sätt stabila släntlutningar i olika jordarter? Vilka fysiska eller biologiska åtgärder behöver utvecklas?

#### *Förslag*

- Metodik behöver utvecklas för att kunna mäta vilken effekt flödande vatten har på aggregatstabiliteten vid olika vattenhastigheter.
- Mätningar behöver utföras på olika jordarter för att få ett mått på erodibiliteten.
- Simuleringar med exempelvis HEC-RAS (USACE 2010) behöver göras för att utreda sambanden mellan flödeskapacitet och underhållsbehov för diken installerade i olika jordar.
- Rekommendationer behöver tas för att säkerställa rätt åtgärd på rätt plats.

#### 4.6.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag

Idag är 50 % av Sveriges åkermark täckdikad, varav 63 % har systemtäckdikats de senaste 50 åren med tegelrör. Cirka 23 % av åkerarealen har otillräcklig dränering (SCB, 2017). De årliga investeringarna i täckdikning behöver bli två till tre gånger större än idag för att åkermarken ska få en tillfredsställande dränering och klara framtida klimat (Jordbruksverket 2018).

För backdiken är det svårt att kvantifiera åtgärdsutrymme, men inkommande vatten från skogen kan vara just den faktorn som skapar förutsättningarna för att ytavrinning bildas på åkermarken och att erosion uppstår. Med andra ord, effektiva backdiken kan utgöra skillnad mellan ingen erosion alls och intensiv erosion med höga

förluster av fosfor. Beräkningen av den kvantitativa effekten kan vara svår men med högupplöst rumslig identifiering av ”brytpunkter” där vatten från skogen kommer in på jordbruksmark är det möjligt att utföra beräkningar för södra halva av Sverige utifrån befintliga erosionskartor (Djodjic & Markensten 2018).

#### *Förslag*

- Digitalisera alla markavvattningsföretag och gör det möjligt att hämta digitala kartor via länsstyrelserna kartdatabaser.
- Tillgängliggör information om underhållsplaner för markavvattningsföretag samt dokumentera och digitalisera underhållsarbete inklusive installerade täckdikessystem.
- Inventera backdiken mellan skogs- och åkermark.

#### 4.6.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

Vid täckdikning minskar sedimenttransporten och transporten av partikelbunden fosfor genom minskad ytavrinning och erosion, se ovan. För att upprätthålla dräneringsfunktionen krävs underhåll.

Ett väl underhållet dike ökar odlingssäkerheten och minskar risken för översvämning både inom bebyggelse och på åkermark. En ökad odlingssäkerhet minskar risken för växtnärläckage. Det är svårt att ange en procentsats för minskat läckage då väl fungerande diken är en förutsättning för odling.

Genomförande av backdiken kan påverka behov av andra åtgärder nedströms, som t.ex. skyddszoner och våtmarker. Bortledning av vatten från skogen och påföljande minskning av förekomsten av ytavrinning skulle leda till ett minskat behov av skyddszoner. Samtidigt kan snabbare bortföring av vatten öka behov av våtmarker för att bromsa vattenföring i diken och vattendrag.

#### *Förslag*

- Uppdatera båtnadsfördelningen inom markavvattningsföretag.
- Ompröva markavvattningsföretag om markanvändningen ändras inom företaget.
- Upprätta underhållsplaner och dokumentera allt underhållsarbete.
- Samordna mätningar av flöde och vattenkvalitet inom avrinningsområden med andra pågående projekt.

## 4.7 Skydds-zoner

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

Skydds-zonernas placering i landskapet är den faktor som har störst betydelse för deras kostnadseffektivitet, då mängden material som fångas i skydds-zonen (t.ex. suspenderat sediment, fosfor) är direkt kopplad till inkommande mängder och halter av suspenderat material. Därför bör skydds-zonerna anläggas i de delar av landskapet som löper störst risk att drabbas av ytavrinning och erosion (*Figur 18*).



*Figur 18.* Skydds-zon i Uppland. Foto: Faruk Djodjic.

I en sammanfattning över studier på skydds-zoners reningskapacitet framgår att man kan förvänta sig en 50 procentig reduktion av sedimenttransport och totalfosfor (Dorioz et al. 2006). Hoffmann et al. (2009) konstaterar att retentionen av totalfosfor från ytavrinningen i skydds-zonerna är generellt hög (32-93 %; median 67%) även om skydds-zoner är mindre effektiva med avseende på retention av löst fosfor (71 till 95%, median 65%). Denna höga reduktionsfaktor innebär att skydds-zonens effektivitet huvudsakligen styrs av vattenvolymer som via ytavrinningen som når

skyddszonen samt av halten suspenderat material och dit bundna näringsämnen eller växtskyddsmedel som når fram till skyddszonen. Med andra ord, den viktigaste faktorn för skyddszonens effektivitet är dess placering och dess bredd i förhållande till placeringen (Ahlgren et al. 2011). Detta innebär att ett område med stor ytavrinning kräver breda skyddszoner, men om ingen ytavrinning förekommer blir skyddszonen inte effektiv oavsett bredd, sammansättning eller skötsel. I praktiken innebär detta att en enskild lantbrukare bör anlägga skyddszonerna efter de skiftande förutsättningar som gäller på gårdens mark, och acceptera en bredare skyddszon där den gör nytta mot att marken får brukas i de delar där skyddszonen knappast gör någon nytta.

#### 4.7.1 Skyddszonens funktion och effektivitet – behov av kunskap

I dag finns det åtminstone för södra halvan av Sverige redan framräknade erosionskartor som kan vara ett bra diskussionsunderlag för en optimal placering av skyddszonerna (Djordjic & Markensten 2018). Kartorna grundar sig på högupplöst höjddata och kan därför användas i fältskala. Däremot kan dessa kartor inte ses som ett facit utan utgör underlag för diskussion mellan lantbrukare och rådgivare. Det största tillkortakommandet av dessa kartor är att de inte kvantifierar fosforbelastning och fosforreduktion. I Aronsson et al. (2019) finns ett förslag på kvantifieringen av skyddszonernas effekt baserat på modelleringen med typhalterna men osäkerheterna är stora då det saknas möjligheterna att jämföra modellerade resultat med uppmätta värden. Överhuvudtaget är förekomst, intensitet och frekvens av ytavrinningen i Sverige dåligt dokumenterat och framförallt saknas kvantifieringen av både vattenvolymer och näringsämneshalter som kan utgöra en bas för en säkrare beräkning av ytavrinningens andel av och betydelse för de totala P förlusterna. Ytavrinningsepisoder är vanligtvis sällsynta och korta (Kristin Boye et al. 2012), men kan ändå stå för betydande andel av förlusterna av fosfor.

##### *Förslag*

Ytavrinning, erosion och översvämningar är en vanlig syn på svensk åkermark under tidig vår. Dessa processer kan bevisligen medföra höga förluster av fosfor men konkret kvantifiering av både vattenvolymer och sediment- och näringsämnestransporter saknas under svenska förhållanden. I dag finns det riskkartor som är ett bra underlag för att identifiera eventuella mätställen men det saknas projekt som skulle kunna kvantifiera förluster och bedöma deras betydelse i förhållande till totala förluster. Därför behövs det projekt som kan leda till en pålitlig kvantifiering av ytavrinningen som ett första steg i att kvantifiera eventuella effekter av skyddszoner under svenska förhållanden.

- Välj ut ett antal platser där ytavrinning och erosion förekommer och genomför mätningar med hög upplösning av vattenflöden och näringshalter.

- Undersök ackumulering av näring i jordprofilen i skyddszoner och risk för förluster till dräneringssystem genom att ta ut och behandla jordcylindrar med regnsimulering på laboratorium.
- Undersök hur befintliga skyddszoner är placerade i förhållande till modellerade erosionslinjer.

## 4.8 Fånggröda och mellangröda

### 4.8.1 Fånggrödor och mellangrödor håller marken bevuxen på hösten

#### *Fånggröda som odlas med stöd i landsbygdsprogrammet*

Fånggröda är främst en åtgärd för minskat kväveläckage genom att den tar upp överblivet gödselkväve och mineraliserat kväve som annars riskerar att lakas ut. Fånggrödors effekt för att minska fosforförluster handlar om att marken hålls obearbetad och bevuxen över vintern och därmed skyddas från partikulära fosforförluster.

Fånggröda är något man kan få ersättning för i landsbygdsprogrammet, och stödet är förknippat med vissa villkor vad gäller såtidpunkt, art och brytningstidpunkt m.m. Fånggrödor kan sås in i huvudgrödan på våren (gräs eller gräs blandat med klöver) och sedan lämnas att växa efter skörden av huvudgrödan fram till senhösten, eller ända till våren. De kan också sås efter skörd av huvudgrödan (t.ex. oljerättika eller råg), ofta efter någon form av ytlig bearbetning. Fånggrödor med stöd får inte skördas eller gödslas.

#### *Mellangröda är ett vidare begrepp för grödor mellan grödorna*

Odling av grödor mellan huvudgrödorna görs även utan fånggrödestöd. Dessa grödor, som omfattar ett bredare spektrum av arter och odlingsmetoder än vad som villkoren för fånggröda medger, brukar kallas mellangrödor. Fånggrödestödet upplevs av många lantbrukare som krångligt och oflexibelt, och därför har odling av andra mellangrödor än just fånggrödor ökat i södra Sverige. Delvis sker det i odlingsystem där man samtidigt inte bearbetar marken alls, t.ex. inom odlingskonceptet ”conservation agriculture”. Motiv kan vara minskat läckage, men också att få en extra skörd av biomassa för foder eller energi, bekämpa ogräs, förbättra markstruktur och att öka mullhalt och kolinlagring i marken. Mellangrödor gödslas ibland.

Jordbrukets roll för negativa nettoutsläpp av koldioxid har lyfts bland annat i utredningen ”Vägen till en klimatpositiv framtid” (SOU2020:4) där mellangrödor identifieras som en viktig åtgärd för ökad kolinlagring. Det är troligt att det kommer stödsystem för att stimulera kolinlagrande mellangrödor in jordbruket.



#### 4.8.2 Effekten beror av odlingsmetod, jordart och klimat

Fånggrödans/mellanrödans effekt på kväveläckaget varierar beroende på jordart, klimat och odlingsbetingelser, som så- och brytningstidpunkt m.m. Fånggröda som omfattas av stöd är en relativt väl undersökt åtgärd. Läckagestudier i utlakningsförsök och modellberäkningar tyder på att fånggrödors reducerande effekt på kväveutlakningen ligger i intervallet 30-60%, och att en siffra på ca 40% är ett rimligt medelvärde av olika typer av fånggrödor och nedbrukningstidpunkter (Aronsson et al. 2016). Fånggrödor var viktiga för att minska kväveläckaget från Sveriges åkermarker då de infördes i större omfattning under slutet av 1990-talet, och genom att det är en åtgärd med stöd i landsbygdsprogrammet är dokumentationen och kändedomen om arealen som odlas med stöd god (Johnsson et al. 2008).

För fosforförlusterna ger jordbearbetning på våren istället för på hösten ett skydd mot erosion (Lundekvam & Skoien 1998; Bechmann 2012; Ulén, 1997), och ytterligare effekt av fånggröda som får växa över vintern är marginell (Aronsson et al. 2016). Fånggrödan påverkar inte heller vattenbalansen i marken i någon större utsträckning.

Kunskap om hur andra mellanrödor än de stödberättigade fånggrödorna påverkar läckaget av kväve är bristfällig, liksom dokumentationen av hur odlingen ser ut. Mängden biomassa som en mellanröda producerar indikerar den kväve- och kol-fångande förmågan men måste ställas i relation till längden på växtperioden för mellanrödan, utnyttjande av eventuellt tillfört gödselkväve, om grödan skördas, materialets omsättbarhet m.m. för att man ska kunna bedöma effekten på läckaget.

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

Det är främst för mellanrödor utanför fånggrödestödet som det behövs kunskap om effekt på kväveläckaget och om hur de skulle kunna optimeras i kombination med andra önskade effekter på produktion och kolinlagring. Kunskap behövs om:

- Arters tillväxtförmåga under hösten, främst höstsådda fånggrödor av de arter som inte omfattas av fånggrödestödet idag.
- Hur gödsling av en mellanröda för ökad biomassa påverkar läckaget av kväve.
- Hur så- och brytningstidpunkt påverkar funktionen av mellanrödan.
- Hur etableringsmetoder utan jordbearbetning (conservation tillage) påverkar systemets förluster av växtnäring.

### Förslag

Utlakningsförsök, där försöksrutor med separata dräneringssystem möjliggör systematisk undersökning av näringsläckage från olika behandlingar, är en viktig resurs i sammanhanget, men de är kostsamma och finns endast på ett fåtal platser i landet. Att komplettera försök med testodling av fånggrödor med mätningar av mineralkväve i marken och utlakningsmätningar för utvalda försöksled är ändå viktigt. Det pågår olika initiativ kring testodling av mellangrödor, bland annat inom de s.k. Sverigeförsöken. Att komplettera dessa genom utökade mätningar kan vara kostnadseffektivt. Det handlar främst om att fokusera studierna till södra Sverige på jordar med lerhalt under 30%, där effekten på kväveläckaget kan förväntas vara störst.

- Utnyttja pågående försöksverksamheter av mellangrödor med utökade mätningar av biomassa och utlakningsbart kväve i marken på hösten.
- Använda anläggningar för utlakningsstudier, t.ex. i södra Halland för att följa typiska mellangrödor som odlas utanför landsbygdsprogrammets stöd för fånggröda.
- Följa utvecklingen hos utvalda lantbrukare som tillämpar *conservation agriculture* med avseende på mellangrödors förekomst och utveckling, se kapitel 4.9.
- Utredda möjligheter med att utifrån satellitdata undersöka arealen av mellangrödor i jordbruket, för åtgärdsuppföljning.

#### 4.8.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme - behov av underlag

Fånggrödor och mellangrödor ger bäst effekt på lättare jordar i nederbördsrikt klimat, det vill säga där kväveläckage är ett problem. Odlingen ger också effekt främst i sydligaste delen av landet, där det finns en tillväxtpotential under lång period under hösten. För att bedöma lokalisering för bästa effekt och åtgärdsutrymmet är lerhalt-skarta en bra utgångspunkt tillsammans med information om odlingssystemens grödor, som begränsar utrymmet för när fånggrödor/mellangrödor kan komma in i växtföljden. Dessa redskap finns idag för fånggrödor med stöd, och även hur stor del av åtgärdsutrymmet som är uppfyllt. Inom modellberäkningssystemet för näringsläckage för Sveriges åkermarker (NLeCCS) kan man uppskatta både effekt av fånggrödor på läckaget och åtgärdspotentialen för fånggrödor utifrån hur den aktuella odlingen av fånggrödor och gröd fördelningen ser ut i olika regioner (Johnsson et al. 2016).

För mellangrödor är däremot odlingens omfattning okänd. I SCB:s ordinarie grödstatistik finns inte mellangrödor med. Därmed är det svårt att bedöma hur implementerad åtgärden är, men med NLeCCS bör det vara möjligt att definiera det

totala åtgärdsutrymmet, förutsatt kunskap om vilka odlingskoncept för mellangrödor som ger effekt på kväveläckaget.

#### 4.8.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

Förutsatt att man kan bedöma arealen med fånggrödor och mellangrödor är det möjligt att använda modellsystemet för beräkning av utlakning från Sveriges åkermarker (NLeCCS) för att bedöma effekten av åtgärden, vilket tillämpats förut. Detta kräver också kunskap om de nya typerna av mellangrödor som används, och deras effekt på kväveläckaget.

##### *Förslag*

Det händer mycket på området med att använda spektrala signaturer för att beskriva grödor och jordförhållanden. Att använda satellitmätningar för att uppskatta mängden höstbevuxen mark med fånggrödor och andra mellangrödor är något som bör beaktas som en möjlighet att undersöka närmare.

## 4.9 Jordbearbetningssystem

### 4.9.1 Jordbearbetningssystem i Sverige

I Sverige tillämpas konventionell jordbearbetning på den största delen av arealen, reducerad bearbetning på 20-25% och direktsådd på 1-2%. I konventionell jordbearbetning vänds jorden med plog och där blandas växtdelar och deras näringsinnehåll i det bearbetade jordlagret, till 20-30 cm djup. Med reducerad bearbetning avses system med ytlig kultivering, icke vändande bearbetning, där inblandning sker till endast 5-10 cm djup. I direktsådda system är det endast såbillarnas störning av markytan som sker. *Conservation agriculture* är benämningen på en odlingsform där man kombinerar direktsådd eller reducerad jordbearbetning med mellangrödor, *mulching* och andra åtgärder för att gynna markens struktur och mullhalt. Målet är bl.a. att inte behöva använda jordbearbetning för såbäddsberedning eller bekämpning av ogräs.

### 4.9.2 Jordbearbetningen effekt på förluster av kväve och fosforförluster

Jordbearbetningssystem och tidpunkt för jordbearbetning påverkar växtnäringssystemet och transport i marken. För kväve är det generellt tidpunkten för jordbearbetning på hösten som är kritisk med tanke på läckage, och det är jordbearbetningens

effekt på kväve mineraliseringen som påverkar risken. Jordbearbetning tidigt på hösten, även om den är ytlig, kan öka risken för kväveläckage. För fosfor är det jordbearbetningens effekt på risken för erosion och partikeltransport som har störst betydelse. Därför är det främst vårplöjning och system helt utan jordbearbetning som betraktas som åtgärder mot fosforförluster. Reducerad jordbearbetning har marginal effekt. Hur jordbearbetningsåtgärder och fånggröda/mellangröda påverkar kväve- och fosforförluster är starkt jordartsberoende, och effekter för lätta jordar och lerjordar sammanfattas i *Tabell 1*.

Tabell 1. Effekter av fånggröda och jordbearbetning på kväveläckage och fosforförluster (PP: partikulär fosfor, DRP: löst fosfor). God: god effekt, Viss: viss effekt, Var: effekten beror av lerhalt, Neg: ökande förluster (Aronsson et al. 2019).

	Lätt genomsläpplig jord, ingen erosion			Lätt jord, erosionsbenägen			Lerjord, makroporer		
	N	PP	DRP	N	PP	DRP	N	PP	DRP
Fånggröda	God			God			God	*	Neg
Vårbearbetning	God			God	God		Var**	God	Neg
Direktsådd	God		Neg	God	God	Neg	Var**	God	Neg
Reducerad jordbearbetning	Viss		Neg	Viss		Neg			Neg

\* Om fånggrödan vårmedbrukas minskar erosionen

\*\* Ingen förväntad effekt på styva leror, ej heller tillämpligt för styva leror

Vårbearbetning, istället för stubbearbetning eller plöjning på hösten, innebär att markytan lämnas orörd, bevuxen med en höstgröda, fånggröda eller ogräs som kan ta upp växnäring. Det innebär även minskad mineralisering av kväve under hösten, och ett skydd mot erosion. Att vårbearbeta minskar uppskattningsvis kväveläckaget med 20-40% på lätta jordar (Aronsson et al. 2003; Stenberg 1999; Aronsson & Torstensson 1998) men ger ingen tydlig effekt på styva leror (Aronsson et al. 2011; Myrbeck 2014). Där är inte heller vårbearbetning en åtgärd som tillämpas av praktiska skäl. Gränsen för lerhalt där vårbearbetning är aktuellt går vid 20-25%. För fosforförlusterna är det skyddet mot erosion som ger effekt och därför är det på jordar som riskerar att förlora partiklar genom markprofilen eller på ytan som man kan vänta sig effekt, enligt mätningar på upp till 50% reduktion av partikelburna fosforförluster (Ulén et al. 2010). På lätta genomsläppliga jordar ser man mycket sällan någon effekt av vårbearbetning på fosforläckage.

Direktsådd har liknande effekt på kväveläckaget och på fosforerosion som vårplöjning, (*Tabell 1*), förutsatt att man lyckas hålla en lika stabil skörd som i konventionella system. Däremot kan läckaget av löst fosfor öka något i direktsådda system till följd av att fosfor anrikas i markytan och att stabila system av porer bildas

med tiden, som kan transportera löst fosfor nedåt (Bertol et al. 2007; Hansen et al. 2000; Ulén et al. 2010).

När det gäller *conservation agriculture*, alltså där man i största möjliga mån undviker jordbearbetning och optimerar andelen bevuxen mark under hösten är ett system med flera positiva hållbarhetsaspekter, förutom möjlighet till minskat kväveläckage och fosforförluster. Odlingen är inte omfattande idag, men intresset är stort och mycket talar för att det är en ökande odlingsform. Det finns idag mycket få mätningar av näringsläckage från system med *conservation agriculture*.

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

Kunskapen kring hur tidpunkten för jordbearbetning påverkar förluster i konventionella system är relativt god genom fältstudier som gjorts, liksom effekter av reducerad jordbearbetning. För system med direktsådd är kunskapen däremot bristfällig vad gäller näringsläckage. Det gäller särskilt system med utpräglat fokus på kombination av direktsådd med mellangrödor m.fl. åtgärder som kännetecknar *conservation agriculture*.

Att studera effekter av odlingssystem inom sfären direktsådd-*conservation agriculture* kräver tid, eftersom det handlar om förändringar i marken som bygger upp nya strukturer och förutsättningar. Effekter kommer att variera både mellan år och över längre tid. I ett långliggande försök med utlakningsmätningar på Lanna samlas nu kunskap för en jord med hög lerhalt (40%) för ett konventionellt system i jämförelse med direktsådd, med inriktning mot *conservation agriculture* (R0-8419).

Det sker också nya forskningssatsningar, bland annat på långliggande försök, med fokus på markens kolinlagring och struktur i olika odlingssystem (Thomas Keller, muntligen). Försök av den här typen är utmanande genom att det handlar mycket om ständig anpassning efter omständigheter och timing, vilket kan göra det svårt att utreda specifika faktorerers påverkan på mineralisering av näring och läckage. Men behovet är stort och det finns ett mycket stort intresse hos lantbrukare för odlingssystem utan jordbearbetning. Efterfrågan på försök och erfarenhet är stor, och här finns en stor potential i att samla och sammanställa lantbrukarens erfarenheter tillsammans med riktade undersökningar.

#### Förslag

- Utökade mätningar i nya långliggande försök med direktsådd vid SLU med avseende på parametrar för att bedöma inverkan på vattenmiljön.
- Inventering av odlingsåtgärder och mätserier av gröd- och markparametrar hos lantbrukare i områden med mycket direktsådda system, t.ex. i Skåne och

Västmanland. Där finns etablerade kontaktnät och genom studier i två områden täcks olika förutsättningar.

#### 4.9.4 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag

Effekten av jordbearbetningsåtgärder är främst jordartsberoende, och möjligheten att genomföra t.ex. vårbearbetning är aktuellt främst för jordar med lägre lerhalt än 20-25%. Information om lerhalt för marken är därför viktigt för att bedöma bästa lokalisering och åtgärdsutrymme. Vårbearbetning är en åtgärd med stöd i landsbygdsprogrammet, vilket ger en uppfattning av åtgärdens genomförandeareal. Liksom för fånggrödor kan man utifrån beräkningssystem uppskatta åtgärdsutrymme för vårbearbetning utifrån jordart och grödfördelning i olika regioner.

När det gäller effekt av vårbearbetning och direktsådd på partikelförluster av fosfor är både lerhaltskartor och erosionsrisk viktiga verktyg, vilka finns tillgängliga. Det finns också kartor som beskriver fosforinnehåll i marken men de som är allmänt tillgängliga har en låg upplösning.

För direktsådd och *conservation agriculture* finns inte information direkt tillgängligt för bedömning av bästa lokalisering och av tillgängligt åtgärdsutrymme. Här är det till stor del lantbrukares intresse, kunnande och investeringsvilja som avgör hur jordbearbetningssystemet utformas och utvecklas.

##### *Förslag*

Kartlägg lantbrukares erfarenheter och bedömningar av odlingssystem utan jordbearbetning för att bedöma möjlig lokalisering och åtgärdsutrymme.

#### 4.9.5 Effekt efter genomförande – behov av uppföljning

Liksom för fånggrödor och mellangrödor är beräkningssystemet för utlakningsberäkningar från åkermark ett möjligt redskap för att bedöma effekter, förutsatt att arealen är känd.

##### *Förslag*

På samma sätt som för mellangrödor bör också satellitkartor kunna utvecklas för att identifiera arealen åkermark som sås utan föregående jordbearbetning, för att mäta genomförandegraden.

## 4.10 Effektivt utnyttjande av mineralgödsel och stallgödsel

### 4.10.1 Mineralgödsel – precisionsgödsling för minskat kväveläckage

En noggrann anpassning av kvävegivan efter grödans behov minskar risken att gödselkväve blir kvar i marken efter skörd, där det sedan kan ge upphov till utlakning. Precisionsgödsling innebär att man varierar gödselgivan (oftast mineralgödsel) över fältet efter fältets/grödans varierande avkastningsförmåga, för att utnyttja gödseln effektivt. Det kan göras enligt olika metoder, t.ex. genom avläsning i grödan med N-sensor, med hjälp satellitbilder eller efter tidigare års skördekartering.

Effekten av precisionsgödsling har uppskattats till en läckageminskning av kväve på 1-8 kg/ha jämfört med jämn giva och beror av bland annat jordart (lerhalt), fältets inneboende variation i avkastningsförmåga och hur väl man lyckats med själva medelgivan för fältet (Naturvårdsverket opublicerat; Nilsson 2010). För fosfor finns inga tydliga samband mellan måttlig överdosering i växande gröda och utlakning under efterföljande vinter. Det finns utrymme att öka mängden areal som precisionsgödsas, men generellt är det minst lika viktigt att medelgivan för fälten anpassas efter behovet, förutom själva fördelningen (Nilsson 2010). Medelgivans storlek anpassas efter förväntad medelskörd som kan bygga på en avläsning i grödan på fältet med N-sensorn, allmänna gödslingsrekommendationer, mineraliseringspotential hos fältet bedömd utifrån nollrutor, m.m. Viktigt är dock att all överdosering inte är åtgärdbar genom att skörd ibland slår fel i förhållande till vad man räknat med vid gödsling.

### 4.10.2 Mineralgödsel – behov av kunskap

Sambandet mellan överdosering av kväve och utlakning är relativt väl undersökt på olika jordtyper (Bergström & Brink 1986; Simmelsgaard & Djurhuus 1998; Delin & Stenberg 2014). Anpassning av medelgödselgivor handlar mycket om lantbrukares kunskaper om fältens egenskaper, men årsmånsvariationer har stor betydelse, t.ex. vad gäller kvävemineralisering, vattentillgång m.m. Det finns ett stort intresse inom jordbruket och utvecklingspotential för att bättre kunna anpassa gödsling efter produktionsförutsättningar och prognoser

#### *Förslag*

Främja fortsatt utveckling av prognos- och bedömningsmetoder för grödors behov och kvävegödslingsstrategier för mineralgödsel, t.ex. vad gäller olika grödor. Idag är det främst höstvetete som precisionsgödsas med kväve.

#### 4.10.3 Effektivt utnyttjande av stallgödsel

Man kan säga att begreppet effektivt utnyttjande sammanfattar åtgärderna för minskade förluster i samband med stallgödelspridning, dvs. rätt giva, rätt tidpunkt, rätt metod och rätt plats. Stallgödselåtgärder för minskat läckage handlar mycket om att undvika spridning av stallgödsel under riskperioder. Det handlar om att undvika spridning under senhösten, på obevuxen mark under hösten, vid väldigt blöta förhållanden m.m. Trots att nitratdirektivet reglerar risker vid spridning av stallgödsel är det inte olagligt att sprida gödsel vid inte helt optimala tidpunkter. Stora engångsgivor av gödsel kan spridas enstaka år, vilket också skett enligt SCB:s statistik (Djordjic & Kyllmar 2011). Vid stora givor av stallgödsel, särskilt på hösten finns risk för ökad utlakning av både kväve och fosfor. För djurgårdar som har höga fosforhalter i marken är det ibland inte motiverat med så stora fosforgivor som blir det faktiska resultatet när stallgödsele fördelas över arealen. Det kan innebära en direkt risk för läckage och också att fosforinnehållet ytterligare ökar ytterligare i marken. Att det finns ett samband mellan ökad utlakning av fosfor och markens fosforinnehåll är känt (Heckrath et al. 1995; Börling et al. 2004), men hur stor den blir på olika jordar är inte möjligt att säga med dagens kunskap.

Utredningen ”Stärkt lokalt åtgärdsarbete – att nå målet Ingen övergödning” (SOU 2020:10) föreslår etappmål för effektivare gödselanvändning, där andelen stallgödsel ska öka i förhållande till mineralgödsel, dvs. stallgödsele ska utnyttjas effektivare och på så sätt minska behovet av mineralgödsel. Ett effektivare utnyttjande av stallgödsel är en ständig kärnfråga och utmaning för djurhållningens påverkan på vattenmiljön, där förbättringar sker. Rådgivning och regelverk har utformats under decennier och bidragit till detta.

##### *Både fråga för gårdar och regioner*

Ytterligare förbättringar som kan krävas för att nå riktigt höga effektivitetsnivåer för stallgödsel är ökad lagringskapacitet för att kunna sprida stallgödsel vid optimala tidpunkter och att öka utbytet med gårdar som behöver stallgödsel. Det är dock inte bara en fråga för den enskilda gården, även om det kan finnas åtgärder att vidta. Det handlar också om strukturella problem, där hela regioner med mycket djur får ökande fosforhalter i marken, medan växtodlingsregioner har sjunkande halter av fosfor och mull, och har behov av att tillföra mineralgödsel (Akram et al. 2019). Det beror på att foder importeras till djurgårdar, men att gödseln som är tung och blöt blir kvar i närområdet. I det regionala perspektivet kan det bli frågan om långa sträckor för att fördela fosfor resurseffektivt, vilket skulle kräva metoder för att minska vatteninnehållet i gödsel och/eller utvinna fosforfraktionen.



#### 4.10.4 Stallgödsel – behov av kunskap

Det är svårt att kvantifiera effekter av effektivt stallgödselutnyttjande eftersom det är en komplex fråga (Aronsson & Johnsson 2017). Åtgärder för bättre utnyttjande och minskade direkta risker har man arbetat länge och successivt med inom jordbruket och det är en glidande skala för vad man menar med att vidta en specifik åtgärd. Hur mycket fosforläckaget kan minska genom att undvika att sprida gödsel på fosforrik mark är en viktig fråga, där effekten kommer först efterhand när halterna i marken minskar. Det kommer att vara svårt att sätta en effektnivå för en sådan åtgärd, men det är viktigt att bygga vidare på kunskap om detta. Att ett effektivare utnyttjande av stallgödsel på gården och i större skala har effekt på sikt är också högst rimligt att anta.

Ett viktigt kunskapsbehov är att identifiera vilka flaskhalsar som återstår för en bra stallgödselutnyttjande och ett ökat stallgödselutnyttjande på gårdar, samt vilken potential det finns att minska införseln av näring med mineralgödsel, se nästa stycke. Det gäller på gården och i regionen.

#### 4.10.5 Lokalisering och åtgärdsutrymme – behov av underlag

Kartmaterial över fosforstatus hos svenska jordar och jordarter, tillsammans med statistik över växtnäringsflöden på gårdar, djurfördelning, skördedata m.m. är viktiga parametrar för att bedöma regionala obalanser för växtnäring och potential för förbättringar och lokalisering av stallgödsel. Balansberäkningar ger information om hur omfördelning av fosfor från fosforrikare till fosforfattigare mark kan komma att påverka skörd och vattenkvalitet på lång sikt. Detta måste kombineras med utvärdering av kostnader och vinster för detta i både företags- och samhällsekonomiskt perspektiv, där olika tekniska och ekonomiska lösningar utvärderas.

##### *Förslag*

- För att identifiera behovet av åtgärder bör det följas upp hur dagens stallgödsel fördelas över arealen. Uppdatera rapporten om vilka givror lantbrukare använder som gjordes 2011 (Djordjic & Kyllmar).
- Eftersom markens fosforinnehåll och fosformättnadsgrad påverkar behovet av fosforgödsling och risk för utlakning är detta viktig information. Jordbruksverkets kartering ger värdefull information för att bedöma gödslingsbehov och lokalisering av åtgärder i regional skala. Det finns ett behov av en ytterligare ökad detaljgrad i vissa områden.
- För att bygga vidare på kunskapen om hur markens fosforförhållanden påverkar fosforläckaget skulle det också vara värdefullt att göra ytterligare analyser

av löslig fosfor (extraherad med kalciumklorid) på markkarteringsproverna från Jordbruksverkets kartering. För ett urval av proverna pågår en analys.

#### 4.10.6 Effekt efter genomförande – behov uppföljning olika gödselmedel

För både lokalisering av åtgärder och bedömning av deras effekt handlar det om att ha en överblick av situationen före och efter. Växtnäringsbalanser som utförs inom rådgivningen är ett mått på växtnäringseffektiviteten på gårdsnivå, där data samlas in och kan utnyttjas i utvärderingar av aktuell status och förändring över tid. Att införa mer detaljerad kartläggning för växtnäringsbalanser på enskilda fält är det som skulle krävas för att utreda hur väl man lyckats med tillförsel av mineralgödsel till enskilda grödor. Det skulle kunna ligga till grund för exempelvis en miljöcertifiering av gårdar, som därmed skulle kunna visa i vilken grad man implementerar åtgärder för minskad överdosering.

##### *Förslag*

- Prova konceptet att använda fältbalanser för att följa upp lantbrukares växtnäringsutnyttjande.
- Uppmuntra och undersöka i vilken utsträckning lantbrukare analyserar gårdens stallgödsel och markens fosforinnehåll för behovsberäkning.

## 5 Diskussion

Vi har i den här rapporten beskrivit ett arbetssätt för att följa upp effekten av åtgärder mot övergödning. Det grundläggande är att det finns kunskap om hur enskilda åtgärder fungerar under olika förutsättningar, att det går att identifiera var det är störst behov av åtgärder och att man har möjligheter att välja åtgärder beroende på plats. Efter att åtgärder har genomförts behöver den samlade effekten följas upp och sammanställas så att den kan användas för prioriteringar i det fortsatta åtgärdsarbetet. Vi har också visat på behovet av system för lagring av data, rutiner för bearbetning och kommunikation men också av samordning mellan myndigheter som på olika sätt arbetar med övergödning.

Arbetssättet kan även användas för åtgärder som förbättrad hydromorfologi, större biologisk mångfald och klimatåtgärder som kolinlagring, växthusgasreduktion och vattenhushållning. Att framöver arbeta med helheten och inkludera alla aspekter av jordbrukslandskapet kommer vara en förutsättning för att kunna nå hållbarhetsmålen.

Förslaget täcker många aspekter och allt kan inte genomföras, det finns också annat som kan göras som inte alls är med bland förslagen, och en del som redan pågår. En prioritering för att komma vidare kan vara att välja aktiviteter som med liten insats kan ge stort värde. Ett exempel är att säkerställa att det löpande genomförs trendanalyser av näringsämnen i jordbruksvattendrag och att information om aktiviteterna i deras avrinningsområden sammanställs. Att också se över vilka mätningar som pågår, värdera dem, prioritera och eventuellt komplettera dem är också viktigt. I det här sammanhanget behöver man även se på möjligheterna att samordna mätningar för olika syften på samma platser, exempelvis både näringsämnen och biodiversitet.

En viktig prioritering är också att ta fram underlag som är av värde för både lokalisering av åtgärder och uppföljning, och då inte bara för övergödningsåtgärder utan även för identifiering av platser för åtgärder för exempelvis ökad biodiversitet. Här kan nämnas förbättrade kartor över jordars egenskaper såsom naturligt fosforinnehåll och typ av lermineral. Information om det naturliga fosforinnehållet och

hur hårt det är bundet i marken kan ge information om var risken för frigörelse av fosfor är som störst. Det ger därmed även underlag för att sätta bakgrundvärden i fosforhalt för olika typer av jordbruksvattendrag.

Ytterligare en åtgärd är att ta fram markfuktighetskartor som visar inte bara hur markfuktigheten varierar i landskapet utan också variationen inom året och mellan åren. Markfuktighetskartor kan ge information om dräneringens funktion och var det sker utströmning av grundvatten vilket underlättar att välja åtgärder lokalt. Det kan vara att hitta områden med behov av förbättrad dränering, att välja placering av dammar för näringsretention så att effektiviteten inte påverkas av grundvattentillskott, eller tvärtom, att identifiera blöta områden som kan vara lämpliga för att anlägga våtmarker för biodiversitet.

Att lokalisera åtgärder dit de ger störst nytta innebär i förlängningen att stödsystemen behöver anpassas så att en större nytta ger mer ersättning. Även om ett sådant ersättningsystem inte kan göras helt rättvist bör det kunna förbättras från att i stort sett inte alls vara differentierat till att åtminstone förhindra att en åtgärd får ersättning på en plats där den bedöms i det närmaste verkningslös. Exempelvis strukturkalkning på gyttejord med dåligt fungerande dränering eller en damm för fosforretention i ett sandjordsområde.

För att kunna utvärdera åtgärdsprogrammen behövs också dokumentation om var, när och hur åtgärder har gjorts. För stöd genom Landsbygdsprogrammet finns redan ett system för dokumentation av hela ansökningsprocessen. Samma system bör kunna utvecklas för att också kunna hantera stöd som LOVA och LONA. Att även ge möjligheter till rapportering av åtgärder som genomförts med annan finansiering bör också inkluderas.

En åtgärd som är förhållandevis enkel är att ge en samlad ingång till befintliga vägledning, checklistor och verktyg, såsom redan påbörjats i stödfunktionen för LEVA åtgärdssamordnare. Kommunikation om olika åtgärder och deras effekt under olika förutsättningar behöver också utvecklas genom exempelvis faktablad som passar för den som ska göra åtgärden men också att det ges möjligheter för erfarenhetsutbyte. Vidare bör man också kontinuerligt sammanställa information om åtgärders funktion och effekt allteftersom ny kunskap kommer fram, exempelvis i matriser utifrån olika förutsättningar i jordarter och hydrologi. Detta underlättar inte bara för den som ska välja åtgärder utan bidrar också till att identifiera var kunskapsluckorna finns och var fortsatta prioriteringar behövs i att ta fram ny kunskap om åtgärders effekt.

En viktig förutsättning för ett effektivt åtgärdsarbete är att det finns resurser att bearbeta rådata till lättanvända underlag som kan användas som stöd i arbetet, från den lokala skalan där åtgärder genomförs, via regional planering och uppföljning och slutligen till den nationella nivån som arbetar med det samlade stödet och inter-

nationella rapporteringar. Denna process med att ta fram enkla indikatorer och underlag kombinerar ofta många typer av data, inte bara från miljöövervakningen utan även från officiell statistik, klimatdatabaser, jordartskartor och inte minst från forskning om mark-, vatten- och växtsystemet. Fjärranalysdata är också ett dataunderlag som idag bara används i begränsad omfattning men som har en stor potential att tillsammans med verkliga mätdata ge helt nya och geografiskt yttäckande underlag. Här kan forskningen bidra genom att ta fram algoritmer för de sökta egenskaperna.

All data och information som tas fram behöver lagras i lättanvända system, som inte bara lagrar rådata utan även bearbetade data. Den information som lagras i systemen ska också vara lätta att nå från vilken portal som helst genom maskinläsningskoder.

När det kommer till de enskilda åtgärderna behöver det prioriteras att ta fram kunskap om åtgärder som görs i stor omfattning, som exempelvis strukturkalkning men också om åtgärder med stor potential såsom omfördelning av stallgödsel mellan gårdar och regioner, och utveckling av odlingsystem och jordbearbetningsstrategier.

Det finns en stor potential i renovering av jordbruksmarkens dräneringssystem. En väl fungerande dränering ökar förutsättningarna för god produktion och därmed bättre näringsutnyttjande. Den förhindrar även att jord kommer in i dräneringsledningarna och förs vidare ut i vattendraget och där ansamlas som sediment. Frigörelse av fosfor från sedimenten kan vara en betydande källa till fosfor i vattendragen.

En annan åtgärd med stora utvecklingsmöjligheter är att se till att det alltid finns bevuxna kantzoner längs med öppna vattendrag och diken. Även om stödformen i första hand avser att hindra yterrosion kan kantzonerna ha många andra funktioner. Genom att inte jordbearbeta ända fram till dikeskanten stabiliseras slänten och minskar risken för ras och erosion, speciellt om också slänten har tillräcklig lutning för att växtlighet ska kunna etableras. En kantzon fungerar också som en refug och spridningsväg för växter och djur, och kan också öka tillgängligheten till landskapet för rekreation. Den kan också utformas så att den fungerar som ett filter mellan åkermarkens dräneringssystem och vattendraget förutsatt att den inte orsakar dämning i dräneringssystemet. Ett alternativ kan vara att tillåta att odlingsmark närmast vattendraget har sämre avvattnings och inte används för de mest krävande grödorna. En osäkerhet i det här sammanhanget är hur omättade och mättade förhållanden i olika typer av jord inverkar på näringsläckage och utsläpp av växthusgaser från mark och vatten.

Slutligen behövs det en acceptans för att jordbrukslandskapet är skapat av människan på mark som är naturligt näringsrik och lämplig för odling. Vi behöver utgå från dagens odlingslandskap och hur det varierar och därifrån arbeta för att nå så god ekologisk status som möjligt. Förutom att göra så mycket som möjligt på åkern

för att hindra att näring läcker från odlingsystemen så utgör även de öppna vattendragen, dikena och kantzonen ett stort utrymme för åtgärder. Genom vattenfördröjande åtgärder och en utformning som är naturanpassad skapas goda förutsättningar för ökad biodiversitet på land och i vatten och för bättre näringsreduktion. Genom att även tillåta att vattendraget dämmer på lämpliga platser skapas sedimentationsfickor som kan grävas ur. Mindre dämmen behöver inte vara vandringshinder för fisk och i vissa fall kan man behöva överväga om nyttan av en damm är större än fria vandringsvägar.

Att kontinuerligt arbeta med både helheten och detaljerna är en utmaning men också en förutsättning för ett effektivt åtgärdsarbete. Det handlar om att se vad som redan pågår och se hur det kan utvecklas men också om att kunna ta beslut om att avsluta sådant som ger mindre nytta för att istället kunna satsa där behovet är stort. Det behövs även former för effektiv samordning och erfarenhetsutbyte mellan myndigheter, organisationer och de som genomför åtgärderna i praktiken (*Figur 19*). Vår förhoppning är att denna rapport ska ge inspiration till vidare utveckling och fortsatt förbättrade förslag.



*Figur 19.* Många aktörer arbetar på olika sätt med åtgärder mot övergödning. Det är nationella myndigheter som Havs- och vattenmyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket. Vattenmyndigheterna arbetar regionalt liksom länsstyrelserna medan genomförandet av åtgärder sker lokalt av markägare och brukare, kommuner och organisationer. Universitet och högskolor tar fram underlag liksom den privata sektorn. Ytterst behöver vi förhålla oss till regeringen och EU.

## Referenser

- Ahlgren, J., Djodjic, F., Löfgren, S. 2011. Åtgärder för att förbättra fosforretention i öppna diken i riskområden i jordbrukslandskapet runt Östersjön - en kunskapssammanställning. BalticSea2020, <http://www.balticsea2020.org/images/Bilagor/20111015%20slutrapport%20tgrder%20i%20ppna%20diken.pdf>.
- Aronsson H., Berglund, K., Djodjic, F., Etana, A., Geranmayeh, P., Johnsson, H., Wesström, I. 2019. Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärdsutrymme. SLU, Institutionen för mark och miljö. Ekohydrologi 160.
- Aronsson, H., Johnsson, H. 2017. Beskrivning av och kvantitativ utvärdering av effekter från åtgärder som följer av befintliga regelverk för att minska jordbrukets kväve- och fosforförluster. SLU, Institutionen för mark och miljö. Ekohydrologi 145.
- Aronsson H., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., Liu, J., Øgaard, A. F., Känkänen, H., Ulén, B. 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in southern Scandinavia and Finland – a review. *Journal of Soil and water Conservation* 71 (1): 41-55.
- Aronsson, H., Stenberg, M., Ulén, B. 2011. Leaching of N, P and glyphosate from two soils after herbicide treatment and incorporation of a ryegrass catch crop. *Soil Use and Management* 27, 54-68.
- Aronsson, H., Stenberg, M. 2010. Leaching of nitrogen from a 3-yr grain crop rotation on a clay soil *Soil Use and management* 26, 274-285.
- Aronsson, H., Torstensson, G. 1998. Measured and simulated availability and leaching of nitrogen associated with frequent use of catch crops. *Soil Use and Management*, 14:6-13.
- Bechmann, M. 2012. Effect of tillage on sediment and phosphorus losses from a field and a catchment in south eastern Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica Sect. B* 62 Suppl. 2:206-216.
- Berglund, K., Blomquist, J. (editor: Malgeryd, J). 2015. Strukturkalkning – bra för både mark och miljö. *Praktiska Råd - greppa näringen*. Nr 23. 4 s. [https://greppa.nu/download/18.7311bc90176430fe5e62c7cf/1607504258447/strukturkalkning\\_praktiska\\_rad.pdf](https://greppa.nu/download/18.7311bc90176430fe5e62c7cf/1607504258447/strukturkalkning_praktiska_rad.pdf)
- Bergström, L., Brink, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil* 93, 333-345.
- Bertol, I., Engel, F. L., Mafra, A. L., Bertol, O. J., Ritter, S. R., 2007. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. *Soil & Tillage Research* 94: 142-150.
- Boye, K., Jarvis, N., Moeys, J., Gönczi, M., Kreuger, J. 2012. Ytavrinning av växtskyddsmedel i Sverige och lämpliga motåtgärder – en kunskapssammanställning med fokus på skydds zoner. Centre for Chemical Pesticides Swedish University of Agricultural Sciences, CKB rapport 2012:1, Uppsala, Sweden.

- von Brömssen, C., Betnér, S., Fölster, J., Eklöf, K. 2021. A toolbox for visualizing trends in large-scale environmental data. *Environmental Modelling and Software* 136.
- Börling, K., Ottabong, E., Barberis, E. 2004. Soil variables for predicting phosphorus release in Swedish noncalcareous soils. *Journal of Environmental Quality* 33:99-106.
- Chapman, A.S., Foster, I.D.L., Lees, J.A., Hodgkinson, R.A., Jackson, R.H. 2001. Particulate phosphorus transport by subsurface drainage from agricultural land in the UK: Environmental significance at the catchment and national scale. *Science of Total Environment* 266: 95–102.
- Delin, S., Stenberg, M. 2014. Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden. *European Journal of Agronomy* 52, 291-296.
- Djordjic F., Geranmayeh, P., Markensten, H. 2020. Optimizing placement of constructed wetlands at landscape scale as low-hanging fruits to reduce phosphorus losses. *Ambio* 49 1797–1807.
- Djordjic, F., Markensten, H. 2019. From single fields to river basins: Identification of critical source areas for erosion and phosphorus losses at high resolution. *Ambio* 48: 1129-1142.
- Djordjic F., Markensten, H. 2018. Bilaga 1 Beräkning av erosionsriskkartor för åkermark som underlag för utvärdering av skyddszoners placering. I: Är skyddszonerna placerade på rätt plats för att hindra erosion? Jämförelse mellan landsbygdsprogrammen 2007–2013 och 2014–2020. Utvärderingsrapport 2019:15.
- Djordjic, F., Kyllmar, K. 2011. Spridning av gödselmedel på åkermark. SLU, Institutionen för vatten och miljö. Rapport 2011:22.
- Dorioz, J.M., Wang, D., Poulencard, J., Trevisan, D. 2006. The effect of grass buffer strips on phosphorus dynamics - A critical review and synthesis as a basis for application in agricultural landscapes in France. *Agriculture Ecosystems & Environment* 117: 4-21.
- Ellis, N., Smith, S.J., Pitcher, C.R. 2012. Gradient Forests: calculating importance gradients on physical predictors. *Ecology*, 93, 156-168.
- Evans, R.O., Gilliam, J.W., Skaggs, R.W. 1996. Controlled drainage management guidelines for improving drainage water quality. North Carolina Cooperative Extension Service, Publ. AG 443.
- Fang, Q., Hong, H., Zhao, L., Kukolich, S., Yin, K., Wang, C. 2018. Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Investigating Soil Mineralogy: A Review. *Journal of Spectroscopy* Vol 2018, Article ID 3168974.
- Gentry, L.E., David, M.B., Royer, T.V., Mitchell, C.A., Starks, K.M. 2007. Phosphorus Transport Pathways to Streams in Tile-Drained Agricultural Watersheds. *Journal of Environmental Quality* 36: 408–415.
- Geranmayeh, P., Collentine, D., Kyllmar, K., Fölster, J. 2016. Åtgärder i jordbruket mot näringsförluster till vatten – Förslag till långsiktigt uppföljningsprogram. SLU, Institutionen för vatten och miljö. Underlag till Havs- och vattenmyndigheten.
- Gillingham, A.G., B.S. Thorrold. 2000. A review of New Zealand research measuring phosphorus in runoff from pasture. *Journal of Environmental Quality* 29: 88-96.
- Hansen, N. C., Gupta, S. C., Moncrief, J. F. 2000. Snowmelt runoff, sediment, and phosphorus losses under three different tillage systems. *Soil & Tillage Research* 57: 30-41.
- Heckrath, G., Brookes, P. C., Poulton, P. R., Goulding, K.W.T. 1995. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. *Journal of Environmental Quality* 24:904-910.
- Hoffmann, C.C., Kjaergaard, C. Uusi-Kamppa, J., Hansen, H.C.B., Kronvang, B. 2009. Phosphorus Retention in Riparian Buffers: Review of Their Efficiency. *Journal of environmental quality* 38: 1942-1955. doi:10.2134/jeq2008.0087.
- Joel A., Wesström I., Linnér H. 2004. Kartläggning av förutsättningarna för reglerad dränering i södra Sveriges kustnära jordbruksområden. Slutrapport Statens Jordbruksverk, Dnr: 25-2216/02.



- Johnsson, H., Mårtensson, K., Lindsjö, A., Persson, K., Blombäck, K. 2019. NLeCCS – ett system för beräkning av läckage av näringsämnen från åkermark. SLU, Institutionen för mark och miljö. Ekohydrologi 159.
- Johnsson, H., Larsson, M., Lindsjö, A., Mårtensson, K., Persson, K., Torstensson, G. 2008. Läckage av näringsämnen från svensk åkermark. Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 1995 och 2005 (Nutrient leaching from Swedish arable land, calculations for 1995 and 2005). Swedish Environmental Protection Board, report 5823.
- Jordbruksverket. 2013. Tvåstegsdiken - ett steg i rätt riktning. Rapport 2013:15.
- Jordbruksverket. 2016. Från idé till fungerande tvåstegsdike - en vägledning. Jordbruksinformation 16:15.
- Jordbruksverket. 2018. Täckdikning – för bättre skörd och miljö. Jordbruksinformation 2018-2.
- Jord- och skogsbruksministeriet. 2000. Reglerbar dränering, reglerbar underbevattning, återanvändning av avrinningsvatten. Finland. Jordbrukets miljöspecialstöd år 2000–2006.
- Kyllmar, K., Wesström, I. 2018. Vattenfördröjande åtgärder i landskapet – Förstudie och förslag på pilotområden i Kalmar län. SLU, Institutionen för mark och miljö. Ekohydrologi 152.
- Kyllmar, K., Stjernman Forsberg, L., Andersson, S., Mårtensson, K. 2014. Small agricultural monitoring catchments in Sweden representing environmental impact. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 198, 25-35. doi:10.1016/j.agee.2014.05.016.
- Kynkäänniemi, P., Ulén, B., Torstensson, G., Tonderski, K. S. 2013. Phosphorus retention in a newly constructed wetland receiving agricultural tile drainage water. *Journal of Environmental Quality* 42:596-605.
- Kynkäänniemi, P. 2014. Small Wetlands Designed for Phosphorus Retention in Swedish Agricultural Areas – Efficiency variations during the First Years after Construction. Doktorsavhandling Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2014:70. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lindström, J., Ulén, B. 2003. Effekt av kalk i täckdikensåterfyllningen på fosforförluster från jordbruksmark. Slutrapport Jordbruksverket, Jönköping.
- Lundekvam, H., Skøien, S. 1998. Soil erosion in Norway. An overview of measurements from soil loss plots. *Soil Use and Management* 14:84-89.
- Macrae, M.L., English, M.C., Schiff, S.L., Stone, M. 2007. Intra-annual variability in the contribution of tile drains to basin discharge and phosphorus export in a first-order agricultural catchment. *Agricultural Water Management*, 92(3): 171-182.
- Madramootoo, C.A., Wiyo, K.A.W., Enright, P. 1992. Nutrient losses through tile drains from two potato fields. *Applied Engineering in Agriculture* 8 (5): 639-646.
- Malgeryd, J., Stjernman Forsberg, L., Kyllmar, K., Heeb, A., Gustafsson, J., Aurell Svensson, A., Alström, T. 2015. Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark – erfarenheter från tre avrinningsområden i Västmanland, Östergötland och Halland. Slutrapport och delrapport 2 från projekt Greppa Fosfor, 2010–2014. Jordbruksverket Rapport 2015:2.
- Miami Conservancy District. 2009. Flood protection - Official Plan Flood: Dayton, Ohio, accessed March 13, 2009, at <http://www.miamiconservancy.org/flood/plan.asp>
- Munafõa, M., Cecchi, G., Baiocco, F., Mancini, L. 2005. River pollution from non-point sources: a new simplified method of assessment. *Journal of Environmental Management* 77(2): 93-98.
- Myrbeck, Å. 2014. Soil tillage influences on soil mineral nitrogen and nitrate leaching in Swedish arable soils. Doctoral Thesis No. 2014:71. Faculty of natural resources and agricultural sciences, SLU.
- Mårtensson, K., Johnsson, H., Collentine, D., Kyllmar, K., Persson, K., Djodjic, F., Lindsjö, A. 2020. Åtgärdsscenarioer för minskat näringsläckage från åkermark : beräkningar för ett urval av delavrinningsområden inom LEVA-områden. SLU, Institutionen för mark och miljö. Ekohydrologi 169.
- Nilsson J., Liess, A., Weisner, S.E.B. 2020. Särlingsavskiljning i anlagda våtmarker i Kalmar län.

- Nilsson, C. 2010. Möjligheter att minska kväveutlakningen genom att anpassa kvävegödslingen till variationer inom stråsådesfält. Examensarbete 2010:4, SLU. [https://stud.epsi-lon.slu.se/1531/1/nilsson\\_c\\_100701.pdf](https://stud.epsi-lon.slu.se/1531/1/nilsson_c_100701.pdf)
- Reid, K., Ball, B., Zhnag, T.Q. 2012. Accounting for the risk of phosphorus losses through tile drains in a phosphorus index. *Journal of Environmental Quality*. 41:1720-1729
- Ritzema, H.P., Braun, H.M.H. 1994. Environmental aspects of drainage. In: *Drainage Principles and Application*. H.P. Rizema (Ed.). ILRI Publication 16: 1041-1065.
- SCB. 2017. Dränering av jordbruksmark 2016. Rapport JO 41 SM 1701
- Simard, R.R., Beauchemin, S., Haygarth, P.M. 2000. Potential for preferential pathways of phosphorus transport. *Journal of Environmental Quality* 29:277-293.
- Simmelsgaard, S.E., Djurhuus, J. 1998. An empirical model for estimating nitrate leaching as affected by crop type and the long-term N fertilizer rate. *Soil Use and Management* 14, 37-43.
- Skarbøvik, E., Aroviita, J., Fölster, J., Solheim, A.L., Kyllmar, K., Rankinen, K., Kronvang, B. 2020. Comparing nutrient reference concentrations in Nordic countries with focus on lowland rivers. *AMBIO* 49.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil Tillage Res*, 50:115-125.
- Turtola, E., A. Jaakkola. 1995. Loss of phosphorus by surface waters runoff and leaching from a heavy clay soil under barley and grass ley in Finland. *Acta Agric. Scand. Sect. B-Soil Plant Sci*. 45: 159-165.
- Ulén, B., Aronsson, H., Bechmann, M., Krogstad, T., Øygarden, L. Stenberg, M. 2010. Soil tillage measures to control phosphorus loss and potential side-effects: A Scandinavian review. *Soil Use and Management* 26:94-107.
- Ulén, B. 2008. Odlå gröda men inte övergöda. I: *Havet – om miljötillståndet i svenska havsområden*. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Ulén, B. 1997. Nutrient losses by surface runoff from winter green and spring-ploughed soil in the south of Sweden. *Soil & Tillage Research* 44:165-177.
- USACE. 2010. HEC-RAS river analysis system: Hydraulic reference manual. Version 4.1. Davis, CA: U.S. Army Corps of Engineers, Hydrology Engineering Center.
- WaterGuide.online (website). Prototype of farm decision support tool for mitigation measures against nutrient losses. Developed within Interreg Baltic Sea Region Programme project Waterdrive by the Swedish University of Agricultural Sciences (SLU).
- Weisner, S. E. B., Johannesson, K., Tonderski, K. S. 2015. Näringsavskiljning i anlagda våtmarker i jordbruket - Analys av mätresultat och effekter av landsbygdsprogrammet. SJV Rapport 2015:7.
- Wesström, I., Joel, A. 2010. Storage and reuse of drainage water. CSBE100159 – Presented at the ASABE's 9th International Drainage Symposium (IDS). Hosted by the Canadian Society for Bio-engineering (CSBE/SCGAB) Québec City, Canada, June 13-17, 2010.
- Wesström, I., Messing, I. 2007. Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand under cultivation. *Agricultural Water Management* 87 (3), 229-240.
- Wesström, I. 2006. Controlled drainage and subirrigation - water management options to reduce non-point source pollution from agricultural land. NJF-seminar No. 373, Transport and retention of pollutants from different production systems, 11-14 June 2006, Tartu, Estonia. NJF report 2 (5).
- Wesström, I. 2002. Reglerad dränering - mindre kvävebelastning och högre skörd. FAKTA Jordbruk Nr 13, SLU.

