



Jordbruk och vattenmiljöer i ett förändrat klimat (JoVaK)

Länsstyrelsen Östergötland



Titel: Jordbruk och vattenmiljöer i ett förändrat klimat (JoVaK)

Författare: Sofia Bastviken, Anna Bratt, Helene Ek Henning och Per Lindmark *Länsstyrelsen Östergötland*

Utgiven av: Länsstyrelsen Östergötland

Webbsida: <http://www.lansstyrelsen.se/ostergotland>

Beställningsadress: Länsstyrelsen Östergötland, 581 86 Linköping

Länsstyrelsens rapport: 2015:22

ISBN: 978-91-7488-394-7

Rapport bör citeras: Bastviken, S., Bratt, A., Ek Henning, H. och Lindmark, P. 2015. Jordbruk och vattenmiljöer i ett förändrat klimat (JoVaK). Länsstyrelsen Östergötland, rapport 2015:22. ISBN: 978-91-7488-394-7



Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Inledning	5
PROJEKTGRUPP OCH REFERENSGRUPP	6
INFORMATIONSSPRIDNING OCH DIALOG	6
Fokusområden	7
VAL AV OMRÅDEN.....	7
Vad innebär ett förändrat klimat för Skenaån och Vadsbäcken?	12
KLIMATSCENARIER	12
METODDISKUSSION	18
Jordbruksproduktion i förändrat klimat	19
FÖRÄNDRADE FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR JORDBRUKSNÄRINGEN.....	19
Arbetsmetod för ett samordnat arbete	25
Höjddata visar problemområden	26
UNDERLAGSMATERIAL	26
GIS-ANALYS FÖR HÖJDDATA	27
Hydraulisk modell simulerar vattennivåer	29
HYDRAULISK MODELLERING	29
SIMULERING AV FOKUSOMRÅDEN.....	31
Vad händer med flöden och vattennivåer?	32
MARKFUKT OCH FLÖDEN	32
VATTENNIVÅER I DIKEN OCH VATTENDRAG	38
SLUTSATSER OCH DISKUSSION	48
ERFARENHETER AV METODEN	49
Problem- och riskområden för erosion och närsaltsläckage	50
RESULTAT GIS-ANALYS.....	50
TURBIDITET OCH FOSFORKONCENTRATIONER	53
ÖVERGÖDNING OCH KLIMATFÖRÄNDRINGAR.....	56
ÅTGÄRDER FÖR GYNNAD PRODUKTION OCH MINSKAD ÖVERGÖDNING.....	57
PROBLEM OCH MÖJLIGHETER KRING ÅTGÄRDER	63
Hur påverkas grundvattnet i ett förändrat klimat?	65
GRUNDEVATTENBILDNING OCH GRUNDEVATTENNIVÅER	65
GRUNDEVATTNETS STATUS	68
RISKER FÖR DRICKVATTENFÖRSÖRJNING	70
RISK FÖR ÖKAD SPRIDNING AV MILJÖGIFTER.....	72
ÅTGÄRDER FÖR ATT SÄKRA EN GOD GRUNDEVATTENKVANTITET OCH MÖJLIGHET TILL BEVATTNING.....	78
ÅTGÄRDER FÖR EN SÄKRA EN GOD GRUNDEVATTENKVALITET OCH MÖJLIGHET TILL RENT DRICKSVATTEN..	79
Vilka åtgärder vill markägarna göra i och kring sitt vattendrag?	81
Generella slutsatser	82
Referenser	85

Sammanfattning

Klimatet förändras och det påverkar förutsättningarna för jordbruksproduktionen och vattenmiljöerna. Syftet med projektet var att undersöka hur jordbruket och vattenmiljöerna påverkas av ett förändrat klimat, och utifrån resultaten föreslå åtgärder som både främjar produktion i jordbruket samt bidrar till god ekologisk, kemisk, och kvantitativ status i länets vattenmiljöer. Genom att utveckla ett arbetssätt där man ser utifrån flera synvinklar och intressen ska rätt åtgärder placeras på rätt plats med hänsyn till vattendragens ekologi, jordbrukets produktion och förändrade klimatförutsättningar.

Projektet genomfördes som ett pilotprojekt i två så kallade fokusområden, delavrinningsområdena till Skenaån och Vadsbäcken. Dessa områden skiljer sig åt med avseende på jordart och grödor, men temperatur- och nederbördsförhållanden är i dagsläget likartade. Även framtida klimatscenarier visar på likartad utveckling i de bägge områdena. Årsmedeltemperaturen kommer att öka successivt för att mot slutet av seklet nå en ökning på över 10°C. Störst temperaturökning visar beräkningarna för vinterperioden dec – jan jämfört med resten av året. Detta påverkar vegetationsperiodernas längd som vid slutet av seklet kommer att öka med över 75 dagar. Årsmedelnederbörden ökar successivt för att nå 25 % vid slutet av seklet. Beräkningarna visar att ökningen av nederbörd är störst under vinter och höst, och mindre under vår och sommarsäsong. Antalet dagar med kraftiga regn på över 10 mm per dygn ökar successivt.

Ökade temperaturer och koldioxidhalter påverkar plantutvecklingen positivt, och ger även möjlighet till mer ekonomiskt fördelaktiga val av grödor och fler skördar per år. Däremot blir det fler skadedjur, sjukdomsangrepp och ogräs att hantera. Det är dock inte givet att tidigare såtid ger en ökad skörd, eftersom plantans utvecklingstid förkortas vid högre temperaturer. Torrare somrar med lägre markfukt kommer sannolikt att vara gynnsamt för jordbruksproduktionen, även om det spelar stor roll hur nederbörden fördelar sig över tid.

För åkerdräneringen kan det vara en nackdel med varmare och längre somrar som gör att vegetationen i diket växer mer samtidigt som medelflödet sommartid eventuellt ökar något. I framtiden ökar betydelsen av att underhålla diken för att hålla vattenytan på en acceptabel nivå. Lägre avrinning, lägre grundvattennivåer och lägre markfuktighet under våren gör att bärigheten för jordbruksredskapen ökar och möjligheterna ser därmed positiva ut när det gäller att kunna utnyttja den längre vegetationsperioden i Östergötland. Ökade variationer i vädret kommer att ställa höga krav på den enskilde lantbrukarens kompetens att hantera odlingsfaktorernas beroende av varandra.

I framtiden kommer den jordförbättrande struktur som skapas av frysning och upptining att minska, och jorden blir därmed tätare och mer svårbehandlad. Speciellt märkbart kommer det att vara i områden med lerjordar, till exempel i Vadsbäckens avrinningsområde. Det medför sämre jordstruktur, mer ytavrinning och ökad erosion av lerpartiklar, speciellt vintertid. På grund av lägre vårflöden kan erosionen bli lägre under våren. Sommartid kan det bli vanligare med djupa torksprickor som snabbt för ner partiklar till dräneringsrören och ut i vattendragen.

Närsaltsläckaget påverkas om jordstruktur och nederbörd ändras, samt om val av grödor förändras i området. Andra grödor kan behöva mer markbearbetning, bearbetning av jorden på andra tider och eventuellt mer gödsling. Detta kommer att kunna ge en ökning av närsaltsläckaget.

För att möta det varmare klimatet bör Länsstyrelsen öka kunskapen om lantbrukarnas behov av bevattning och möjligheter till vattenuttag. Inom de två fokusområdena används i dagsläget inget grundvatten för bevattning av grödor, men de flesta lantbrukare är beroende av grundvat-

ten för sin dricksvattenförsörjning. Problem med grundvattnets kvalitet och kvantitet förekommer framför allt i mindre grundvattenmagasin i jordbruksområden och utmed kusten. I framtiden minskar grundvattenbildning med ca 5-6 %. Variationer över säsong är större, med upp till ca 30 % minskning under vår och höst till följd av ökad avdunstning och mindre vattenlager i form av snö. När klimatet blir varmare och odlingssäsongen förlängs kan användningen av växtskyddsmedel komma att öka, och därmed ökar risken att växtskyddsmedel sprids till yt- och grundvatten. En viktig åtgärd för att skydda dricksvattenresurserna från förorening är att skapa och förnya vattenskyddsområden. Skyfall och översvämningar kan leda till att föroreningar sprids från förorenade områden eller miljöfarliga verksamheter. Det finns också risk att grundvattnet förorenas lokalt från avloppsanläggningar och gödselupplag.

I projektet användes delvis nya tekniker för att identifiera riskområden. Genom att använda den nationella höjddatabasen tillsammans med information om jordarter, markanvändning, täckdikeskartor och turbiditet i en GIS-analys identifierades problemområden. Kartmaterialet kommer att kunna användas vid prioritering av åtgärder och som diskussionsunderlag vid rådgivning till lantbrukare. En hydraulisk modell användes för att visa förändringar i vattennivåer i åfåran vid olika flöden, och därmed risk för översvämningar och dräneringsproblem. Att sätta upp och köra en hydraulisk modell var dock ett mer omfattande arbete som kan göras vid detaljstudering av enskilda vattendrag.

Åtgärder för att förbättra vattenkvaliteten i studerade områden är förhållandevis oberoende av klimatförändringen. De åtgärder som utförs idag kommer även att vara aktuella i fortsättningen. Vilka åtgärder och i vilken omfattning de ska utföras beror på lokala förhållanden. I Vadsbäcksen kan strukturkalkning kombinerat med effektivt placerade kantzoner, anpassade skyddszoner, fosforfällor och tvåstegsdike vara bra metoder. I Skenaån kan man misstänka att en stor del av växtnäring rinner ut via dräneringsrör och grundvatten och åtgärder bör därför sättas in för att fånga näringen där, till exempel kalkfilterdiken parallellt med ån, mindre fosforfällor i dräneringen, våtmarker och tvåstegsdiken.

Många av de åtgärder som är lämpliga för att minska erosion- och närsaltsförluster har stor vinning både för jordbrukets produktion och för övergödningssituationen. Inom jordbruksnäringen vill man undvika sedimentation, igenslamning, i sina diken. Samtidigt behöver tillförseln av närsalter och lerpartiklar minskas i vattendraget. Vilken typ av åtgärder man vill satsa på i de olika områdena verkar inte vara det stora problemet för att komma till stånd med åtgärder. Ett större problem är dels vilken omfattning åtgärden ska ha, hur stor och hur många, och dels vad det kostar och hur man får finansiering.

Inledning

Det finns ett behov av att bevara, och till och med öka, lantbrukets produktionskapacitet, samt att anpassa jordbruket till ett förändrat klimat. Samtidigt finns krav på att skydda våra grundvattnen, vattendrag, sjöar och hav från stora mängder näringsämnen och miljögifter och på det viset bevara vår biologiska mångfald. I projektet har vi tagit ett helhetsgrepp på klimatförändringar, jordbruksproduktion och vattenmiljöer. Helhetstänket är viktigt för att kunna göra bra planeringsunderlag och för att kunna kartlägga de mest kostnadseffektiva åtgärderna. Det är viktigt för att kunna styra ekonomiska bidrag för att motivera att miljöförbättrande åtgärder utförs.

Syftet med projektet är att undersöka hur jordbruket och vattenmiljöerna påverkas av ett förändrat klimat. Syftet är även att föreslå åtgärder som både främjar produktion i jordbruket samt bidrar till god ekologisk, kemisk och kvantitativ status. Målet med projektet är att utveckla ett integrerat arbetssätt som leder till att rätt åtgärder placeras på rätt plats med hänsyn till vattendragens ekologi, jordbrukets produktion och ett förändrat klimat. Genom att arbeta samlat med alla intressen tror vi att det leder till större möjlighet att uppnå slutmålet – en god ekologisk, kemisk och kvantitativ status och ett effektivt jordbruk. Projektet utfördes som ett pilotprojekt med regional tillämpning. Utvecklade metoder och arbetssätt ska kunna användas i andra områden för att skapa kostnadseffektiva åtgärder på rätt plats, samt kunna användas som beslutsunderlag för politiska beslut, myndighetsarbete och prioriteringar av åtgärder.



Projektgrupp och referensgrupp

Projektgruppen tillsattes av personer med olika kompetensområden och från tre olika enheter på Länsstyrelsen; Miljöskydds-enheten, Lantbruks-enheten och Kultur- och samhällsbyggnads-enheten. Referensgruppen bestod av personer med expertkunskap från olika områden. Ett första referensgruppsmöte ägde rum den 6 mars 2014 i Linköping och ett andra möte hölls den 21 oktober 2014. Deltagare i referensgruppen var Tomas Johansson (Jordbruksverket), Linda Blied (SGI), Jan Fallsvik (SGI), Gustav Sundén (SGU), Mattias Ibbe (Naturvårds-enheten, Länsstyrelsen Östergötland), Madeleine Wiström (Hushållningssällskapet och representant för projektet "Gradvis"), Åsa Sjöström (SMHI), Markus Hoffman (LRF), Anne-Louise Israelsson (LRF), Magnus Gullstrand (Norrköpings kommun) och Henrik Eckersten (SLU).

Informationsspridning och dialog

Under projektets gång har vi arbetat med informationsspridning. Markägare i området har informerats, intervjuats och enkäter har samlats in. Vi har även nått ut i media med ett pressmeddelande. Projektet har även presenterats på ett kort som delades ut under Almedalsveckan. I början av 2015 diskuterades projektet med markägare i området, där vi tog till oss lokal kunskap och undersökte vilka åtgärder som var prioriterade och genomförbara.



The flyer is titled "Så ska jordbruk och vatten samsas i framtidens klimat" and is divided into several sections. On the left, there are two photographs: the top one shows a green field with a dirt path, and the bottom one shows a close-up of a plant growing in a cracked, dry soil. In the center, there is a map of a region with a blue and yellow color scheme, likely representing water flow or soil moisture. On the right, there is a quote in a white box: "Målet är att planera och hitta åtgärder för de nya förutsättningar som följer av förändrade temperaturer och nederbördsmängder." Below the quote is another photograph of a green field. The flyer includes text about the project's goals, a new working method using climate scenarios, and contact information for Sofia Bastriken at Länsstyrelsen Östergötland.

Så ska jordbruk och vatten samsas i framtidens klimat

Både vattnet och jordbruket kommer att påverkas av förändringar i klimatet. I projektet "Jordbruk och vattenmiljöer i ett förändrat klimat" tas underlag fram för att hitta åtgärder som både främjar jordbrukets produktion och förbättrar vattenkvaliteten.

Nytt arbetssätt

Projektet använder högupplösta klimatscenarier från SMHI som visar vilka områden som kommer att drabbas av torka eller översvämning i framtiden. Delvis nya tekniker och modeller används för att hitta riskområden för översvämning, erosion och näringsläckage.

Vill du veta mer?

Läs gärna mer på Länsstyrelsen Östergötlands hemsida eller kontakta projektledaren Sofia Bastriken
sofia.bastriken@lanstyrelsen.se, tele: 010-223 50 00 (växel).

LÄNSSTYRELSEN ÖSTERGÖTLAND

Informationskort om projektet spreds bland annat under Almedalsveckan 2014.

Fokusområden

Val av områden

I projektet valdes två fokusområden ut, Vadsbäckens och Skenaåns avrinningsområden. Dessa valdes ut för att de hade olika förhållanden i jordart och odlade grödor, samt uppfyllde följande kriterier;

- De påverkas av klimatförändringar (t ex problem med översvämningar).
- De innefattar produktionsinriktade jordbruksområden.
- De inrymmer värdefulla vattenmiljöer med påverkan från jordbruksmark.

Vadsbäcken

Vadsbäcken ligger på Vikbolandet ca 1 mil öster om Norrköping (Fig. 1). Avrinningsområdet är 52 km² stort och utgörs av 61 % jordbruksmark och 38 % skogsmark. Området saknar sjöar. Jordarten är i huvudsak lera, ca 58 %, och morän och berg, ca 32 %. Odlingen utgörs framför allt av spannmål (höstvet). Ingen bevattning förekommer.



Figur 1. Vadsbäcken, övre dikningsföretaget. Trädridå på en sida.

Vadsbäcken har så höga fosforvärden att de bedömts ha otillfredsställande status för näringsämnen, enligt vattendirektivets femgradiga klassindelning. Vikbolandet är ett mycket intensivt jordbruksområde och jordbruket är därmed den största källan till närsaltsbelastning på vattendrag och havsvikar. Risken för erosion och fosforförluster är därför stort, se figur 2, samtidigt som det är svårt att hitta enkla och billiga åtgärder mot partikelbundna fosforförluster. Det är därför ett utmärkt område för att stödja och samordna lantbrukarnas insatser.



Figur 2. Vattnet i Vadsbäcken är grumligt av lerpartiklar, snösmältning i mars 2014.

Vadsbäcken är ca 20 km lång och sträcker sig från Vagnmossen i sydväst till naturreservatet Svensksundsviken i norr. I Vadsbäckens huvudfåra finns det två större dikningsföretag ett övre från 1929 som är 4,1 km långt och ett nedre från 1928 som är 3,3 km långt. Dikesdjupet i det övre är ca 1,5 m (1-2,1 m) med en bottenlutning av 0,5-1,0 ‰. Det nedre företaget har ett dikesdjup av ca 2,5 m (2,3-2,9m) och en lutning på 0,5 ‰, med inledande brantare delar på 2-3 ‰. Mellan dessa finns en ca 7 km lång oreglerad sträcka som i stora delar är en naturligt slingrande bäck med raviner och meanderbågar (Fig. 3 och 4). Även inom den slingrande delen finns sträckor som är sänkta och rensade vid dikningsåtgärder. Längs större delen av den slingrande sträckan är det sumpskog. Vadsbäcken är lugnflytande längs hela sträckan med undantag för utloppet från väg 209 till havet och för enstaka partier i det meandrande området ca 5 km från mynningen. Av avrinningsområdets vattendrag är mer än 70 % påverkade av uträtning och rensning. Det finns ca 41,2 km diken och rör som ingår i dikningsföretag varav ca 27 % är rörlagt.



Figur 3. Åbotten är nedskuren i dalgången, juli 2014.

Naturvärden

I området finns riksintressen för yrkesfiske, friluftsliv, kulturmiljövård och sjöfart. I norra delen av Vikbolandet, som gränsar mot Bråviken, finns flera stora grunda vikar med omfattande betade havsstrandängar. Två av dessa, Svensksundsviken och Ållonöfjärden, är klassade både som Ramsar- och Natura 2000-områden. Områdena är kända för sina rika fågelliv. Bråviken med angränsande vattenområden är också viktiga lek- och uppväxtområden för fisk. Gädda och lake går upp i Vadsbäcken och har påträffats i elfiske i det naturliga området mellan dikningsföretagen. Inga kända vandringshinder förekommer.

Vadsbäcken är klassat som ett nationellt värdefullt vattendrag och ingår delvis i ett Natura 2000-område. Vissa sträckor har också en väl fungerande kantzon med skuggande träd och buskar. Strömförhållandena är varierande med förekomst av flera längre eller kortare strömmande sträckor. I anslutning till Vikbolandet finns Bråvikens marina reservat, som täcker en stor del av Arkösunds skärgård.



Figur 4. Strömsträcka i naturlig del av Vadsbäcken och nedströms gamla bron, väg 209, mars 2014

Skenaån

Skenaån ligger norr om Mjölby. Vattendraget, rinner österut genom Skänninge mot Svartån (Fig. 5). I projektet har bara den södra delen av Skenaån, från Mörby (kallas ibland Kummelbybäcken här) till Marstadbäcken, ingått. Detta avrinningsområde är ca 68 km² och utgörs av 74 % jordbruksmark och 20 % skogsmark. Området saknar sjöar men har flera bevattningsdammar. Jordarten är 31 % sand och grus, 32 % morän, 19 % lera och bara 1 % berg. Odlingen utgörs i huvudsak av spannmål (höstvet), men även av potatis och andra grönsaker. Potatisodlingarna bevattnas.



Figur 5. Skenaån uppströms Storebro (t.v) och potatisodling (t.h.).

Skenaån har idag en kraftig belastning av näringsämnen, både för kväve och fosfor, och har bedömts till måttlig status för näringsämnen enligt vattendirektivets femgradiga klassindelning. Området har även återkommande översvämningar vilket kan bidra till kraftiga utflöden av växtnäringsämnen från de berörda åkrarna. Skenaån har även delar där transporten av näringsämnen är väl undersökt, eftersom området ingår som en del i den nationella miljöövervakningen.

Studerad sträcka av Skenaån är ca 10 km av Skenaåns totala 23 km. Ca 80 % av vattendragen, ca 60 km, ingår i dikningsföretag varav 40 % är kulverterat. Inom aktuellt område utgörs Skenaån av flera biflöden med flera dikningsföretag, med Skenaåns vattenavledningsföretag år 1964 som det största. Skenaåns lutning är här ca 0,5-1 % med en bottenbredd som ökar i nedströms från 0,6 m till 3,0 m. Djupet är ca 2 m. Ån är lugnflytande och fallsträckor saknas. Ån angränsar i princip direkt till åkermark längs hela sträckan.

Bevattningsuttag regleras genom Mjölby-Skänninge bevattningsföretag 1978 som genom har rätt att i medeltal överleda 0,65 milj m³/år över en 10-årsperiod med maxvärdet 1,14 milj m³/år för enskilda år från Svartån till Skenaån (Fig. 6). Överföringspumpningen får inte överstiga 125 l/s. Normal årlig bevattningsareal är 950 ha. Ovan medför att jordbruksmarken vid Skenaån tillförs knappt 70 mm/år från Svartån. Medellågvattenflödet, MLQ, i Skenaån är 15 l/s. Förutom tillskottet från Svartån lagras också bevattningsvatten från Skenaån i ca 15 dammar i området. Den totala bevattningen blir därför större än 100 mm per år.



Figur 6. Vatten tas till bevattning i flera punkter längs Skenaån.

Naturvärden

Trots att ån är en tydligt påverkad vattenmiljö utgör vattendraget en värdefull naturmiljö med få motsvarigheter i länet (Fig. 7 och 8). Merparten av ån ligger kvar i sin naturliga fåra och har ett ringlande till meandrande lopp med välutvecklade strandbrinkar och flodplan på många håll. Vattendraget hyser också flera sällsynta arter, bland annat äkta målarmussla, skivsnäckan *Gyraulus crista*, utter och kungsfiskare. Dessutom finns äldre uppgifter om förekomst av den mycket ovanliga tjockskaliga målarmusslan. Till fiskfaunan hör bland annat stensimpa och nissöga. Ån är av regionalt värde för naturvärden.



Figur 8. Skenaån. Foto: Jonas Edlund

Det finns sju kända vandringshinder i Skenaån varav fyra inte är passerbara för fisk. Tre av dessa ligger i Skänninge och ett långt uppströms vid Mjärdevi.

Tidigare projekt i Skenaån och Vadsbäcken

Vadsbäcken har varit med i ett flertal struktureringsprojekt som varit LOVA-finansierade. I Skenaån har en vattendragsgrupp varit aktiv från 2011. De har dessutom haft ett LOVA-projekt (LOkala VAttenvårdsprojekt) i samband med vattendragsgruppen för att försöka få igång olika åtgärder. Skenaån har även ingått i ett forskningsprojekt med SLU, LiU och SMHI kring fosforläckage.



Kontakter har tagits med personer som har kunskap om områdena Skenaån respektive Vadsbäcken. Bland annat har kontakt tagits med Greppa Näringen på Länsstyrelsen, samt de rådgivare som ger rådgivning till jordbrukare i de aktuella områdena. De naturvårdsinventeringar som finns längs vattendragen har även inhämtats. I Vadsbäcken har till exempel åtgärdsförslag för att förbättra biotoper tagits fram (Gustafsson, P. 2013).

Figur 8. Kraftig växtlighet förekommer i en del diken, Skenaån.

Vad innebär ett förändrat klimat för Skenaån och Vadsbäcken?

Klimatscenarier

På uppdrag av länsstyrelsen har SMHI utfört en analys av framtida klimat för Vadsbäckens och del av Skenaåns avrinningsområden (SMHI 2014/27). I rapporten beskrivs metod och resultat noggrant, här ges en kort redogörelse av de resultat som är grundläggande för projektet JoVaK. Analysen är utförd med två utsläppsscenarioer som utgår ifrån möjliga strålningsbalanser, RCP 4,5 och RCP 8,5; där 8,5 innebär att utsläppen från jorden kommer att fortsätta att öka som hittills och 4,5 innefattar någon form av politiska beslut som begränsar utsläppen. Det medför att beräkningarna för RCP 4,5 gör att förändringarna både för temperatur och för nederbörd planar ut mot slutet av seklet, jämfört med beräkningar utförda med RCP 8,5 där trenden är fortsatt stigande.

Variation i rummet av nederbörd och temperatur som beror på lokala förhållanden, som topografi, närhet till havet och markanvändning, kan inte beskrivas av de hittills förekommande klimatmodellerna med 50*50 km upplösning. Genom att justera klimatmodellernas temperatur och nederbörd mot observationer med högre upplösning (4*4 km) kan denna variation beskrivas även i justerade klimatmodelldata. Dessa faktorer är sådana som inte förväntas förändras i nämnvärd omfattning med ett ändrat klimat. På så sätt fås en mer korrekt beskrivning av det lokala klimatets variation, även om klimatförändringssignalen inte har samma upplösning i rummet.

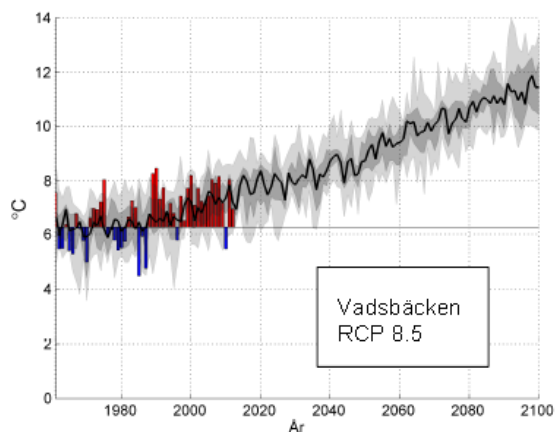
Det är viktigt att ha tre osäkerheter i åtanke vid tolkning av resultaten. För det första vet vi inte i vilken riktning samhällsutvecklingen kommer att styras och därmed inte heller hur utsläppen förändras. För det andra har klimatmodellerna olika styrkor och begränsningar vilket gör att de inte kan beräkna exakt hur klimatet blir i alla delar av världen. Därför användes i analysen en ensemble av modeller för att få fram mer robusta resultat. Den tredje osäkerheten är den naturliga variabiliteten som medför att scenarierna inte kan användas som prognoser över klimatet ett visst år i absoluta värden, utan ska tolkas i långsiktiga trender.

Som utgångspunkt för projektets tillämpning av denna klimatanalys har utsläppsscenarioet RCP 8,5 valts, då det i dagsläget inte finns några politiska beslut som tyder på minskade utsläpp i större skala. De parametrar som studerats utifrån temperatur- och nederbördsanalyser är sammanställda i tabell 1.

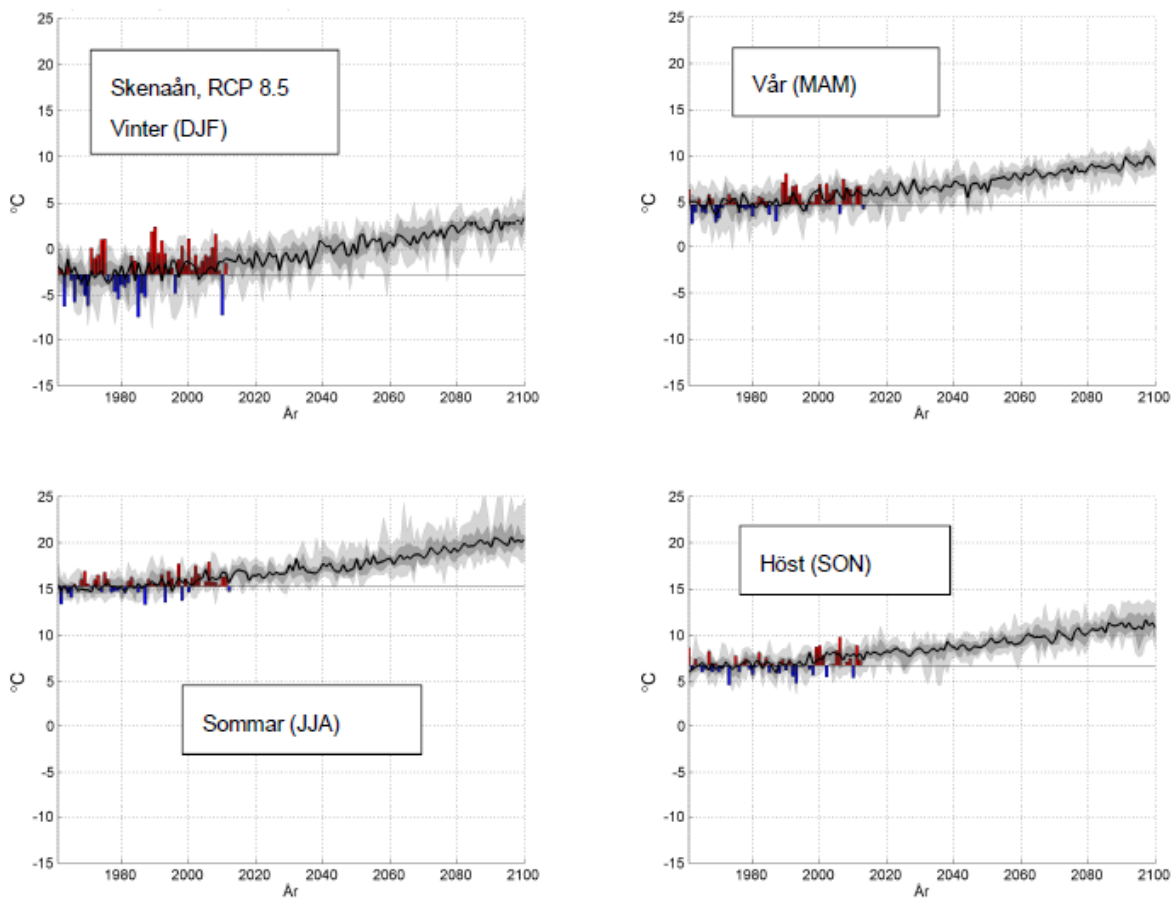
Tabell 1. Sammanställning av de parametrar som ingick i SMHI:s klimatanalys.

Temperatur	Nederbörd
Medeltemperatur per år	Medelnederbörd per år
Medeltemperatur per säsong	Medelnederbörd per säsong
Vegetationsperiodens start	Kraftig nederbörd >10 mm, antalet dagar
Vegetationsperiodens slut	Största nederbörd under 7-dagarsperiod
Vegetationsperiodens längd	
Årets 1:a femdygnsperiod med medel över 0 grader	
Årets 1:a femdygnsperiod med medel under 0 grader	

En jämförelse av de två fokusområdenas klimat idag visar i stort sett inte någon skillnad i temperatur eller nederbörd. Inte heller framtidens klimatscenarier visar någon skillnad för områdena. Förändring av årsmedeltemperaturen kommer att öka successivt för att mot slutet av seklet nå en ökning på över 10°C i båda områdena. Temperaturanalysen pekar på störst variation under vintern och relativt kalla år kan förekomma ända fram till 2050-talet. Störst temperaturökning visar beräkningarna för vinterperioden dec – jan jämfört med resten av året, figur 9 - 10.

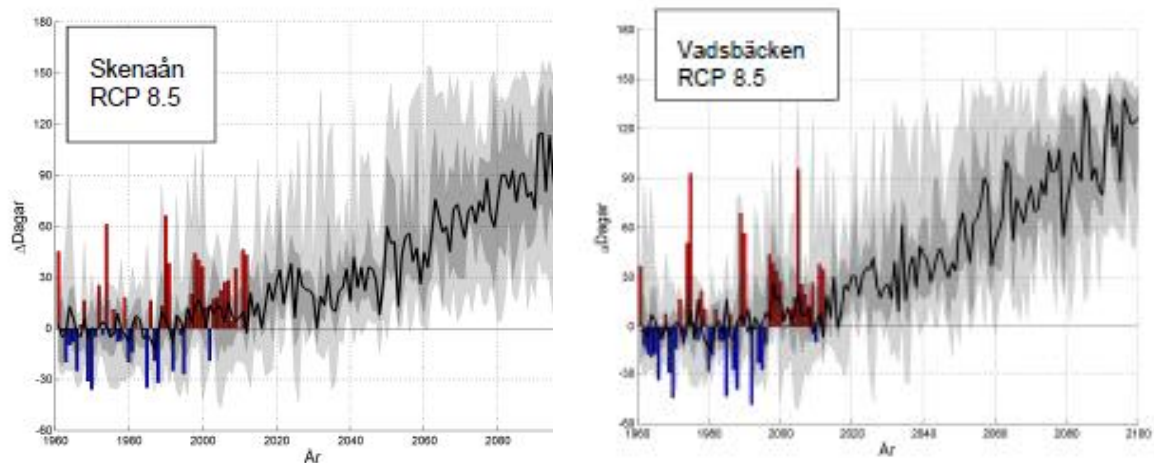


Figur 9. Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen för Vadsbäcken. För Skenaån är trenden densamma. SMHI 2014/27



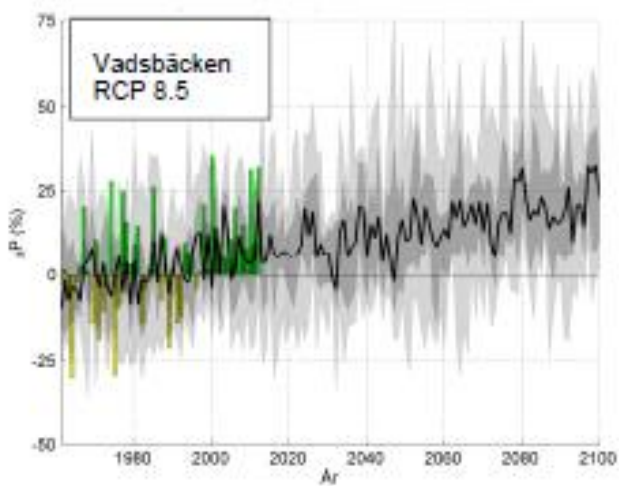
Figur 10. Beräknad temperaturutveckling för Skenaåns avrinningsområde för de fyra årstiderna. Staplarna presenterar observationer, den svarta linjen presenterar medianvärdet och de skuggade partierna variationer. För Vadsbäcken är trenden densamma. SMHI, 2014/27.

Detta påverkar vegetationsperiodernas längd som vid slutet av seklet har ökat med över 75 dagar med RCP 8,5, figur 11. Variationen mellan år är stor, vilket den är även i dagens klimat. Idag sträcker sig vegetationsperioden för Skenaån 16 april – 3 november och för Vadsbäcken 9 april – 5 november. Förlängningen kommer att ske både i början och i slutet av vegetationsperioden. Längre perioder med frost, här bedömt som femdygnsperiod med medeltemperatur under 0°C, kommer mot slutet av seklet att vara sällsynt.

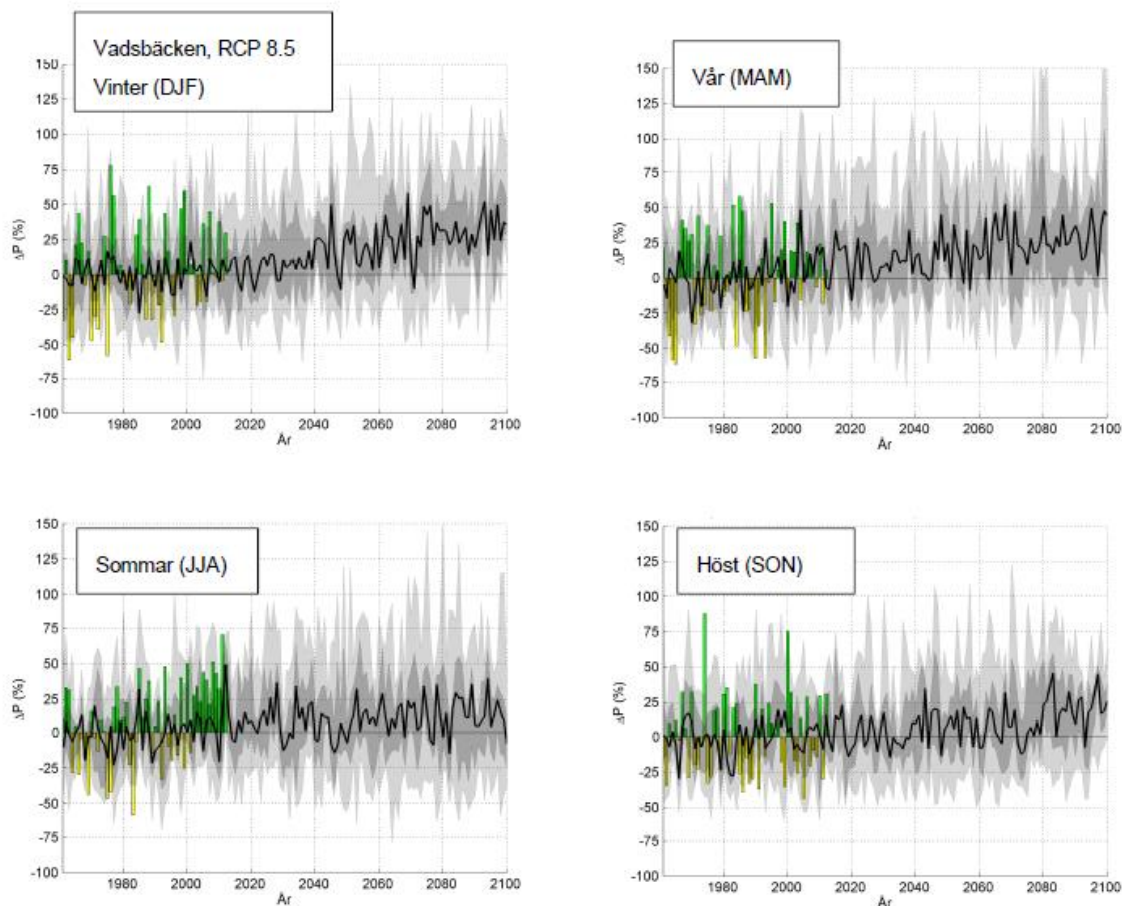


Figur 11. Vegetationsperiodens längd (antal dygn) och dess framtida utveckling relativt referensperioden 1961 – 1990 för RCP 8,5. SMHI 2014/27

Årsmedelnederbörden ökar i både Skenaåns och Vadsbäckens avrinningsområden med starkast trend för utsläppsscenario RCP 8,5 som ger en ökning på 25 % mot slutet av seklet, figur 12. Beräkningarna visar att ökningen av nederbörd är störst under vinter och höst, med mindre ökning under vår och sommarsäsong, figur 13. Antalet dagar med kraftiga regn på över 10 mm per dygn ökar successivt fram till närmre 20 dagar/år mot slutet av seklet. För referensperioden är det 12 dagar/år för de två områdena som nederbörden är större än 10 mm/dygn. En intressant iakttagelse är att detta antal dagar överskreds med mer än 10 mm nederbörd 16 av 18 år under perioden 1995-2012.



Figur 12. Beräknad utveckling av årsmedelnederbörden för Vadsbäcken. För Skenaån är trenden densamma. SMHI 2014/27.



Figur 13. Beräknad nederbördsutveckling för de fyra årstiderna för Vadsbäckens avrinningsområde. Staplarna representerar observationer, den svarta linjen medianvärde och de grå skuggningarna variationerna. Trenden är liknande för Skenaån. SMHI 2014/27.

I detta projekt har vi valt att analysera medelvärden för trettioårsperioder för varje års största nederbörd under en 7-dygnsperiod. Den nederbörden är under en 7-dygnsperiod ca 60 mm för områdena och det går inte att se någon tydlig skillnad mellan referensperioden och framtiden. Däremot ser man även här att nederbörden ökar de senare åren jämfört med referensperioden. Under 18-årsperioden 1995-2012 var 7-dygnsnederbörden högre än referensperiodens medel för 15 av åren i Skenaån och för 10 av åren i Vadsbäcken. I likhet med övriga resultat från klimatscenerierna, undantag flöden, säger resultaten inget om hur ofta ett sådant regn återkommer med statistisk säkerhet. Som jämförelse kan noteras att SMHI med data från 1900-2011 har beräknat att motsvarande 7-dygnsnederbörd med återkomsttid 1 år är 40-60 mm, 10 år 80-100 mm och 100 år 100-150 mm för Östergötland, SMHI nr 2012-143.

Ökad temperatur gör att avdunstningen ökar och att det därmed ryms mer vattenånga i atmosfären, vilket leder till ökad nederbörd. Årsnederbörden ökar ca 23 % i båda områdena, +131mm/år resp. +136 mm/år för Skenaån resp. Vadsbäcken. Trenden är tydlig med ökande nederbörd för alla årstider, se Tabell 2.

Tabell 2. Medelnederbörd för referensperioden och framtid tolkat från klimatscenarier (SMHI Rapport 2014/27).

Skenaån	Referensperiod	Framtid	Skillnad,	Skillnad,
	mm	mm	mm	%
Årsnederbörd	571	702	131	23
Vinter	115	161	46	40
Vår	107	134	27	25
Sommar	180	198	18	10
Höst	168	181	13	18
Vadsbäcken				
Årsnederbörd	592	728	136	23
Vinter	122	165	43	35
Vår	110	143	33	30
Sommar	188	207	19	10
Höst	172	206	34	20

Klimatet påverkar förutsättningarna för jordbruksproduktion med varierande kombinationer av olika klimatindikatorer. Tabell 3 visar en sammanställning av de index som utvecklats inom JOVAK-projektet kompletterat med andra från SMHI:s Klimatdata som är tillgänglig på webben.

Tabell 3. Sammanställning av klimatindex för Skenaån och Vadsbäcken. Gråmarkerade data kommer från SMHI (2014/27) och resterande från SMHI:s hemsida.

Klimatindex RCP 8,5	1961-1990	2040	2100
Temperatur (grader)	6	+ 2,2	+ 4,5
Nederbörd	571/592 mm	+ 10-20%	+ 20-28%
Högsta dygnsmedeltemp	21,5°C	+ 2	+ 4,5
Lägsta dygnsmedeltemp	-15,6°C	+ 7	+ 12
Antal dagar med kraftig nederbörd	12	+ 5	+ 9
Antal dagar med nollgenomgång	79	- 15	- 45
Årets sista vårfrost	9 maj	- 20	- 35
Vegetationsperiodens start	9-16 april	- 25	- 65
Vegetationsperiodens slut	3-5 november	+ 18	+ 38
Vegetationsperiodens längd, dagar	202 - 210	+ 38	+ 100
Årets längsta torrperiod		Någon minskning	Någon minskning
Vårens första 5 dygnsperiod med medeltemperatur >0°C	22 januari	-	5 januari
Höstens första längre frostperiod; 5 dygn med medeltemperatur <0°C	15 dec	-	27 december

Metoddiskussion

Referensperiod för klimatförändring

Både temperaturanalysen och nederbördsanalysen använder den internationellt vedertagna perioden 1961 – 1990 som referensperiod att mäta förändring emot. Eftersom klimatet redan förändras så är perioden 1961-1990 inte helt representativ för det vi upplever som dagens klimat. Därför kan det vara ett alternativ att använda en senare referensperiod, t.ex. 1981-2010, för en lokal studie som denna.

Utsläppsscenarioer av växthusgaser

I upphandlingen av klimatanalys gjordes en beställning med två olika utsläppsscenarioer, RCP 4,5 och RCP 8,5. På grund av att vi inte ser några politiska beslut eller andra åtgärder som kommer att begränsa utsläppen, kunde vi tagit beslutet om att enbart använda RCP 8,5 för projektet på ett tidigare stadium och begränsat analysen.

Tidsperiod 2100

Vi hade önskemål om två tidsperioder för den framtida klimatanalysen, den första inom en överskådlig framtid och den andra för slutet av seklet. Eftersom klimatanalysen visar trender och inte prognos för en given tidpunkt valdes två 30-årsperioder, 2021 – 2050 samt 2069 – 2098.

Två fokusområden för klimatanalys

Resultatet av klimatanalysen visar inte på några skillnader för de två valda områdena. Detta gör att för framtida analyser i andra delar av Östergötland kan den utförda klimatanalysen gälla som underlag.



Jordbruksproduktion i förändrat klimat

Produktionsavsnittet är en sammanställning av aktuell litteratur där resultat från det nyligen avslutade projektet Baltic Compass (Blombäck et. al., 2012) har legat till grund, kompletterad med resultat från Hus-hållningssällskapets projekt Gradvis samt annan litteratur. Utifrån detta bakgrundsmaterial baseras produktionsavsnittet på antaganden gällande hur samhället utvecklas, bland annat vilka EU-beslut som tas, hur marknaden hanterar dessa och vad konsumenterna efterfrågar.

Förändrade förutsättningar för jordbruksnäringen

Den senaste IPCC-rapporten (IPCC, 2013) visar att globalt sett överväger de negativa effekterna för jordbruket när skadeangrepp av insekter och sjukdomar läggs samman med effekterna av ökad frekvens av extrema väderhändelser.

Jordbruksproduktion utgår ifrån jordbrukarens uppfattning om vad som är bästa sättet att bruka jorden med hänsyn till gårdens förutsättningar. Där ingår både naturliga förutsättningar som klimat, jordmån och vattentillgång, och andra typer av förutsättningar från marknad, regelverk samt tradition och intresse. Förändringar i förutsättningarna fungerar som drivkraft för utveckling och ändrad inriktning av produktionen. Jämfört med skogsbruk kan jordbruket betydligt snabbare anpassas till förändringar. I svenskt jordbruk är idag temperaturen den mest begränsande odlingsfaktorn. Det är troligt att i ett klimat som förändras, där ökad temperatur bland annat frigör mer näring genom ökad mineralisering, väljer jordbrukaren att odla grödor som bättre kan tillgodogöra sig denna och därmed få en skörd som ger ökad ersättning. Köttproduktionen är ännu svårare att förutsäga men en ökad konsumtion av fågel och fläsk i utvecklingsländer kan också innebära ökande avkastningsmöjligheter för svensk produktion.

De beslut samhället och dess aktörer tar vad gäller vad mark ska användas till och hur, bedöms bli en större orsak till förändringar i odlingsförutsättningarna än de direkta biofysiska effekterna av klimatförändringarna på den nuvarande markanvändningen. Jordbruksmark i Sverige bedöms kunna få ökat värde pga. minskade produktionsmöjligheter i södra Europa. Det skulle betyda att endast marginella ytor av odlingsbar mark borde tas ifrån produktion (Greening of CAP, 2012). Det gäller både till annan markanvändning och också mark till åtgärder. I konflikt med värdefull jordbruksmark kommer troligtvis även tätorters behov av mark för exploatering att öka. Dessutom kan det i framtiden bli dyrare per ytenhet att odla pga. av ökade kostnader för insatsmedel som energi, utsäde och gödselmedel samt arbetskostnad.

Klimatförändringarna kommer i sin tur att påverka flera av dessa faktorer. Många effekter av klimatförändringar för jordbruket är indirekta, både globala, nationella och lokala. Den ökade globaliseringen innebär att vår livsmedelsimport i Sverige har ökat till ca 50 % av konsumtionen. Även jordbrukets insatsmedel importeras i hög grad, till exempel utsäde, gödselmedel, bekämpningsmedel. Beroende på var i världen dessa produceras kommer klimatförändringarna



medföra en påverkan, vilket i sin tur inverkar på prisutvecklingen av dessa produkter och i förlängningen på svensk jordbruksproduktion. Vattenbrist och förorening av vatten är faktorer som påverkar jordbruksproduktionen direkt här i Sverige men också indirekt när konsekvenserna inträffar på platser som relaterar till vår import av varor och insatsmedel.

Nationellt tas beslut grundat på klimatförändringarnas konsekvenser för Sverige som påverkar lantbruket, till exempel gällande energiförsörjning eller markanvändning. Ökade energipriser ger bättre förutsättningar för produktion av bio-bränsle, och det förutses att denna ska stå för 10 % av EUs behov av transportbränsle år 2020. Statliga bidrag för jordbruksproduktion minskar och förväntas minska alltmer enligt CAPs intentioner. Det gäller både direkt ersättning och stöd i form av rådgivning. Urbaniseringen är hög i Sverige och påverkar vår konsumtion av jordbruksprodukter genom att befolkningen får ökade inkomster men också ökar sitt beroende av att köpa livsmedel i stället för att producera eller förädla en del själva. Lokalt kan transporter till och från lantbruket påverkas av bristande hantering av översvänningsbenägna områden som påverkar infrastruktur.

Konsekvenser för växtodlingen

Koldioxidens effekt på växtproduktionen

De grödor som vanligtvis odlas i Sverige påverkas positivt av ökad koldioxidhalt, till exempel stråsäd, vallväxter och potatis. Fotosyntesen hos dessa växter ökar, klyvöppningarnas yta minskar och därmed även transpirationen per producerad biomassa. Det innebär en ökad kapacitet att utnyttja andra produktionsfaktorer som ljus, näring och vatten för tillväxt. Det innebär att en förbättrad vattenhushållning kan komma att bidra till att produktionsökningen inte går förlorad vid högre temperatur om inte vatten blir en alltför begränsande faktor.

Mot slutet av seklet kan grödornas utvecklingsstadier tidigareläggas 1,5 – 3 veckor. Detta kan vara positivt för tillväxten, men också negativt beroende på tillgången på vatten, ljus mm. Datum för sådd kan tidigareläggas ännu mer, se avsnittet om klimat. Detta innebär ökad frostrisk för vårkorn (höstsådd), men minskad frostrisk för vårsådd majs. Beräknad skördetid för majs kan ändras markant till tidig oktober vid senare halvan av seklet, vilket påverkar sortval (Eckersten och Konher, 2012). Ökad temperatur förkortar längden på den aktiva kärnfyllnadsfasen i stråsäd och ger minskning i kärnskorde. Ökad koldioxidhalt kan minska proteinhalten i skörden. Däremot kan fodergrödor som majs förväntas få väsentligt högre avkastningspotentialer i Sverige (Olesen & Bindi, 2002). Fleråriga grödor som vall får en ökad tillväxtpotential i och med att växtsäsongen förlängs. Den ökade mineraliseringen gör att kvävetillgången ökar, speciellt under april och maj. Mellangrödor får en allt ökande betydelse, både för att utnyttja en längre säsong och för att i samband därmed minska kväveutlakning. Precisionsodling baserat på säkrare väderprognoser och exaktare gödslingsmetoder kan bli en alltmer ekonomisk metod (Johnsson, et al, 2008).

Skördeförändringar

Resultat från projektet Baltic Compass bedömer att det är mycket osäkert att extrapolera modellberäknade skördedata för lång tid framöver (Blombäck et.al., 2013). Productive agriculture adapted to reduced nutrient losses in future climate – Model and stakeholder based scenarios of Baltic Sea catchments. Baltic COMPASS – report). Osäkerheten i modellresultaten ökar över tid då det är många faktorer som spelar in på skördeutgången. Dessutom är det stora svårigheter med att jämföra resultat från olika modeller. Projektet kunde inte finna någon forskning för svenska förhållanden för tiden 2050 och framåt.

Skadeinsekter, sjukdomar och ogräs

Antalet arter av skadeinsekter kommer att öka men också antalet insekter per art. Det beror både på att övervintringsförmågan förbättras med högre temperaturer och på att fler generationer hinner utvecklas per säsong. Förutom skador av insekterna medför dessa indirekta effekter genom att sprida växtvirusjukdomar. Insekterna kan vara aktiva tidigare på våren och orsaka tidiga skador så att det blir större skördeförkluster och ett ökat behov av bekämpning. Till exempel kan bekämpningsbehovet av bladlöss i stråsäd komma att öka med 50 % vid en temperaturökning på 1°C (Olesen, Andersson & Nielsen, 2006). Andra skadeinsekter som kommer att gynnas av förändrat klimat är till exempel Koloradoskalbagge, olika skadeinsekter på majs, flera arter av nematoder samt sniglar.

Grödorna kommer framförallt att drabbas mer av olika svampinfektioner när vegetationsperioden förlängs på hösten, se tabell 4 (Eckersten et.al., 2007). Svampar som utvecklas bättre i högre temperaturer gynnas (Jordbruksverket, 2012). Även arter och antal av virus och bakterier kommer att gynnas av ett varmare och blötare klimat utan vinterfrost. När växtsäsongen förlängs hinner fler arter av ogräs utvecklas. Nya odlade grödor ger möjlighet för nya ogräs att etablera sig. Till exempel gör en övergång till mer majsodling att större del jord lämnas öppen och kräver bearbetning eller bekämpning mot ogräs.

Klimatförändringarna leder till både längre växtsäsong och högre temperaturer. Båda dessa faktorer ökar växternas ozonupptag och därmed skadorna, vilket leder till minskade skördar. Produktionen av ozonkänsliga grödor som vete och potatis har redan minskat på grund av de höga ozonhalterna i Europa (Naturvårdsverket, 2014).

Tabell 4. Svampsjukdomar som förväntas öka vid ett varmare klimat samt möjlig förändring i antal växtskyddsbehandlingar i olika grödorna. (Olesen, Andersson, & Nielsen, 2006).

Gröda	Viktiga skadegörare	Antal behandlingar	Förändring i behov av växtskydd
Vete	Fusarium, Brunrost, Brunfläcksjuka	2	+
Höstkorn	kornrost	02-jan	+
Vårkorn	kornrost	0-2	+
Råg / Rågvete	Brunrost, Brunfläcksjuka	0-1	+/-
Rajgräs	Svartröst	0-1	+
Potatis	Alternaria, Bladmögel	10-jun	+
Ärter		0-1	+/-
Oljeväxter	Phoma, alternaria	0-1	+/-
Sockerbetor	Ramularia, Bladmögel?	0-2	+

Markstruktur

Vad som bestämmer sådd är i hög grad också jordens redbarhet, om den är lämplig att plöja och harva vilket beror på jordart i förhållande till markfuktighet. Färre antal dagar med frost påverkar lerjordar genom att sönderfrysningen minskar. Leriga jordarter som vid Vadsbäcken är speciellt känslig för detta och starkt beroende av att torka upp innan den kan bearbetas. Det gör att kompletterande markbearbetning kommer att behövas för att få en lämplig struktur för sådd. Det är även risk för ökad markpackning om bearbetningen med maskiner startas för tidigt innan jordstrukturen håller. Det kan krävas ytterligare körning för att genom luckring motverka syrebrist (Fogelfors et.al., 2009.).

Bevattnings

En torrperiod på våren påverkar vårsådden mer än höstsådden som då har hunnit utvecklas mer och kanske redan nått kärnfyllnadsfasen. De vårsådda grödorna är då i tillväxtfasen och proteinhalt och storlek påverkas negativt. Vattenunderskott på sensommaren kan begränsa återväxtskördarna av vall.

Generellt sett ökar bevattningsbehovet då nederbörden minskar, men det påverkas naturligtvis av när det inträffar, vilken gröda som odlas och vilken jordtyp det gäller. En ökad avdunstning kan uppvägas av effektivare vattenutnyttjande vid högre koldioxidhalt (Eckersten et.al., 2007).

Hur påverkas grödvalet?

”Det blir allt viktigare för svenska spannmålsodlare att ha en strategi som omfattar vädersvängningar samt de stora marknadsrörelser som förekommer”, konstaterar Jordbruksverket och LRF (Jordbruksverket/LRF, 2014). Inom lantbruket i Östergötland sker en minskning av de grödor där lantbrukare ser ökade problem med skadeinsekter och en ökning av de grödor som har ökad ekonomisk täckning. Både lantbrukare i fokusområdena och rådgivare noterar fler skador på höstraps som därmed minskar i produktion till förmån för vårraps. Inom djuruppfödningen är det önskvärt med mer inhemsk odling av energirikt foder och vi har redan sett en markant ökning av produktion av fodermajs, vilket är en trend som kommer att fortsätta.

Inom en överskådlig framtid kommer det att vara möjligt att producera soja, även om variationerna i sommartemperaturerna fortfarande kommer att utgöra en risk. Däremot är det inte troligt att solros kan odlas på länge vad gäller temperatur. Solros kräver dessutom fler soltimmar än vad Sverige har på en genomsnittlig odlingssäsong. Nya sorter av höstkorn och höstvetete håller på att testas och visar lovande resultat (Fogelfors, 2009). I Jordbruksverkets statistik från 2011-2013 för de båda områdena ser vi i tabell 5 följande fördelning av grödor i procent av total odlingsareal,

Tabell 5. Fördelning av grödor i medeltal för 2011-2013 (Jordbruksverket, 2014).

Gröda	Skenaån 4790 ha	Vadsbäcken 3062 ha
Höstvete	24%	27%
Vårkorn	19%	11%
Vårraps		12%
Höstraps	6%	
Potatis	7%	
Slätter- och betesvall	8%	9%
Betesmark	6%	5%
Övriga grödor	30%	36%

Projektet Baltic Compass genomförde en modell- och aktörsbaserad studie för att minska näringsförluster från jordbruket under klimat i förändring (Blombäck et al., 2013). Scenarier utvecklades för avrinningsområdet Svärtaån i södra Södermanland. Resultaten i tabell 6 visar på en oförändrad areal av odlingsmark mot mitten av seklet. Förändringarna i grödval antogs i detta projekt utifrån trender i statistiken samt diskussioner med lantbrukare. De visar en markant ökning av odling av höstraps, vårraps och vall. Av nyare grödor antogs en introduktion av fodermajs. Fånggrödor antogs bli än mer ekonomiska med en förlängd odlingssäsong (Collentine et al., 2013). De sammantagna effekterna av förändringar i odlingsstruktur visar en ökning av gödselmedel per ytenhet som resulterar i en skördeökning men en minskad utlakning av kväve och fosfor. Ett skäl till den minskade utlakningen var, förutom åtgärderna, också en ökad andel vall i växtföljden (antagen utifrån nuvarande trender).

Tabell 6. Sammanställning av resultat från Baltic Compass, projektområde Södermanland.

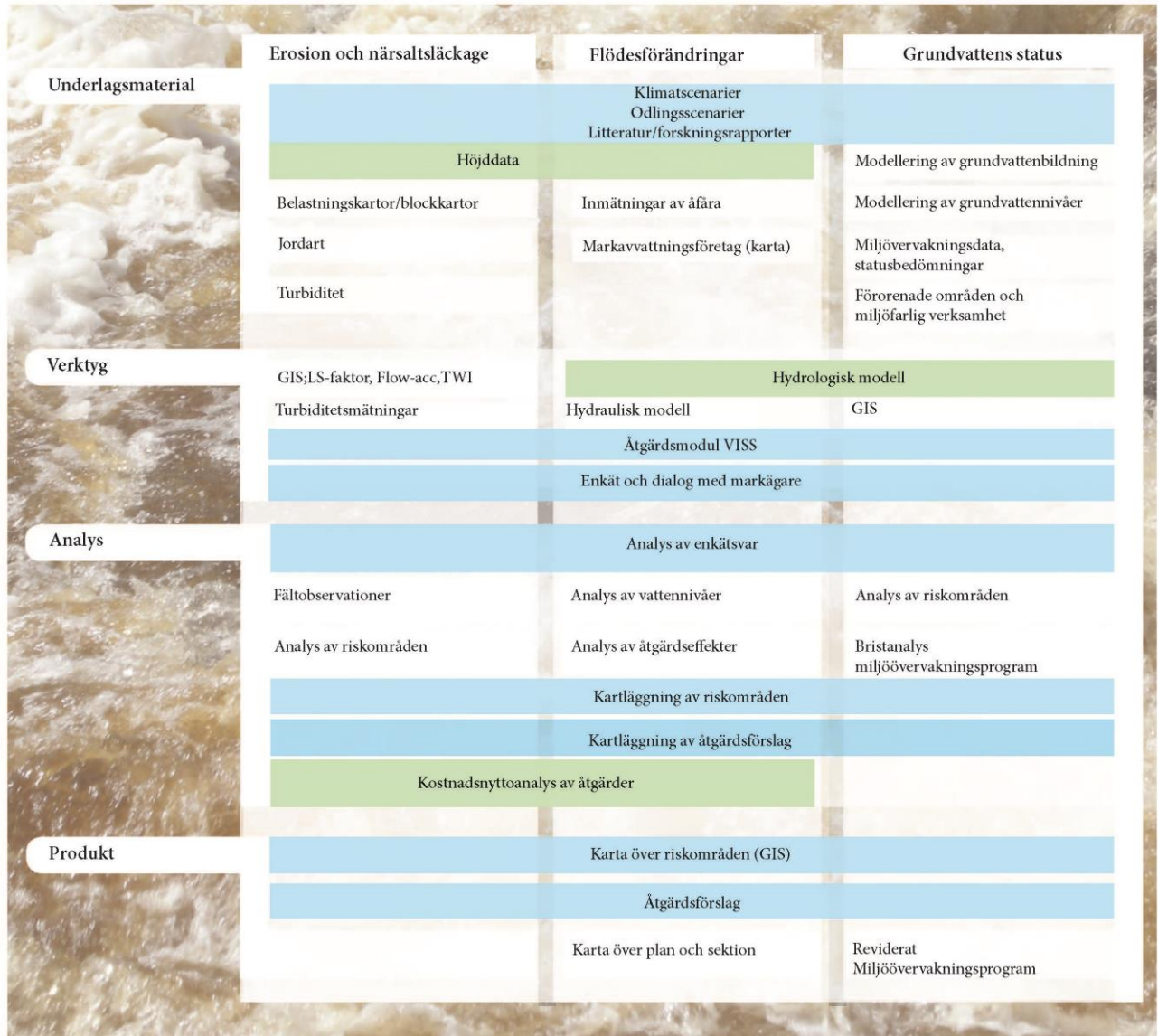
$\text{kgN/haL/}\ddot{a}$ = $\text{kg kväve per hektar avrinningsområde (ej vattenareal) per }\ddot{a}$

$\text{kgN/haF/}\ddot{a}$ = $\text{kg kväve per hektar jordbruksmark per }\ddot{a}$

Faktorer	2005-10	2050
Areal jordbruk	8.6 kha	8.6 kha
Gröda	Areal fodermajs 0 kha	Areal vårraps +29% Areal höstraps +199% Areal vall +32% Areal träda -22% Areal fodermajs 0.22 kha
Skördeutfall: $\text{kgN/haL/}\ddot{a}$ ($\text{kgN/haF/}\ddot{a}$)	17 (87)	20 (100)
Utlakning N: $\text{kgN/haL/}\ddot{a}$ ($\text{kgN/haF/}\ddot{a}$)	3.0 (10.9)	2.0 (7.2)
Utlakning P: ($\text{kgP/haF/}\ddot{a}$) $\text{kgP/haL/}\ddot{a}$	0.24 (0.95)	0.15 (0.66)
Gödselmedel N: ($\text{kgN/haF/}\ddot{a}$) $\text{kgN/haL/}\ddot{a}$	18 (92)	20 (104)
Gödselmedel P	Markens fosforklass =3	Markens fosforklass =2 P gödsling upphör
Kemiska bekämpningsmedel (sjukdom, svamp, insekter, ogräs)		Förväntad ökning
Bevattning		Ingen förändring
Fånggröda	0 kha	1.7 kha
Strukturkalkning	0 kha	5.9 kha
Våtmark	0 kha	0.25 kha
Buffertzon 0.16 kha	0.16 kha	0 kha
Ogräs		

Arbetsmetod för ett samordnat arbete

En arbetsmetod för att arbeta samlat med olika intresseområden har tagits fram i projektet (Fig. 14). Metoden visar på hur planeringsunderlag för klimat, produktion och vattenmiljöer har samordnats, vilka verktyg och analyser som använts, samt vilka produkter som skapats i projektet.



Figur 14. Schematisk presentation av projektets arbetsmetod.

Data från GIS-skikt, mätningar, analyser och rapporter samlades in, t ex Klimat- och odlings-scenarier, höjddata, jordarter, inmätningar av åfåran. Detta användes som underlagsmaterial till olika verktyg och modeller som GIS, hydrologisk och hydraulisk modellering. Resultaten utgjorde underlag till analyser av olika riskområden och åtgärdsförslag. Projektet mynnade ut i olika riskområden, åtgärdsförslag och kartor som kan användas som diskussionsunderlag vid till exempel rådgivning.

Höjddata visar problemområden

Underlagsmaterial

För att kunna analysera problem och föreslå åtgärder i de aktuella avrinningsområdena krävs ett bra kartmaterial. Den Nya Nationella Höjddata (NNH), och modeller som bygger på den, är viktiga verktyg för ett projekt som hanterar framtida klimat och hydrologiska aspekter. Vi har därför samlat ihop de relevanta nationella och regionella GIS-skikt som finns tillgängliga idag. Därefter har vi tagit fram information som behövs ytterligare i projektet. Bland de normalt förekommande skikten används naturligtvis ekonomiska kartan, vattendrag, fastighetsgränser, jordartsgeologi, ortofoto, historiska kartor, ägoslag, våtmarker, sjöar etc. Information som inte finns normalt och som har tagits fram specifikt i projektet anges nedan:

Hydrologi och morfologi
Ekvidistanter: 0,5 m eller 1,0 m vid inzoomning. Test visar vad som är tekniskt möjligt utan alltför tunga filer. Framförallt fördelaktigt vid presentation på kartor och för överslagsberäkningar.
Topografi: typ 3D, terrängskuggning. Olika typer av skalförvrängningar och skuggningar/belysning diskuteras.
Flödesackumulationslinjer (Flow acc): visar ytavrinning och hur stort avrinningsområde som deltar
Flödesavstånd: dvs. avstånd från markpunkt till närmaste vattendrag på ekonomiska kartan. Indikerar risk för ytavrinning till vattendrag
Våthetsindex (TWI): vattenackumulation vid ytavrinning. Indikerar bl. a lämpliga våtmarkslägen.
LS-faktorn: slutningslängd x slutningslutning, avgör jorderosion
Erosionspotential: Riskerna för erosion är en sammanvägning av jordart, lutning, nederbörd etc
Mänsklig påverkan
Markavvattningss företag: Befintliga markavvattningss företag rektifieras i plan till eget skikt. Öppna diken, kulvertar, vallar och båtnadsområde enligt länsstyrelsens standard. Koppling till akt och karta i ritningsarkivet.
Marktyp: Åker, bete, skog, våtmark, väg, bebyggelse etc.
Gröda: Spannmål, potatis, grönsaker, energiskog, löv, barr
Djurgårdar: antal djurenheter, djurslag

För att ta fram ett underlag som fungerar så bra som möjligt med tanke på hydrologi och ytavrinning har manuellt arbete utförts. Det innebär att den underliggande ekonomiska kartan med vattendrag har rättats upp. Bland annat har diken och vattendrag som slutar ”i blindo” konnekterats till vattendrag eller kulvert så att vattendragen hänger samman på det sätt de gör i verkligheten. Trummor och kulvertar (rörlagda diken) framgår normalt inte i kartor. Med hjälp av gamla ekonomiska kartor, dikningsföretag och fältinformation har rörledningar lagts in. En del vägtrummor finns också angivna i biotopkarteringar. Underlaget har kontrollerats så att inte orimligheter förekommer. Den laserskanning som NNH bygger på kan naturligtvis ge vilseledande information på grund av hög ogenomtränglig vegetation etc. Bland annat kan sjöytor i kraftiga vassruggar få högre nivå än den verkliga. Inmätningar i fält kommer att användas för att kalibrera höjddata.

GIS-analys för höjddata

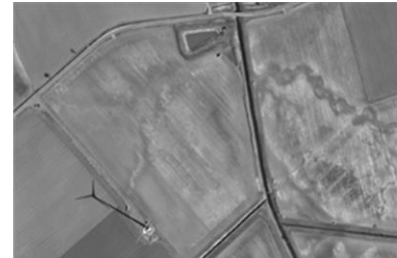
Riskområden togs fram med hjälp av de olika GIS skikten som beskrivs i tabellen ovan. För Skenaån och Vadsbäcken tittade vi framför allt på fyra GIS skikt: Ortofoto, Fill_min_dem, FlowAcc och TWI (Fig. 15).

Ortofoto är en flygbild och visar en verklighetsförankrad bild (Fig. 15A). Figur 15A visar Skenaån och på bilden kan vi se att det ser ut som om vatten har grävt fåror genom åkern.

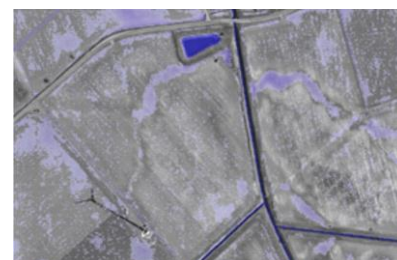
GIS skiktet FILL_MIN_DEM visar var vattnet teoretiskt skulle ligga kvar i landskapet, framför allt i svackor och dalar (Fig. 15B). Man ser även vattendrag, sjöar och diken. Figur 15B visar samma åker som figur A och här kan man se lila fläckar som visar var vatten teoretiskt skulle ligga kvar. De lila fläckarna stämmer till stor del överens med bild A:s fåror.

Lagret FlowAcc visar teoretiska åar, den väg som vattnet naturligt skulle tagit om området inte varit dränerat (Fig. 15C). FlowAcc och FILL_MIN_DEM-lagren stämmer överens och man kan se hur ”åarna” går från och till, samt igenom de ”blöta” områdena (Fig. 15C och Fig. 15B).

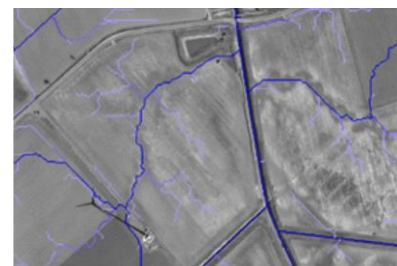
Lagret TWI visar flacka områden som har en stor tillrinnande yta uppströms. Dessa områden har risk för att bli översvämmade vid kraftig tillrinning. Figur 15D visar dessa områden med översvämningsrisk med röd och gul färg. Figur 15D kan jämföras med bilderna 15A, 15B, 15C och se att de följer samma mönster.



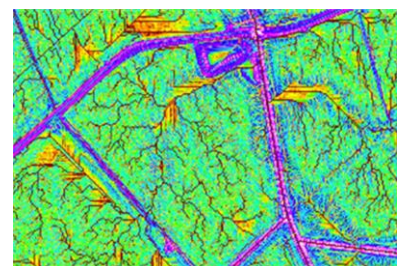
A



B



C



D

Figur 15. Ortofoto (A), Fill_min_dem (B), FlowAcc (C) och TWI (D).

Ett annat exempel är en åker precis utanför Vadsbäckens avrinningsområde där man kan se på Ortofotot en mörk fläck med en ”pöl-liknade” mörkare fläck i nedrekanten (Fig. 16). Detta skulle kunna vara en vattenansamling. På TWI-skiktet kan vi se att det mörka området stämmer överens med ett område med stor översvämningrisk, dvs. ett flackt område med stor uppströms tillrinnande yta (Fig. 16).

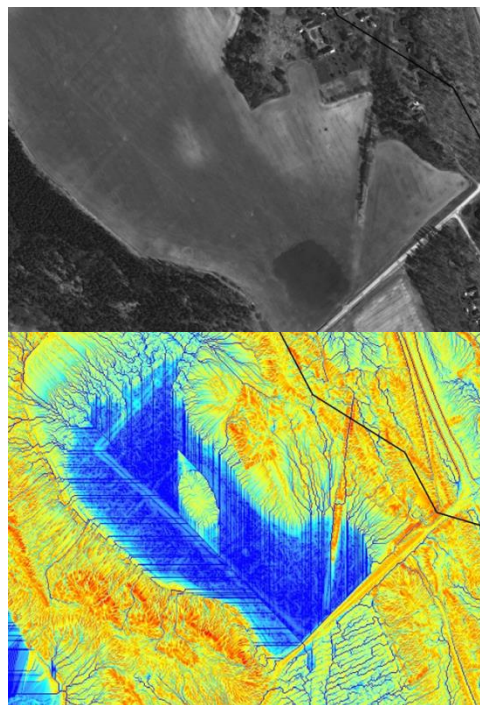
Diskussion kring höjddataanalysen

Fuktiga områden var svåra att urskilja på Ortofoto i Skenaån. Detta beror troligtvis på att det är sandigare områden med bra dränerande egenskaper. För att upptäcka problemområden bör man rikta in sig på ”heltäckande” och mörkt färgade områden som även syns på Ortofotot. Man kan även hitta områden med risk för översvämning genom att leta efter ”heltäckande fläckar” runt vattendrag, där det kan vara lättare att svämma över vid höga vattenflöden.

Dessa underlag kan vara till stor hjälp som diskussionsunderlag vid rådgivning för att se riskområden för erosion. Markägare har bekräftat att dessa underlag och kartor över erosionsriskområden på flera ställen även har erosionsproblem i verkligheten.

Lathund för höjddataanalyser

För att lättare förstå vad de olika GIS skikten visar, och vilka som är intressanta att använda för olika syften har en lathund tagits fram. Lathunden beskriver de viktigaste GIS skikten och hur de kan användas. Dessa skikt ska sedan ligga lättillgängligt för alla på länsstyrelsen och kunna användas vid t ex rådgivning av våtmarker, skyddszoner och dränering.



Figur 16. Ortofoto (överst) och TWI-index (underst). Blå färg visar ett flackt område med stor uppströms tillrinnande yta.

Hydraulisk modell simulerar vattennivåer

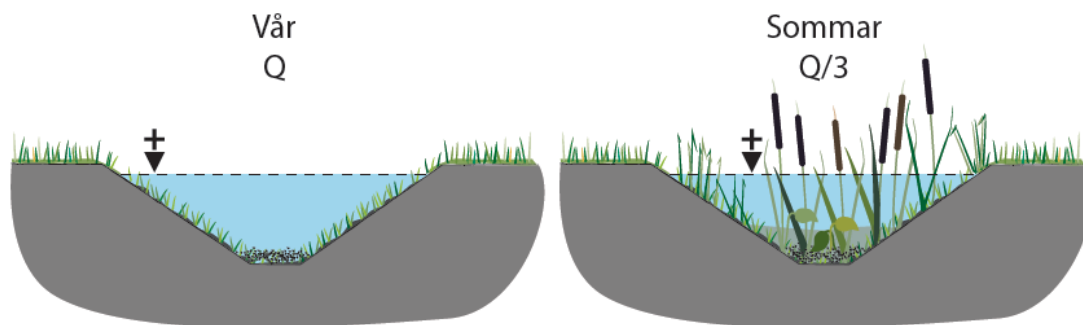
Hydraulisk modellering

När vi diskuterar framtida klimatförändringar fokuseras i första hand på temperatur och nederbörd. Med hjälp av dessa parametrar, och data om det aktuella avrinningsområdet som storlek, topografi, markslag, historiska flöden etc, kan vi sedan beräkna hur framtida flöden skiljer sig från dagens. Beräkning av flöden innebär en ökad komplexitet eftersom vi använder flera parametrar med ökande osäkerhet som följd. Bland annat måste vi beräkna avdunstningen, eller rättare evapotranspirationen, och markvattenmagasinen för att kunna prognosticera flödet. Avdunstningen från en mark- eller vattenyta ökar med temperaturen samtidigt som tillväxten av biomassa också ökar med temperaturen och därmed också vattentranspirationen. Även om nederbörden ökar kan flödet minska. Flödesutvecklingen beror alltså mycket på hur nederbörd, temperatur och markanvändningen förändras som en följd av klimatet eller av andra struktur-rationaliserande effekter.

Flödesförändringar är viktiga i sig, men för jordbruket är det framförallt frågan om vad dessa flöden innebär för möjligheterna att dränera åkermarken på ett fullgott sätt. Av avgörande betydelse är till exempel om vattenståndet i ån/diket blir så högt att det försvårar möjligheterna att avleda vatten från täckdikessystemet till vattendraget. För att kunna beräkna framtida vattennivåer i vattendraget/huvuddiket kan man utföra så kallad hydraulisk modellering. Det innebär att man bygger upp en modell av huvuddiket med anslutande tillflöden och sedan tillför kända eller antagna flöden i bestämda punkter. Med hjälp av dataprogram kan sedan vattennivåer beräknas med hjälp av kanalströmningsteori. Indata till modellen är omfattande, vilket ofta medför att grova generaliseringar måste göras. Det är en stor fördel om några av dessa indata kan "ställas in" genom att kalibrera resultat av datakörningen mot uppmätta flöden och nivåer i vattendraget.

Mätdata generellt, och i vårt projekt, har utgjorts av inmätningar av bottenivåer, dikessektioner och trummor/broar samt underlag från befintliga markavvattningsföretag (dikningsföretag). Framtagandet av indata underlättas mycket av att det finns dikningsföretag med profiler och sektioner. Genom att mäta in några punkter i dessa profiler kan långa sträckor läggas in i den hydrauliska modellen med minimalt mätarbete. Detta under förutsättning att noggrannheten inte behöver vara bättre än på någon decimeter. Den nationella höjddatabasen har använts för att ta fram omgivande marknivåer. Höjddatabasen ger en mätpunkt på 4 m² med en precision i vertikalled på ca 0,1-0,3 m. Förutom dikets geometri beror också strömningen av friktionen mot kanalens sidor och botten. Här har jordart, typ av vegetation och vegetationens utbredning en avgörande betydelse för att ansätta ett värde på Mannings tal som definierar friktionsmotståndet i modellen. I modellen för Vadsbäcken kunde en kalibrering göras mot kända flöden och nivåer i två punkter längs bäckens sträckning.

Vattenståndets påverkan av vegetationen i diket är mycket märkbar. Nedan visas att ett välrensat dike kan ha tre gånger så stor kapacitet som ett kraftigt igenväxt dike, Figur 17.



Figur 17. Flödeskapacitet i ett välrensat resp. igenväxt dike, från Jordbruksverket, Rapport 2013:14.

Naturligtvis ger modellerna en förenklad bild av verkligheten. Modellerna är till exempel endimensionella jämfört med verklighetens tredimensionella natur. Detta är emellertid ett mindre problem när vi är intresserade av medelvattennivåer i sektioner längs vattendraget. När ett vattendrag stiger över sina bräddar ger en tvådimensionell modell en bättre representation av översvämningssområdet, speciellt om det är kuperat. Det finns naturligtvis även en osäkerhet i inkommande flöden i modellen och övriga fysiska parametrar.

Hydraulisk modellering kan vara ett verktyg för att identifiera:

- Områden med vattennivåer som blir så höga att de påverkar åkerdräneringen.
- Översvämmade markområden.
- Potentiell risk för erosion på grund av höga vattennivåer och kritiska vattenhastigheter.
- Låga vattennivåer som gör att bevattning omöjliggörs/förbjuds av miljöskäl.
- Undersöka vad som händer om åtgärder utförs som ändrar dikets geometri, t.ex. tvåstegsdiken, avsläntning, anläggande av trösklar eller våtmarker.

Hydraulisk modellering som ger vattennivåer och vattenhastigheter kan också vara en grund för mer avancerade modeller för beräkning av erosion, transport och sedimentation.

Simulering av fokusområden

Den hydrauliska modelleringen av Skenaån utfördes av Jordbruksverkets vattenenhet med programmet HEC-RAS och modelleringen av Vadsbäcken utfördes av DHI med modellen Mike 11. Båda modellerna är välkända och verifierade sedan lång tid tillbaka. Simulerade sträckor av vattendragen framgår i rött i figur 18 och 19. Resultaten presenteras som vattennivåer i dikets längdsprofil och i tvärsnitt vid olika flöden. Dessutom visualiseras översvämningar i planfigurer.



Figur 18. Vadsbäcken, simulerad sträcka (rödmarkerad).



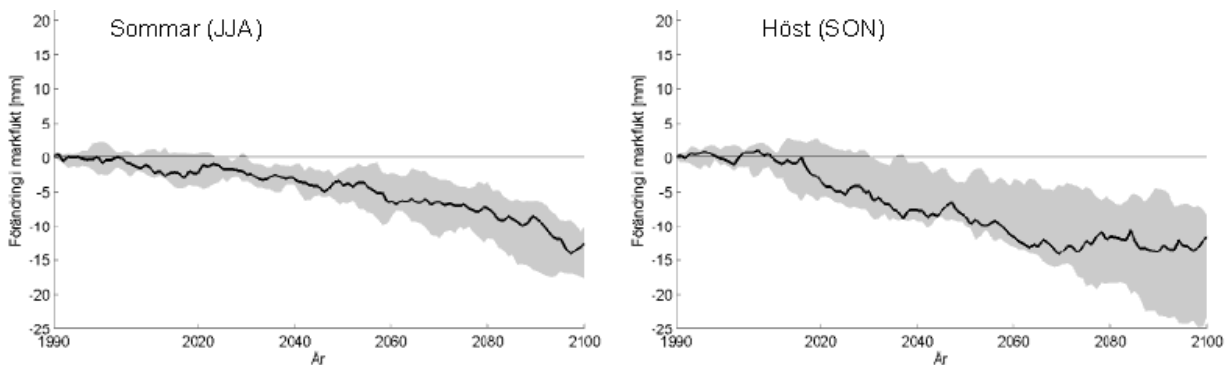
Figur 19. Skenaån, simulerad sträcka (rödmarkerad).

Vad händer med flöden och vattennivåer?

Markfukt och flöden

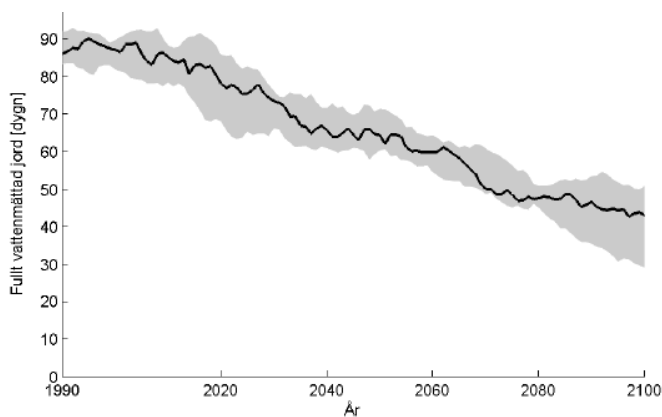
Klimatscenerierna visar på en framtida ökad temperatur, ökad nederbörd för alla årstider, fler häftiga dygnsregn (> 10 mm) och ungefär samma regnmängd för sammanhängande 7-dygnsperioder. Konsekvenserna av fler dagar med regnintensitet över 10 mm beror till stor del på hur mycket regn som fallit innan, hur vattenmättad marken är eller om marken är frusen. I stadsbebyggelse och i områden med mycket hårdgjorda ytor kan dessa händelser ge höga flöden och eventuellt skador. Effekten kan också bli märkbar om en stor väg eller andra hårdgjorda ytor avvattnas till ett vattendrag. Enstaka kraftiga skurar skapar däremot sällan höga flöden i vattendrag som omges av åker- och skogsmark. Här är det längre ihållande regn, speciellt när avdunstningen är låg, som ackumuleras till stora flöden i vattendrag med medelstora-stora avrinningsområden. Typiskt är det nederbördsperioder om 1-3 veckor som skapar höga flöden. Någon ökning av regnmängden för dessa perioder kan inte utläsas av klimatsimuleringarna, vilket pekar på att normala flöden i avrinningsområdena inte ändras i någon större omfattning på grund av ökad nederbörd. Om man också tar i beaktande att avdunstningen ökar under stora delar av året pekar det på att risken för höga flöden i större avrinningsområden som utgörs av åker och skog minskar.

Klimatscenerierna visar att vattenhalten i jorden kommer att minska med ca 3 %, från 237 mm till 229 mm, som årsvärde för de båda områdena. Störst minskning under sommar och höst och minst vintertid, Figur 20. För jordbruksmarken kring Skenaån, som redan idag bevattnas maj-september, kan en minskning av markfukten sommartid innebära att bevattningen behöver ökas. SMHI:s simulering pekar på en minskning av vattenhalten med ca 10 mm under sommaren. En tillförsel av 10 mm för de 950 ha som årligen bevattnas innebär ungefär en 10 % -ig ökning av bevattningsbehovet (bevattningsförluster inte inräknat).

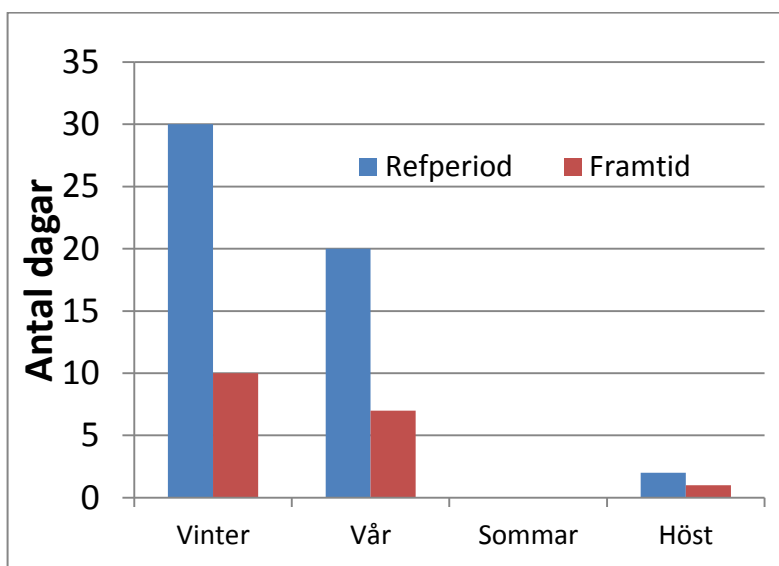


Figur 20. Förändring av markfuktighet (beräknad som varje års medianvärde över de 30 föregående åren) för Skenaån, RCP 8,5, SMHI Rapport 2014/35.

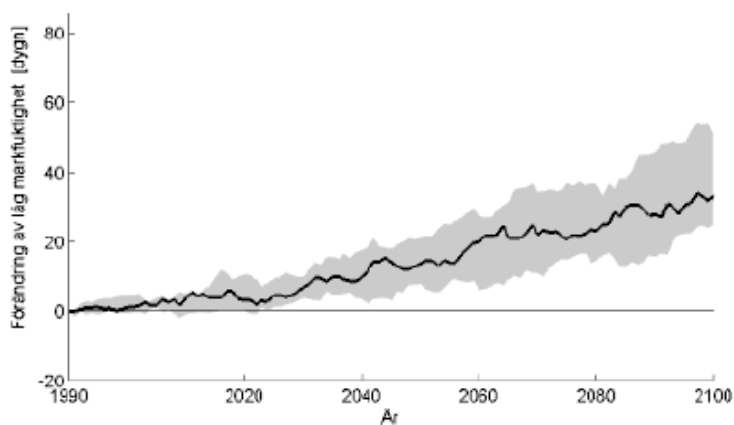
Antalet dagar med vattenmättad jord kommer att minska med i storleksordningen 45-65 % och antalet dagar med markvattenhalt under medelvärdet av de årsvis lägsta markvattenhaltarna, 193 mm, ökar med ca 37 dagar, Figur 21-23. Sommartid sker ingen förändring avseende vattenmättad jord eftersom det inte finns några dagar med modellberäknad vattenmättad jord idag heller. Trots mer nederbörd kommer alltså vattenmättnaden att minska på grund av den ökade avdunstningen, vilken är proportionell mot temperaturen.



Figur 21. Antal dygn som jorden är vattenmättad i Skenaån, RCP 8,5, SMHI Rapport 2014/35.



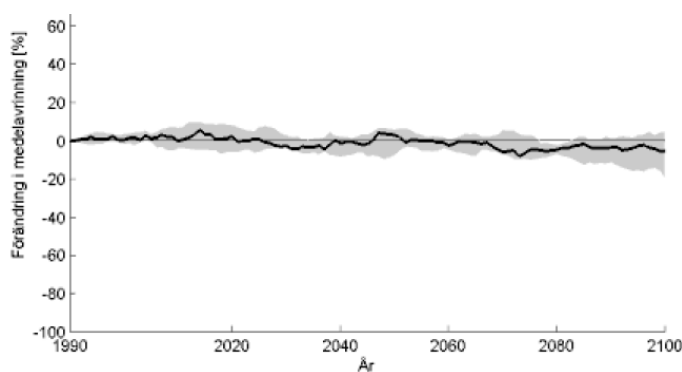
Figur 22. Antal dagar med vattenmättad jord för olika årstider, Vadsbäcken.



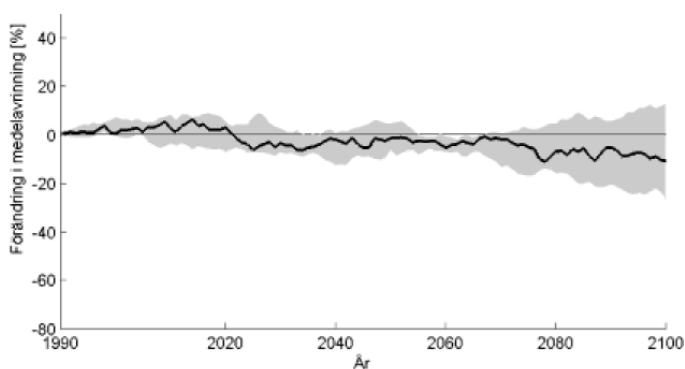
Figur 23. Förändring av antal dagar med låg markfuktighet (beräknad som medelvärdet av varje års lägsta markfuktighetsvärde under referensperioden) i Skenaån, RCP 8,5, SMHI Rapport 2014/35.

När det gäller medelflöden visar det sig att nederbördsökningar på ca 23 % för båda områdena resulterar i minskade medelflöden med 8 % respektive 1 % i Skenaån och Vadsbäcken, figur 24 och 25. En större andel av nederbörden återgår alltså till atmosfären på grund av temperaturhöjningen. Den tydligaste trenden är att flödet minskar på våren, -20 %, på grund av att nederbörden i allt mindre utsträckning ackumuleras som snö som avrinner under våren, figur 26 A. Vintertid ökar medelflödet med ca 8-16 %. Eventuellt sker det också en ökning sommartid, men här är flödena låga och osäkra, figur 26 B.

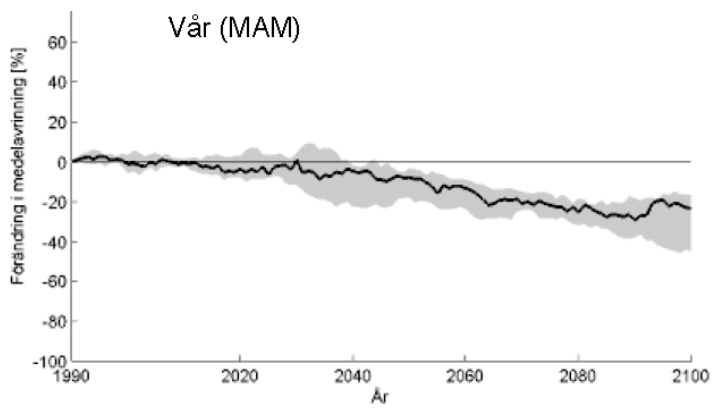
Medelhögvattenflödet, MHQ, är medelvärdet av varje års högsta dygnsflöde. Scenariet pekar på att förändringen blir marginell i framtiden, från -2 % (Skenaån) till +3 % (Vadsbäcken), Figur 27. Medelhögvattenflödet minskar med 15-20 % vår och höst i vattendragen och ökar sommartid med 30 % respektive 70 % i Skenaån och Vadsbäcken, Figur 28.



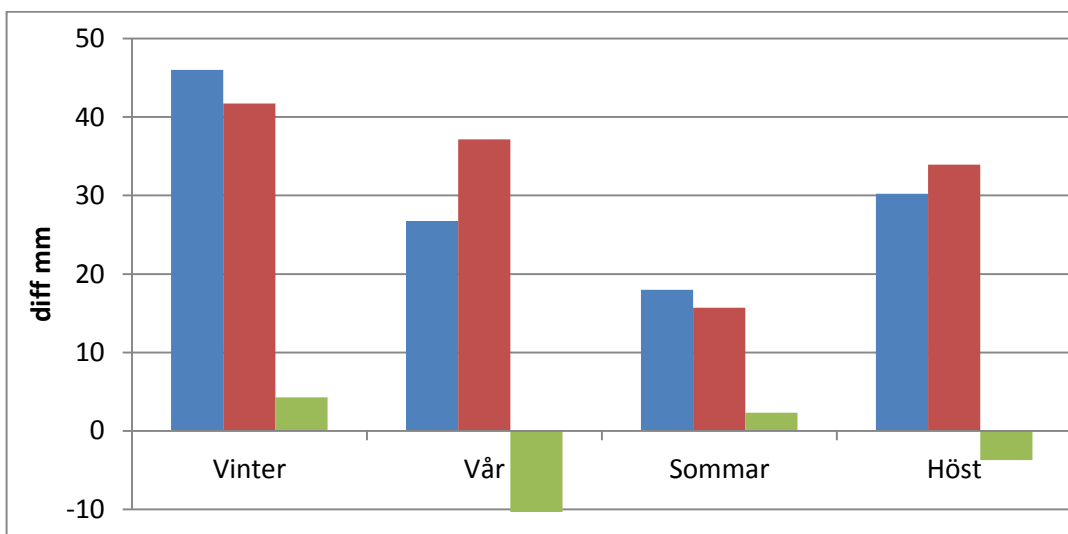
Figur 24. Förändring av årsmedelvattenföringen i Vadsbäcken, SMHI Rapport 2014/ 35.



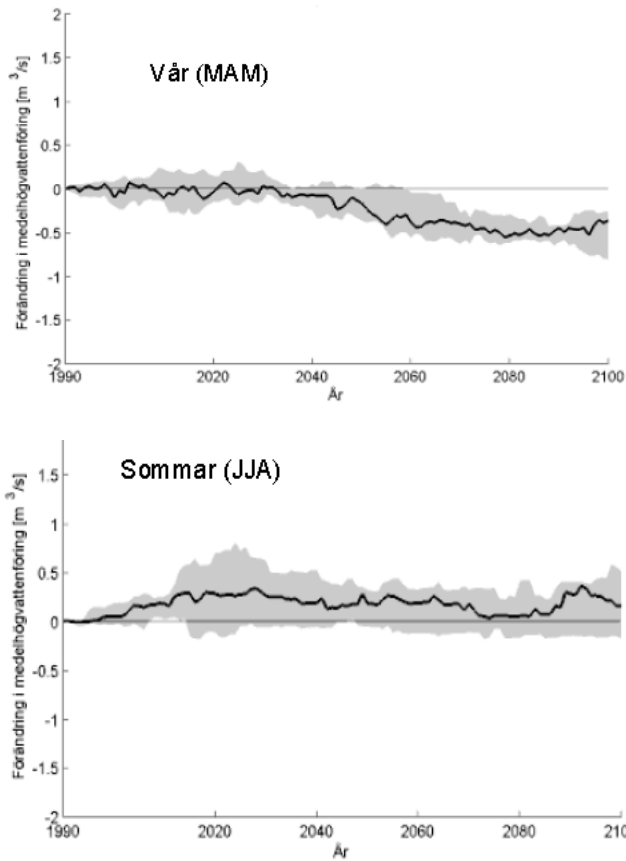
Figur 25. Förändring av årsmedelvattenföringen i Skenaån, SMHI Rapport 2014/ 35.



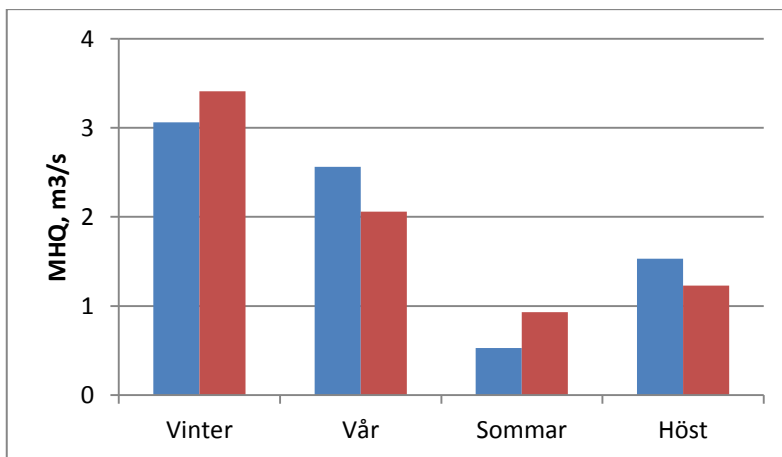
Figur 26 A. Förändring av medelvattenföringen på våren i Vadsbäcken, SMHI Rapport 2014/35.



Figur 26 B. Nederbörd (blått), avdunstning (rött) och medelflöde (grönt) i Skenaån



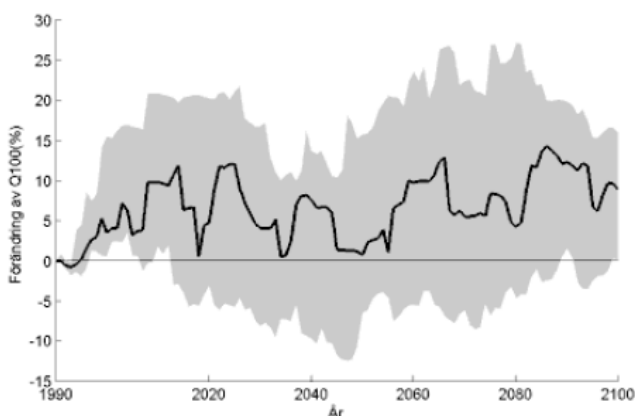
Figur 27. Förändring av medelhögvattnenflödet, MHQ, vår och sommar för Vadsbäcken, SMHI Rapport 2014/35.



Figur 28. Förändring av säsongvis medelhögvattnenflöde, MHQ, för Vadsbäcken.

Med medellågvattnenföringen (MLQ) avses medelvärdet av varje års lägsta dygnsflöde. Förändringarna i MLQ är liten, enstaka liter/sek. På årsbasis minskar den något i Skenaån medan den är oförändrad i Vadsbäcken. I likhet med övriga karakteristiska flödesmått minskar MLQ på våren jämfört med referensperioden.

För de högre flödena HQ10, HQ50 och HQ100, flöden med statistisk återkomsttid 10, 50 respektive 100 år, är resultaten varierande utan tydliga trender. Osäkerheten är större med stort spann mellan de högsta och lägsta värdena från de olika scenarierna. Den tydligaste "trenden" är att flödena varierar mycket mellan åren och decennierna och att vi troligen får förbereda oss för att klara stora svängningar i avrinningen. Kurvorna HQ10, HQ50 och HQ100 har nästan identisk form för respektive vattendrag. För Vadsbäcken ser det ändå ut som om vi kommer att få uppleva ökningarna på ca 12-14 % och för Skenaån ökningarna med 6-8 % för HQ10-HQ100, figur 29. Återigen ska det poängteras att de resultat vi diskuterar rör medianvärdet av nio olika internationella klimatmodeller. I underlagsrapporten från SMHI redovisas spridningen mellan modellerna med ett grått fält för 25:e och 75:e percentilen. Detta spann är speciellt stort för högflödena. För Vadsbäcken varierar t.ex. framtida HQ100 från -5 % till +20 % med medianvärdet ca +12 %, se figur 29.



Figur 29. Förändring av HQ100 för Vadsbäcken, SMHI Rapport 2014/35.

När det gäller de absolut högsta dygnsflödena är de högre på sommaren i framtiden jämfört med idag. Under övrig tid kan man inte se ett sådant förhållande. De högsta flödena under året kommer, liksom idag, att inträffa under vinter, vår eller höst.

En tydlig trend är naturligtvis att avdunstningen, eller rättare evapotranspirationen, kommer att öka när temperaturen ökar. Avdunstningsalgoritmen i SMHI:s Hype-modell är inte platsspecifik och tar inte hänsyn till framtida förändring i markanvändningen varför den är förhållandevis grov. I det aktuella fallet kommer den årliga avdunstningen att öka med drygt 30 %, vilket innebär ca 140 mm större avdunstning jämfört med referensperioden. Vinter och vår ökar avdunstningen ännu mer.

Det bör observeras att det är skillnad på observerade data och simulerade data. Simuleringar görs vanligen för att visa vilka relativa effekter en eller flera förändringar av ingångsparametrarna ger. För att visa trender i tiden måste simuleringar göras. Vid simuleringar används vanligen generella modellparametrar som kan

avvika från de specifika parametrarna på plats. I klimatanalysen har all statistik beräknats från modellerade data från HYPE-modellen och med drivdata från klimatmodellerna (ej observerade indata). Enligt SMHI, Andreasson 2014, finns en stor risk att de modellerade värdena underskattar de verkliga flödena. Speciellt för Skenaån kan så vara fallet. När det gäller hydrologiska data som vattenhalter i mark, avdunstning och flöden bör modellerna framförallt användas som hjälpmedel för att visa på relativa förändringar och inte med syftet att ange absoluta tal.

Det ska också noteras att referensperioden 1961-1990 var torrare än perioden 1990-2014. Vi kan alltså redan idag säga att t.ex. flödena är högre än vid referensperioden.

Vattennivåer i diken och vattendrag

Vattennivåerna i Vadsbäcken och Skenaån kommer att förändras beroende på förändrade flöden och för Vadsbäcken också stigande vattenstånd i Östersjön. En framtida stigande temperatur gör också att den biologiska produktionen i vattendragen ökar, vilket också påverkar vattennivån.

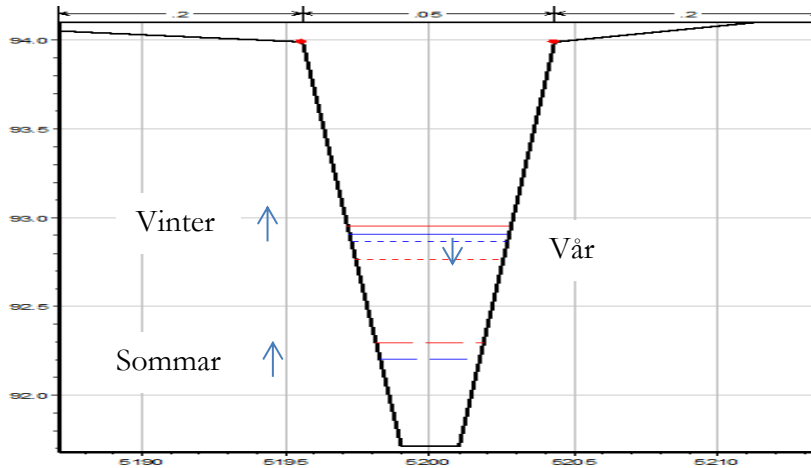
En tydlig trend är ökningen av havsvattenståndet, vilket påverkar Vadsbäcken som mynnar i Bråviken. Eftersom landhöjningen är ca 0,38 cm/år i området motverkar det vattenståndshöjningen, men från och med ca 2040 kommer vi att märka av att vattennivån stiger (nettoändringen större än 0). Vattennivåhöjningen framgår av tabell 6. Vid kraftiga vindar från öster kan uppstuvningen göra att vattennivåerna stiger ytterligare ca 15 cm.

Tabell 6. Framtida simulerade vattennivåer vid Vadsbäckens utlopp i Bråviken, SMHI Rapport 2014/35.

	År 2014	År 2100
HHW, högsta högvattenstånd (cm)	95	151
MHW, medelhögvattenstånd (cm)	60	116
MW, medelvattenstånd (cm)	0	56

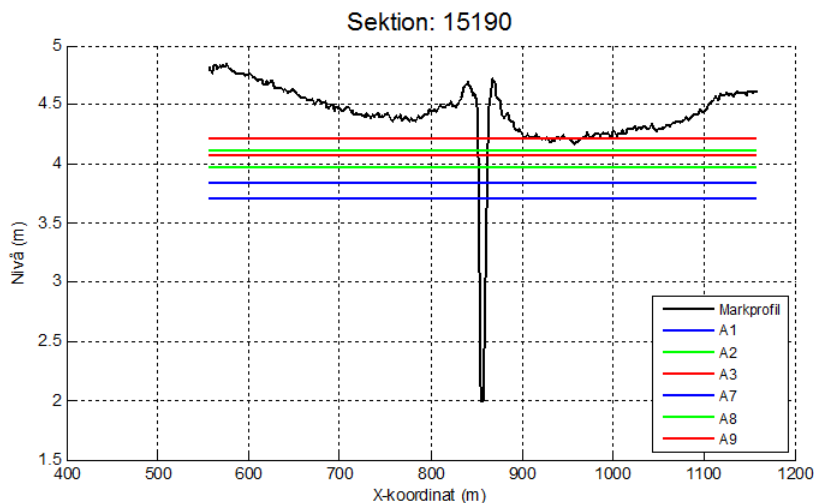
Eftersom förändringen i medelvattenflödet är litet blir också förändringen i medelvattennivån obetydlig. En liten sänkning av medelvattennivåerna under vår och höst är trolig i framtiden jämfört med referensperioden. För medelvattennivån sommartid finns ingen entydig trend utan det blir ungefär som idag. Små förändringar av medelvattennivån, framförallt sommartid, medför att dagens dräneringsförhållanden i stort sett blir oförändrade och att jordbruksproduktionen i det stora hela inte påverkas negativt med tanke på ”vattenfaktorn”. För Vadsbäcken kan en ökning av vattenståndet om 0,1-0,6 m noteras för sträckan från havet och 800 meter upp i bäcken på grund av den framtida havsvattennivåhöjningen. Längre uppström blir nivån i stort sett lika dagens. Det innebär att jordbruksmark som dräneras till Vadsbäcken inte kommer att påverkas negativt av havsnivåhöjningen.

Eftersom medelhögvattnenflödet, MHQ, under våren blir lägre och under sommaren sannolikt högre i framtiden kommer även vattennivåerna att reagera i den riktningen (Fig. 30). För båda vattendragen blir då ”medelhögnivån” under våren 5-10 cm lägre än idag (förutom för Vadsbäcken där de sista 800 metrarna före Östersjön får en högre nivå på grund av havsnivåhöjningen). Vintertid blir vattennivån ca 5 cm högre i framtiden och sommartid ännu något högre, speciellt i Vadsbäcken där simulerad nivå blir 10-20 cm högre än i dag vid medelhögvattnenflödet sommartid.



Figur 30. Förändring av vattennivåer på grund av säsongsvis medelhögvattnen, MHQ-säsongs, i Skenaån (sektion uppströms Storebro), Jordbruksverket (2015).

För Vadsbäcken kommer högflödena, HQ10, HQ50 och HQ100, att resultera i ökade vattennivåer om ca 5-10 cm uppströms det område som påverkas av havsnivåhöjningen. Vattennivåer motsvarande HQ100 blir ca 15-35 cm högre än motsvarande nivåer för HQ10 och ca 5-10 cm högre än nivåer vid HQ50, figur 31. I Skenaån ökar vattennivån i samma omfattning som i Vadsbäcken.

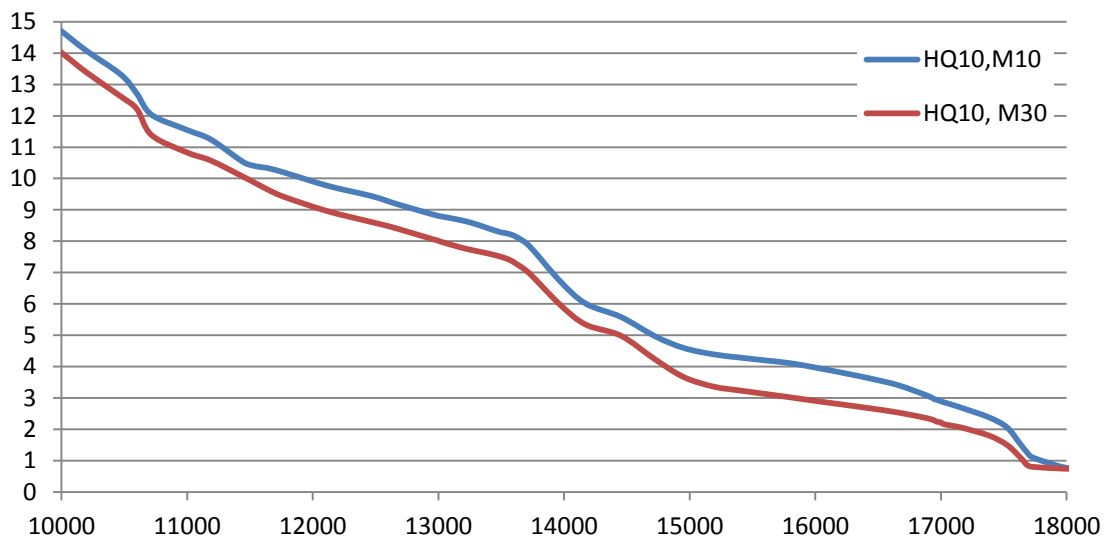


Figur 31. Vattennivå i en sektion i Vadsbäckens nedre del för HQ10 (A1 och A7, blå, låg är referensperioden och hög är framtid), HQ50 (A2 och A8, grön, låg är referensperioden och hög är framtid) och HQ100 (A3-A9, röd, låg är referensperioden och hög är framtid), DHI (2015).

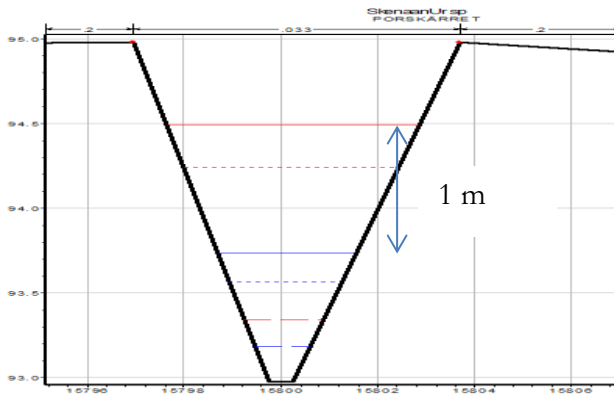
Simuleringarna med Mannings tal 10 resp. 30 ska representera ett igenväxt dike resp. ett välrensat dike, figur 32. I genomsnitt ökar vattennivån i Vadsbäcken med ca 0,65 m (0,4-1,1 m) för HQ10 och HQ100 och 0,24 m (0,12-0,38 m) för MHQsommar om diken är igenväxta jämfört med om de är kortklippta, figur 33. Motsvarande för Skenaån är 0,75 m (0,3-1,1 m) för högflödena och 0,11 m (0,04-0,17 m) för MHQsommar, figur 34.



Figur 32. Exempel på kraftigt igenväxt dike och ett dike som underhållits.

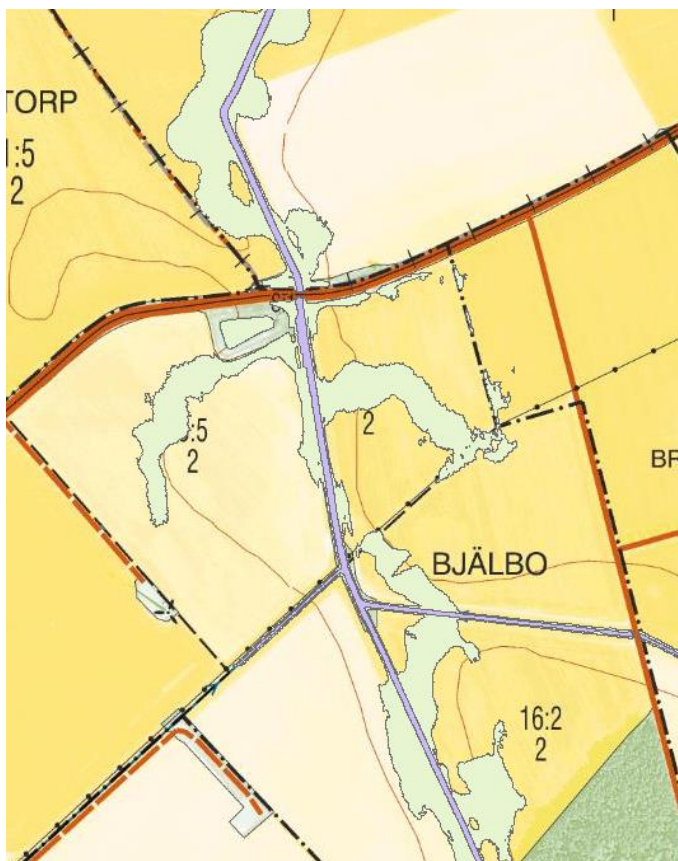


Figur 33. Vattennivå i en sträcka i Vadsbäckens nedre del som visar skillnaden mellan ett välrensat dike, M30 (röd), och ett igenväxt dike, M10 (blå) vid flödet HQ10.

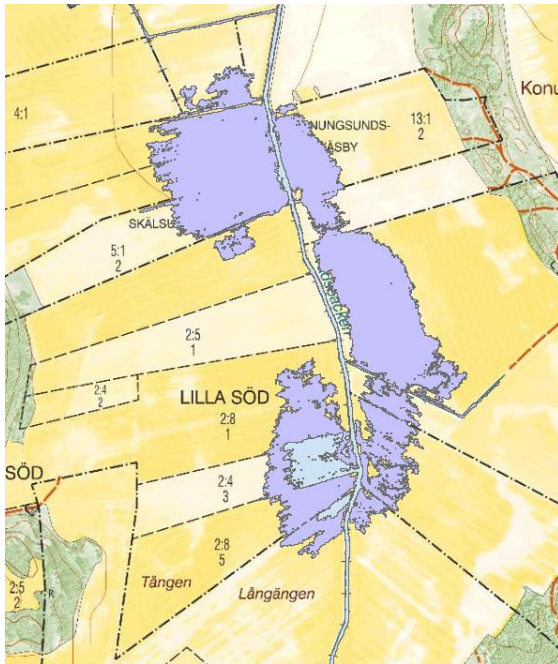


Figur 34. Vattennivån i dike i Skenaån om det är väl underhållet (M30) jämfört med om det är kraftigt igenväxt (M10) för flödena HQ100 (heldragen röd och blå linje), HQ10 (prickad röd och blå linje) och MHQ-sommar (streckad röd och blå linje), Jordbruksverket (2015).

Vattennivåns relation till omgivande markyta är naturligtvis viktig att känna till både för jordbruksproduktion och för näringsförluster. Vid HQ50-100 kommer vatten att stiga upp till dikets kant och rinna ut över delar av området både för referensperioden och för framtidssimuleringen, figur 35-36.



Figur 35. Exempel på skillnad i översvämmad yta vid högflöde när Skenaån är väl underhållen (lila) jämfört med bristfälligt underhåll/ mycket växtlighet (ljusgrönt), Jordbruksverket (2015).



Figur 36. Översvämmade ytor i Vadsbäcken vid hundraårsflödet, HQ100, välklippt dike (blå) respektive vid tioårsflödet, HQ10, igenväxt dike (lila), DHI (2015).

Vattennivån stiger ca 0,2 m högre när diket är igenväxt vid HQ10 (6,2 m³/s) jämfört med när diket är välklippt trots att flödet är högre HQ100 (8,6 m³/s). För HQ100 med igenväxt dike stiger vattenytan ytterligare ca 0,2 m.

Med den typ av endimensionell hydraulisk simulering som utförts erhålls också vattnets medelhastighet längs vattendraget. Vattenhastigheten som är avgörande för erosion, transport och sedimentation av partiklar varierar i vattendragets tvärsnitt beroende av närhet till botten och sidor, jordarter och växtlighet i diket samt diket geometri. Eftersom det är den lokala hastigheten som bestämmer erosionens storlek



Figur 37. Skred/erosion i Vadsbäcken.

kan genomsnittshastigheter bara användas översiktligt för erosionsbedömningar. Empiriska sammanhang för erosionsbenägenhet, medelhastighet och jordart med ensartad kornstorlek finns emellertid beskrivet i litteraturen. I grova drag visar dessa att redan vid vattenhastigheten 0,2 m/s kan erosion initieras i grov silt-fin sand. För att grov sand ska eroderas fordras vattenhastigheter om ca 0,5 m/s. Lera är mer svåreroderat eftersom de elektrostatiska krafterna mellan kornen gör att de kittas fast på ett helt annat sätt än sandkorn och grövre material (Fig. 37). Erosion av lera kräver därför högre skjuvkrafter och vattenhastigheter om minst 2 m/s. När väl lerpartiklarna ryckts loss kommer de däremot att hålla sig svävande i vattenvolymen under mycket lång tid. För de höga flödena HQ10-100 är medelhastigheten ca 0,5 m/s och den maximala me-

delhastigheten ca 1,15 m/s i Vadsbäcken och 15-30 % lägre i Skenaån. Vid medelflöde är hastigheten ca 0,1 m/s och vid medelhögvattenflödet, MHQ drygt 0,3 m/s. Eftersom jordarten i Vadsbäcken är lera sker knappast någon erosion av dikets kanter och botten under normala flödesförhållanden. Skenaåns avrinningsområde utgörs till stor del av erosionskänslig sand och silt, men inom det studerade området går själva ån också fram i lerområden till ca 30 %. Erosion av partiklar i vattenfåran är därför större i Skenaån än i Vadsbäcken. Eftersom de grövre partiklarna sedimenterar mycket snabbare än lerpartiklar och dessutom är associerade till lägre halter fosfor blir ändå transporten av fosfor större från det leriga området Vadsbäcken. En väsentlig del av det suspenderade materialet i vattendragen kommer förstås från omgivande åkermark, vilka avger mer partikulärt fosfor om de är leriga jämfört med om de är sandiga. Erosionen från åkermark påverkas framförallt av nederbördens intensitet och varaktighet, jordbearbetning, gröda, topografi/lutning och jordens vattenhalt. Även släntlutning och vegetation längs dikeskanter påverkar erosion (Fig. 38 och 39).

Framtida varmare somrar leder till en ökad uttorkning och uppsprickning av markens ytskikt vilket gör att leraggregat lättare kan sköljas iväg från åkermark och ner i diket när det kommer ett kraftigt regn. Vintertid kan ökad nederbörd på snöfri mark också leda till mer erosion.



Figur 38. Trädrötter kan "armera" strandkanterna och skydda mot erosion, Vadsbäcken.

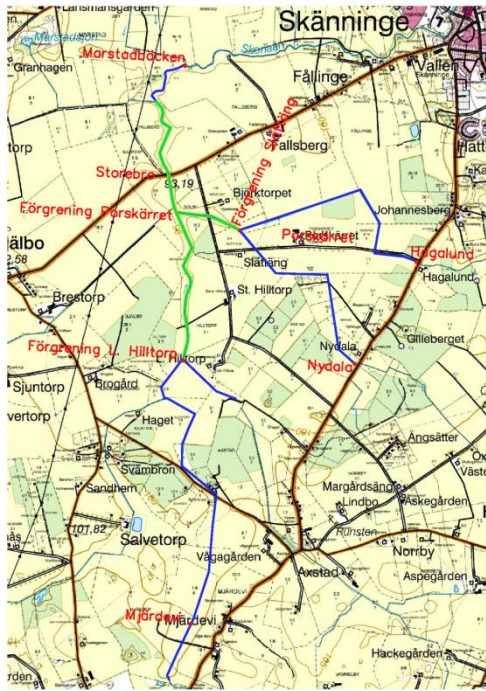


Figur 39. Erosionsrisk när lerjorden lämnats bar vid dikesrensning.

En åtgärd för att minska vattenhastigheten och därmed minska erosionen och öka sedimentationen är att anlägga ett tvåstegsdike, se figur 40. En effekt av diket är också att vattennivån vid höga flöden blir lägre jämfört med ett konventionellt trapetsformat dike. Den hydrauliska modellen i Skenaån och Vadsbäcken kompletterades med tvåstegsdiken och vattennivåer beräknades sedan för ett antal flöden. Tvåstegsdikena utformades så att vattennivån vid medelflödet nådde upp till terrassen och terrassernas bredd gjordes 1,5 ggr bredare än mittfåran. Tvåstegsdikenas placering i modellsimuleringen framgår av figur 41 och 42.



Figur 40. Exempel på tvåstegsdike, Skärkind, med en mittfåra för normala flöden omgiven av två terrasser dit vattnet stiger vid höga flöden.

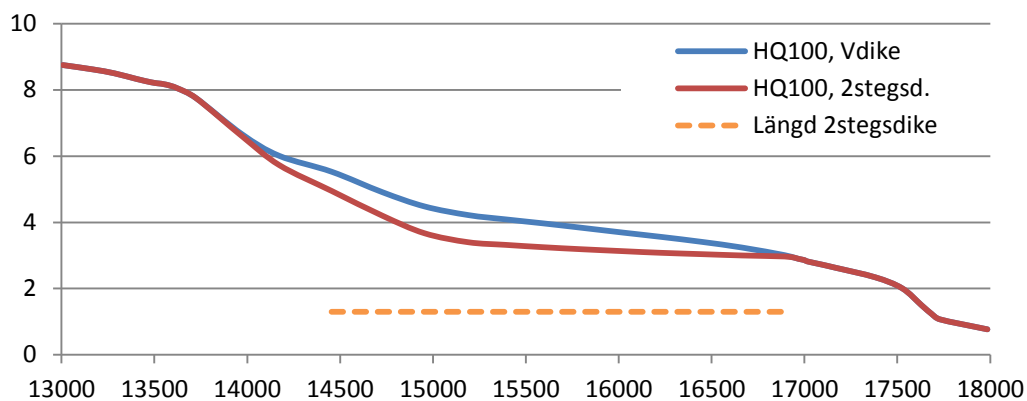


Figur 41. Grön markering är sträckan för simulerat tvåstegsdike i Skenaån. Blå markering är det område som ingår i modellen Jordbruksverket (2015).

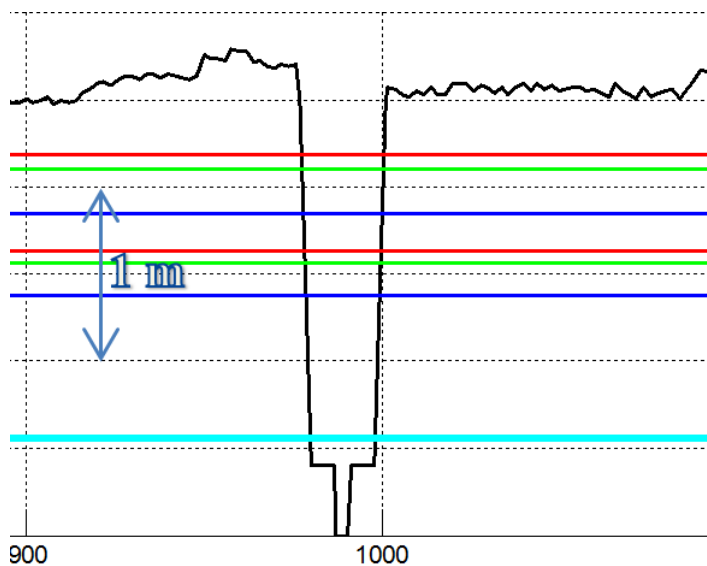


Figur 42. Grön markering är sträckan för simulerat tvåstegsdike i Vadsbäcken.

Enligt simuleringen av tvåstegsdike i Vadsbäcken blir den maximala sänkningen av vattenytan vid HQ50-100 ca 0,8 m, figur 43 och 44. För MHQ-sommar blir sänkningen mindre än 0,1 m.

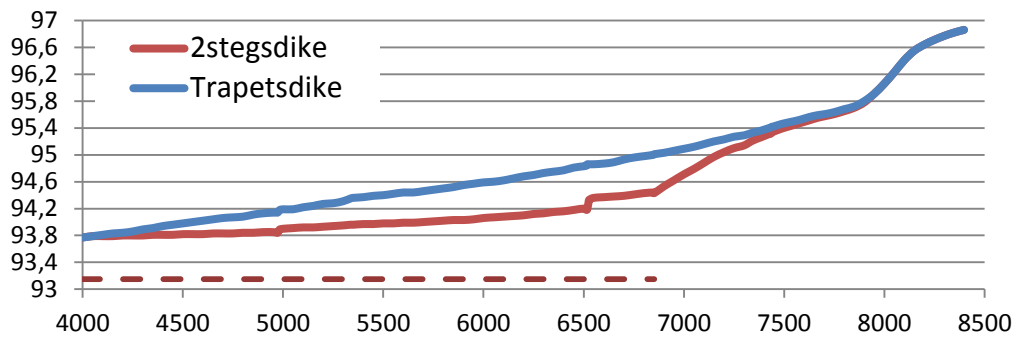


Figur 43. Vattennivå i Vadsbäcken längs sträcka som simulerats med flödet HQ100 för befintligt dike, blå linje, och för tvåstegsdike, röd linje.

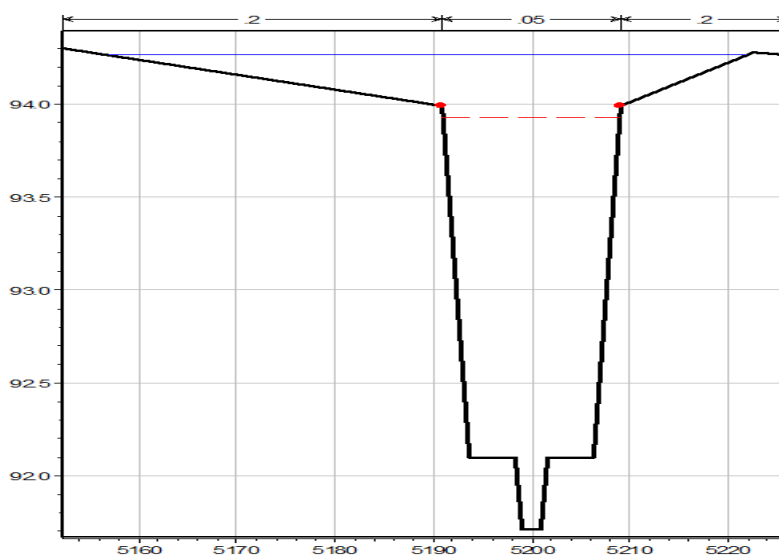


Figur 44. Vattennivå i tvåstegsdike jämfört med befintligt dike i nedre delen av Vadsbäcken för flödena HQ100 (röd), HQ50 (grön), HQ10 (blå) och MHQ, sommar (ljusblå). För respektive flöde gäller den högre linjen dagens dike och den lägre tvåstegsdiket. För MHQ-sommar syns ingen skillnad, DHI (2015).

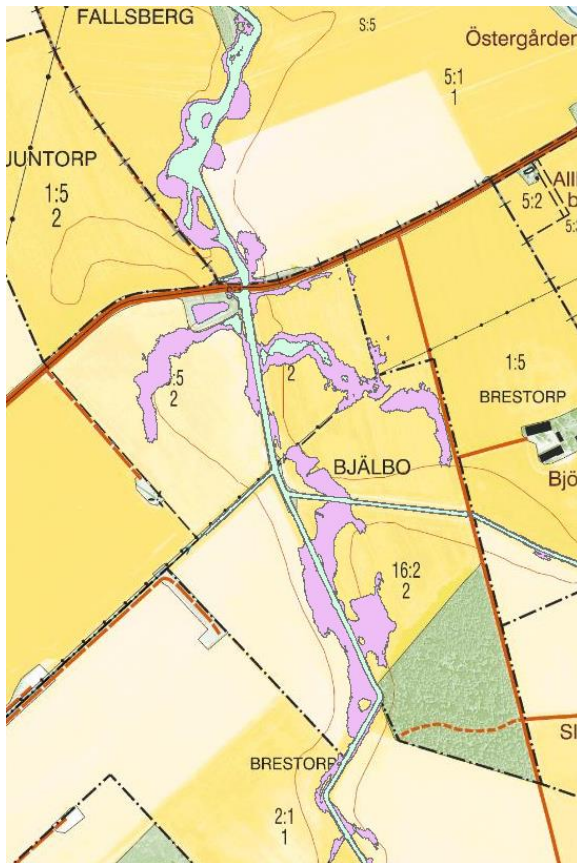
I Skenaån blir den maximala sänkningen av vattenytan vid HQ50 ca 0,7 m och den uppkommer i området Lilla Hilltorp och en km nedströms, figur 45-47. Längs en sträcka av ca 3,2 km i huvudfåran och biflöden kommer vattennivån att sänkas 0,4 m eller mer om tvåstegsdiket anläggs.



Figur 45. Vattennivå i tvåstegsdike (röd linje) jämfört med vattennivå i befintligt dike (blå linje) för flödet HQ50dim i Skenaån, sträckan Mjärdevi-Marstadbäcken. Tvåstegsdiket är markerat med röd streckad linje.



Figur 46. Vattennivå i tvåstegsdike (röd streckad) jämfört med befintligt dike (blå heldragen) för flödet HQ50dim i Skenaån, sektion strax söder om Storebro, Jordbruksverket (2015).



Figur 47. Översvämmat område, lila (befintligt dike) och ljusblått (tvåstegsdike) längs Skenaån vid femtioårsflödet, HQ50, dim Jordbruksverket (2015).

Slutsatser och diskussion

Scenarierna för framtida klimat och hydrologi samt de vattenståndsberäkningar som utförts med dessa som grund visar på både negativa och positiva aspekter för jordbruk och miljö. För jordbrukets del kommer naturligtvis den högre temperaturen (och högre halten av koldioxid i luften) samt den förlängda vegetationsperioden att vara positivt och ge en ökad produktion och skörd. Den ökade temperaturen vintertid gör att marktemperaturen inte kommer att sjunka under noll grader och därmed kommer det inte att bli någon tjäle. Klimatsimuleringen visar t.ex. att den första femdagarsperioden med temperatur under noll grader på hösten kommer ca 15 december och den första femdagarsperioden med temperatur över noll grader kommer ca 5 januari. Det innebär att den jordförbättrande struktur som skapas av frysning/upptining minskar och jorden blir tätare och mer svårbehandlad. Speciellt märkbart kommer det att vara på lerjordar, typ Vadsbäcken. Sandiga jordar som de i Skenaåns avrinningsområde påverkas i betydligt mindre grad. Å andra sidan kommer det antagligen att uppstå fler perioder med sommartorka i framtiden, vilket innebär att torksprickor blir vanligare. Dessa ökar ofta infiltrationen för lång tid framöver. En stor nackdel är att dessa så kallade makroporer kan öppna en 0,5-1 m djup kanal för transport av näringsrikt vatten direkt ner till dräneringen och ut i diket. Avsaknaden av tjäle och en ökad risk för sämre markstruktur och mer markpackning gör att ytavrinningen av vatten kan öka. Det gäller speciellt vintertid då nederbörden ökar mest och framförallt på snöfri mark. Detta i kombination med att det blir fler dagar med

skyfall kan leda till större transport av partiklar och därmed fosfor från åkern till vattendraget. Ytavrinningen under våren minskar eftersom snömagasinet är betydligt mindre och jorden inte är frusen, vilket normalt leder till ytavrinning vid regn eller hastig snösmältning.

Torrare somrar med lägre markfukt är antagligen gynnsamt för jordbruket i båda fokusområdena även om det naturligtvis spelar stor roll hur vattnet, eller bristen därpå, fördelar sig i tiden. Detsamma kan sägas för erosionspotentialen som i huvudsak minskar när jorden är torr. För lerområden finns det ett samband mellan blöta områden och ökad erosion.

För åkerdräneringen kan det vara en nackdel med varmare och längre somrar som gör att vegetationen i diket växer mer samtidigt som medelflödet sommartid ev. ökar något. Som visats i simuleringarna har underhåll av diken stor betydelse för vilka vattenstånd som uppkommer.

Lägre avrinning, lägre grundvattennivåer och lägre markfuktighet under våren gör att bärigheten för jordbruksredskapen ökar och möjligheterna ser därmed bra ut när det gäller att kunna utnyttja den längre vegetationsperioden i Östergötland.

Erfarenheter av metoden

I projektet har SMHI:s Hype-modell använts för att ta fram hydrologiska data för en referensperiod och för framtiden. Dessa data har sedan varit input till hydrauliska modeller för beräkning av vattenstånd. Vilka lärdomar kan man dra av metodiken?

I projektet har vi varit intresserade av framtida förändringar i alla typer av flöden, men inte nödvändigtvis flödenas absoluta värde i m^3/s . Om inriktningen däremot är att fokusera på ett specifikt extremt förhållande kan denna typ av ”breda” simulering ge ett alltför osäkert resultat för det specifika förhållandet.

Det är viktigt att fokusera på årstider, helst månader om det hade varit möjligt, både med tanke på jordbruksproduktion och erosion/fosfortransport. Årsmedelvärden är här mindre intressant.

När det gäller simulerade flöden var trender och osäkerhet acceptabel för flöden upp till medelhögvattenflöden. Vid högflödena HQ10-100 blev osäkerheten betydligt större och scenarierna kunde visa på både ökande och minskande flöden.

Hydraulisk modellering är intressant att använda om det visar sig att flödena förändras kraftigt i framtiden. Vid mindre förändringar kan först enklare handräkningar utföras för att få en koll på ungefärlig påverkan innan en modell sätts upp.

Att sätta upp en fullständig modell är dyrt bl.a. eftersom det fordras mycket indata och fältarbete. Dagens nationella höjddatabas ger väsentligt minskade kostnader jämfört med tidigare, vilket gör att kvaliteten på indata också ökat.

Problem- och riskområden för erosion och när-saltsläckage

Åtgärder som till exempel skyddszoner, våtmarker och tvåstegsdiken gör störst nytta där det finns risk för ytavrinning och erosion, där partikelbunden fosfor riskerar att hamna i vattendrag. För att uppnå största effekt är därför en strategisk placering av åtgärderna viktig. En analys av avrinningsområdet är därför viktig för att beskriva den lokala problembilden för övergödning och erosion. Lerjordar kan binda stora mängder fosfor. I områden med hög andel lera kan därmed ofta erosion vara en stor källa till fosforläckage från jordbruksmark till vattendrag vilket leder till övergödning. Stor påverkan har även hur mycket och när man bearbetar jorden och hur mycket, var och när man gödslar. Detta finns dokumenterat som läckagekoefficienter (SMED, PLC5) och baseras på fältförsök.

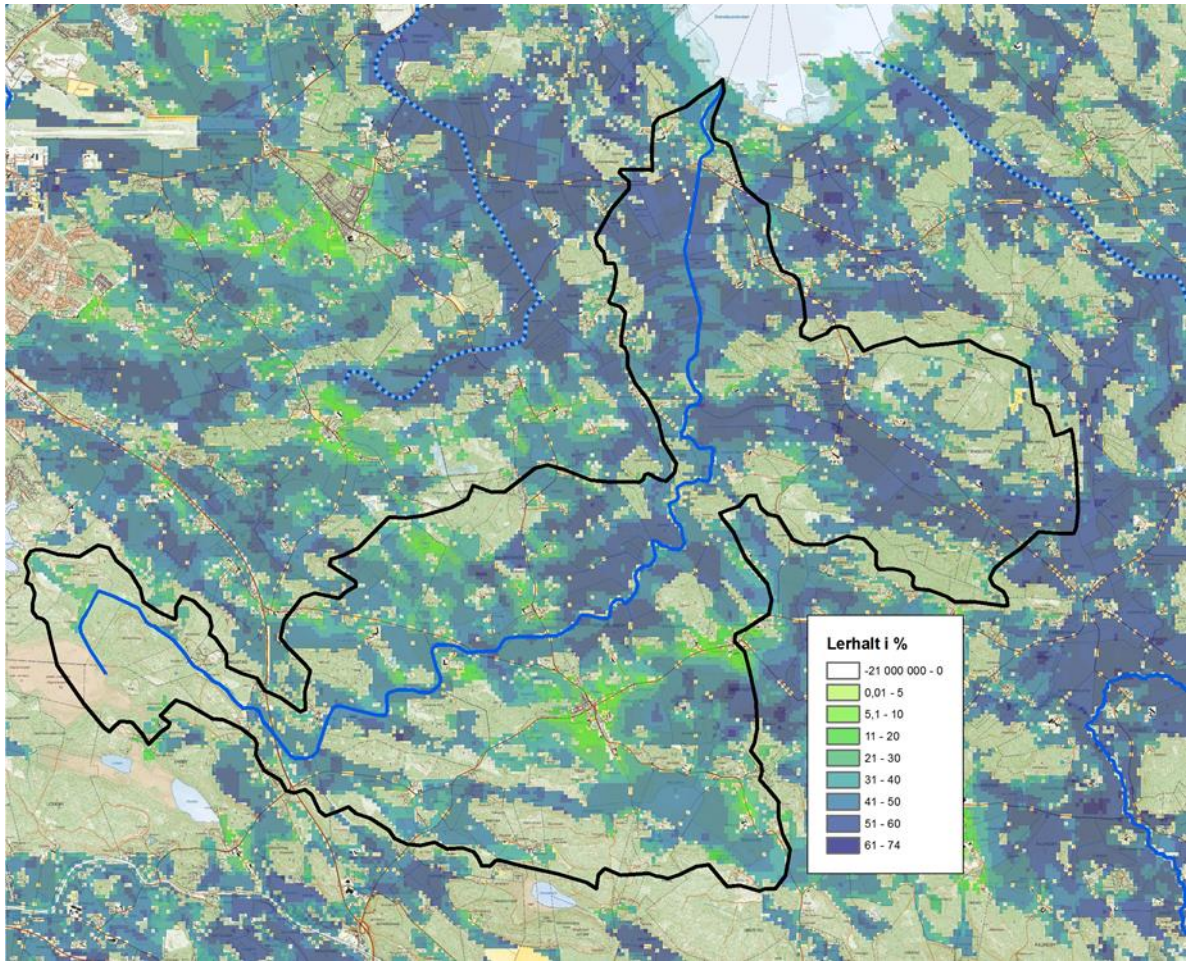


Vattenprovtagning genomfördes för att mäta turbiditet.

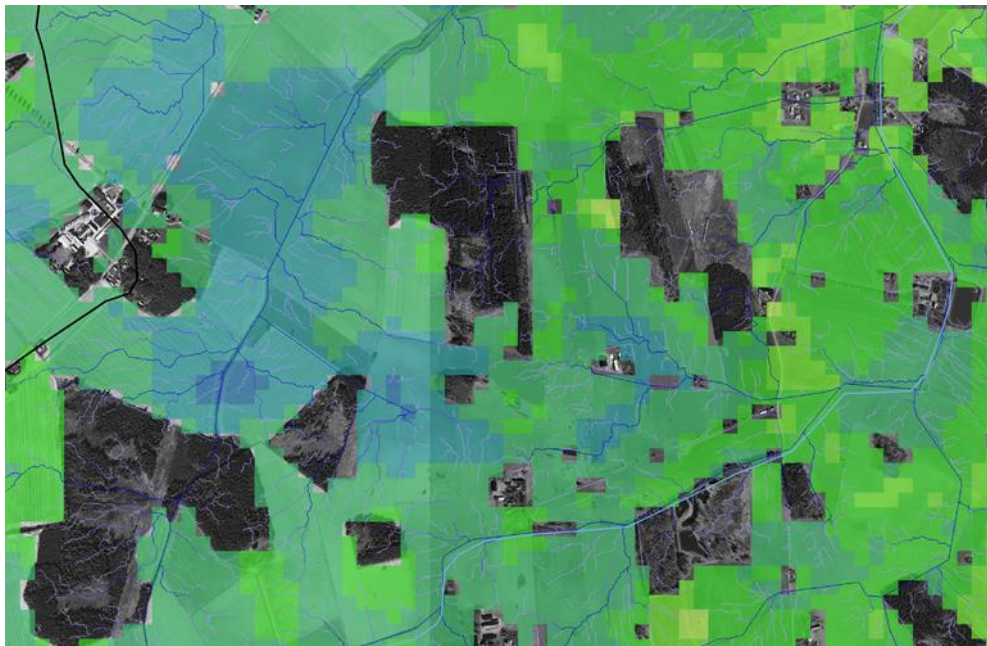
Resultaten från höjddataanalysen och den hydrauliska modelleringen visar riskområden för erosion och översvämning. För att sedan se övergödningens problemen på den lokala skalan finns idag inga tillförlitliga modeller att använda. För att analysera områdets övergödningens problematik tittade vi därför på jordart, markanvändning och har utfört turbiditetsmätningar längs vattendragen. Tillsammans kan dessa faktorer ge en bild av var vi kan ha stora erosionsproblem och övergödningens problem.

Resultat GIS-analys

Generellt läcker en lerjord mer fosfor än en mer sandig jord och en mer sandig jord läcker mer kväve. Potatis läcker generellt mer kväve och fosfor än stråsåd. En annan viktig faktor är även fosforhalten i marken. Läckagekoefficienter och storskaliga modeller visar dock att jordarten ofta är det som har störst betydelse för fosforläckage. I GIS-analysen tittade vi därför speciellt på riskområden för erosion som hade en hög lerhalt för att se var de största fosforläckagen borde äga rum. Vadsbäcken är det område som har högst lerhalter och vi kunde här se i resultaten från GIS analysen att lerhalterna varierar, men till stor del följer dalgångarna (Fig. 48). Lerhalterna följer även ofta de vägar vattnet skulle ha tagit om området var odränerat (Fig. 49: Flow acc, mörkblå områden visar på hög lerhalt). Kombinationen av höga lerhalter och stor risk för ytavrinning gör att dessa områden har stor risk för fosforläckage och här bör åtgärder vara effektiva. Även odling inom översvämningens område (Fig. 36) är skattat som riskområde för fosforläckage.

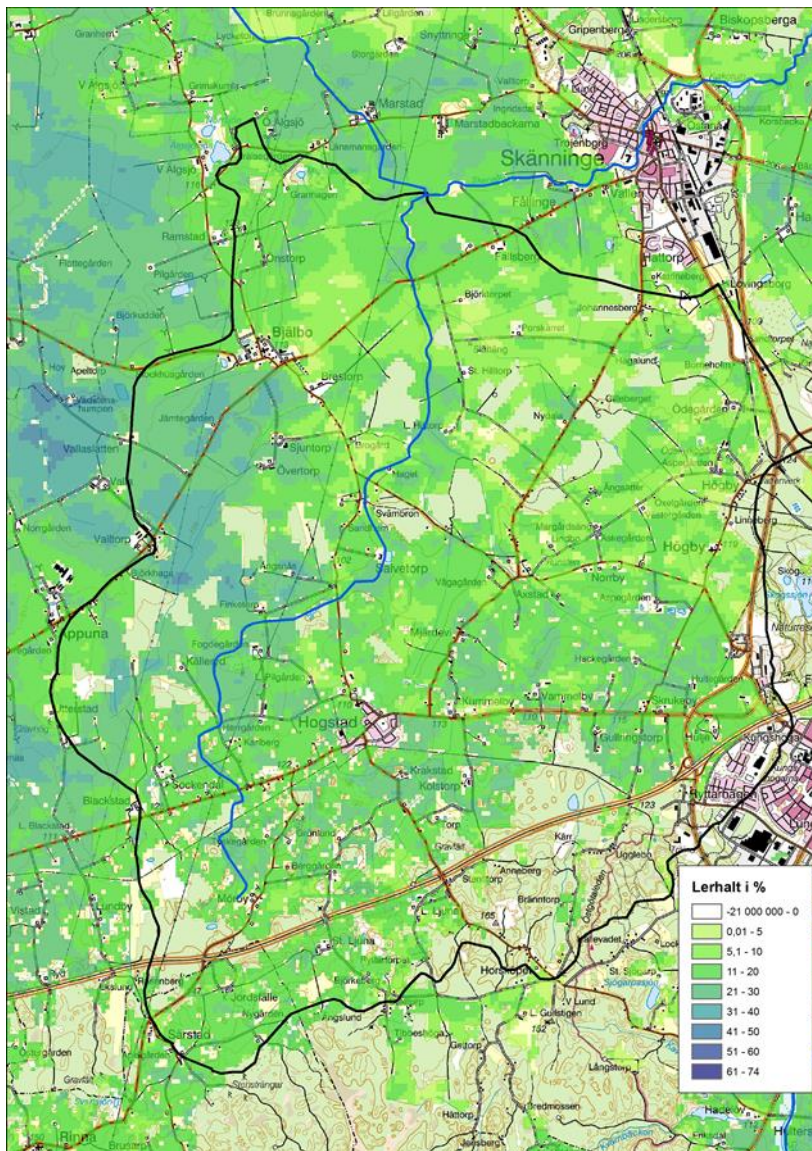


Figur 48. Ett GIS-skikt över lerhalter i Vadsbäcken (SGU).



Figur 49. Lerhalter och ytavrinning (Flow acc).

I Skenaån odlas en del potatis vilket gör att utlakningen av både fosfor och kväve är hög. Även i Skenaåns avrinningsområde tittade vi på andelen lera. Resultatet visade dock på ett delvis annat mönster och lerhalterna följer inte bäcken på samma sätt (Fig. 50), dock följde lerhalterna ofta de vattenvägar som vattnet skulle tagit om området hade varit odränerat (Flow acc). I Skenaån vägdes även områden med potatis- och rotfruktsodling in i analysen (Figur visar ej pga. personuppgifter). Riskområden för närsaltsläckage i Skenaåns avrinningsområde markerades för områden med potatis- och rotfruktsodling, samt för områden med höga lerhalter och stor ytavrinning (Flow acc) samt för odling inom över-
svämningsområdet (Fig. 35).



Figur 50. Ett GIS skikt över lerhalter i Skenaån (SGU).

Underlag har även tagits fram på olika grödor och djurenheter, men figurer över detta visas ej pga personuppgifter. Underlaget har visat sig vara ett mycket bra och billigt diskussions- och rådgivningsunderlag. Fortsättningsvis kommer vi att använda materialet som diskussionsunderlag vid rådgivning. Vi kommer därigenom mer lokalt se hur väl riskkartorna stämmer överens med verkligheten.

Turbiditet och fosforkoncentrationer

I Vadsbäcken består jordarna till stor del av lera och innehåller rikligt med fosfor bundet till lerpartiklarna. Vid erosion från jordarna grumlas vattendraget och fosfor transporteras ut till Östersjön. Studier har visat att mätning av turbiditet kan användas för att uppskatta koncentrationen av totalfosfor i Östergötlands kustmynnande vattendrag (Åberg, 2014).

I Skenaån utfördes mätningar under ett tillfälle och turbiditeten varierade från 17 till 30 ftu, vilket är lågt jämfört med Vadsbäcken under samma tid som varierade mellan 29 och 94 ftu. Fosforkoncentrationerna är även betydligt högre i Vadsbäcken, 200 µg/l, än i Skenaån, 60 µg/l. Provtagning utfördes mer intensivt i Vadsbäcken för att hitta lokala problemområden för erosions- och närsaltsläckage. Provtagningen i vattendraget skulle ske inom så kort tidsperiod som möjligt (synoptiskt) för att få så jämförbara resultat som möjligt. De synoptiska provtagningarna i Vadsbäcken har gett en ögonblicksbild över vattendragens grumlighet (Figur 51).

Resultaten från provtagningarna visar olika mönster. Provtagningarna skedde under november 2012, november 2014 och februari 2015. Under november 2012 kunde höga värden visas i de övre delarna där jordbrukspåverkan var stor, och där diken var lite mindre (Fig. 52). Längre nedströms uppmättes lägre turbiditetsvärden där jordbrukspåverkan fortfarande var stor, men bäcken var större. Provtagningsomgångerna under november 2014 och februari 2015 visade en annan bild, med högre grumlighet i de nedre delarna av bäcken. En möjlig förklaring för den första provtagningsomgångens skulle kunna vara att partiklar eroderar och sedan sedimenterar under denna flödessituation när bäcken blir större och ibland mer meandrande (Figur 53). När partiklarna har sedimenterat uppmäts låga värden trots att partiklar ligger i sedimenten. De senare provtagningarna visar en omvänd situation (B och C), med högre grumlighet i de nedre och större delarna av bäcken. Detta skulle kunna indikera en flödessituation där det sedimenterade materialet i de nedre delarna resuspenderar till vattenfasen och därmed åter ger hög grumlighet i vattnet.

Det är svårt att få en bra bild över erosion- och fosforförluster med genom mätningar eftersom koncentrationer kan variera kraftigt och snabbt i tid och plats. En studie i Skenaån visade att fosforkoncentrationerna vid snösmältningen kunde förändras från 28 µg/l till 220 µg/l på bara 24 timmar då även vattenflödet ökade från 11 till mer än 10 000 l/s (Johannesson, K. 2015). Tidigare kontinuerliga mätningar i Jonsbergsåns utlopp visar att turbiditeten är hög precis när flödet ökar (Fig. 54). Detta har man även tidigare sett för fosfor i andra studier. Troligtvis spolas de partiklar som sedimenterat i vattendragen ut vid det första högre vattenflödena.

Resultaten från turbiditetsmätningarna i Vadsbäcken visar dock att åtgärder är viktiga även högt upp i avrinningsområdet, i de små diken, för att minska erosion av partiklar vid flödestoppar i jordbrukspåverkade områden. Mätningarna kan användas för att motivera åtgärdsarbete inom högbelastade områden. Länsstyrelsen Östergötland erbjuder även markägare att låna turbiditetsmätaren för att man ska ha möjlighet att själv mäta hur grumligt vattnet är i olika områden och under olika tider och flöden.

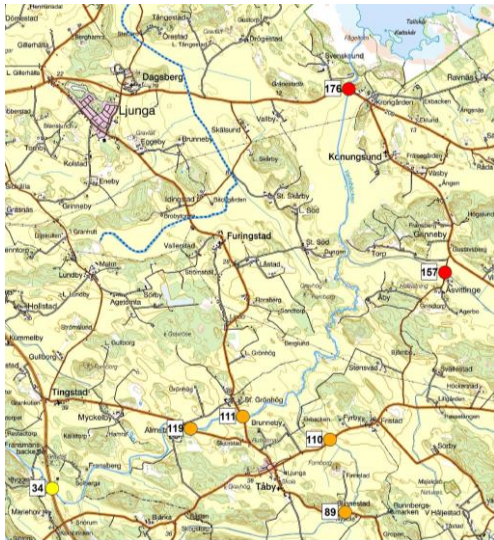
A



B



C



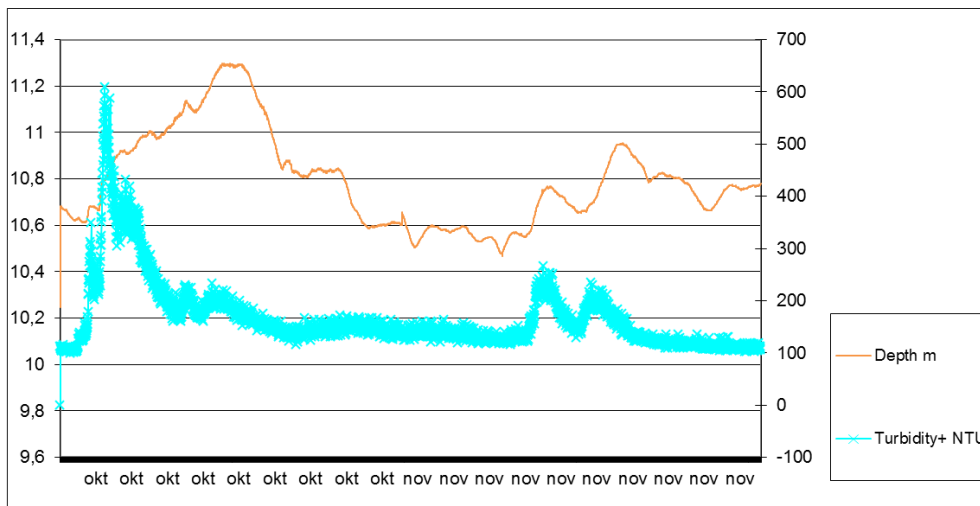
Figur 51. Turbiditetsvärden (FTU) i Vadsbäcken vid olika tidpunkter, A) November 2012, B) November 2014 och C) Februari 2015.



Figur 52. Mindre bäckar högre upp i Vadsbäckens avrinningsområde.



Figur 53. Vadsbäcken närmare mynningen.



Figur 54. Kontinuerliga mätningar av vattendjup och turbiditet nära utloppet av Jonsbergsån under oktober och november 2012.

Övergödning och klimatförändringar

Idag är de modeller som finns tillgängliga anpassade till större skalor och framför allt finns det inte tillräckligt med lokala data för att driva modeller som fungerar bra på en mycket lokal nivå, till exempel ett litet avrinningsområde. I det fortsatta arbetet behöver ytterligare lokala data tas fram. Vilken lerhalt och hur mycket fosfor som finns lagrat i marken kan vara viktig information att samla in lokalt för att kunna driva mer lokalt anpassade modeller och på ett säkrare sätt kunna rikta effektiva åtgärder.

Åtgärder för att förbättra den ekologiska statusen och vattenkvaliteten i studerade områden är förhållandevis oberoende av klimatförändringen. Förändringarna av klimatet är så pass små enligt utförda klimatmodelleringar att de åtgärder som används idag också i fortsättning är aktuella. Inriktningen på åtgärderna bör antagligen ytterligare fokuseras på fosfor och möjligheterna att minska erosionen vintertid samt fånga upp partiklar som transporteras från åkermarken. Denna slutsats bygger på bedömningen att ytavrinning och partikeltransport kommer att öka vintertid. Närsaltsläckaget påverkas också om valet av gröda förändras. Andra grödor kan behöva mer markbearbetning, bearbetning av jorden på andra tider eller mer gödsling. Ett annat val av gröda skulle därför kunna ge en förändring av närsaltsläckagen i området. För att klara behovet av att minskad transport av fosfor, måste åtgärder sättas in på fältet, i diket och vid diket utlopp. Vilka åtgärder och i vilken omfattning de ska utföras beror naturligtvis mycket på lokala förhållanden. I Vadsbäcken kan strukturkalkning kombinerat med effektivt placerade kantzoner/anpassade skyddszoner, avfasning och klippning av dikeskanter, fosforfällor/våtmarker och tvåstegsdike vara bra metoder. I Skenån transporteras troligtvis en stor del av växtnäring ut via dräneringsrören och åtgärder bör därför sättas in för att fånga näringen där. Kalkfilterdiken parallellt med ån, mindre fosforfällor i dräneringen, våtmarker, tvåstegsdiken etc.

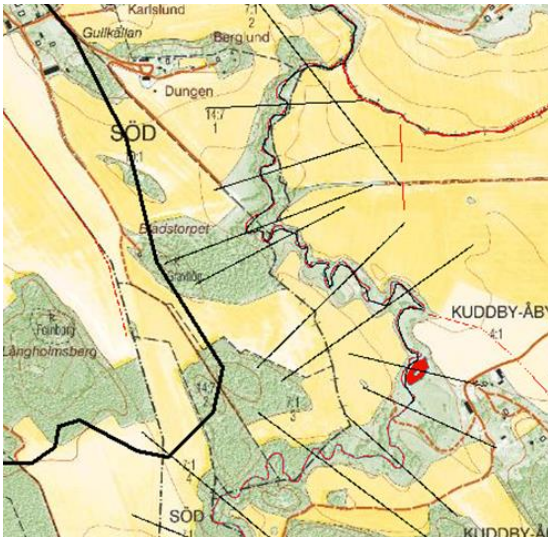
Åtgärder för gynnad produktion och minskad övergödning

Oavsett klimatförändringar behövs det åtgärder för att minska uttransporten av näringsämnen, framförallt fosfor, från jordbruksstäta områden. Dels finns det åtgärder att utföra på åkern. Hur mycket som gödslas, vad som gödslas och hur, var och när man gödslar. Olika metoder för jordbearbetning och olika tidpunkter påverkar även både gröda och miljö på olika sätt.

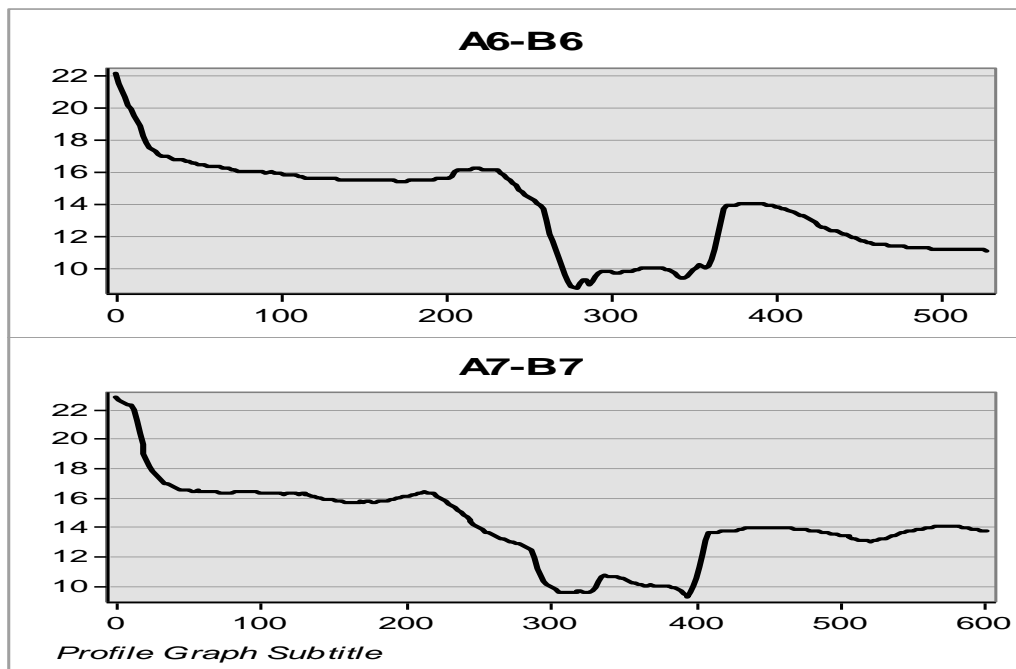
En annan åtgärd är täckdikning, som påverkar produktionen positivt, men som kan påverka miljön både positivt och negativt. Positivt för att ytavrinningen minskar från fälten, men däremot negativt eftersom upphållstiden för vattnet och ut i vattendraget minskar och därmed även tiden för att fosfor ska hinna tas upp eller bindas in i mark och växter. Täckdikning utförs företrädesvis med kalk i återfyllnadsgruset, som gör att ytavrinningen och därmed transporten av lerpartiklar minskar. I ett lerområde som Vadsbäcken är det viktigt att dräneringen fungerar inte bara för produktionen utan också för att minska fosfortransporten. Metoden att blanda in släckt eller osläckt kalk i återfyllnadsmassorna, så kallade **kalkfilterdiken**, är endast prövat i liten utsträckning, men det finns positiva resultat från försöken. Kalkfilterdiken ska anläggas parallellt med höjdkurvorna vilket innebär att befintliga täckdiken normalt sett inte ligger optimalt. En annan metod som också gynnar produktion och miljö är **strukturkalkning**. Kalkinblandningen i matjordsskiktet gör att jordens struktur förbättras så att ytavrinning minskar och fosfor fastläggs i jordprofilen. Metoden fungerar endast i lerjordar och passar därför bra i Vadsbäcken. Metoden har redan använts i området med stöd av LOVA. För att förhindra ytavrinning och uttransport av partikulärt fosfor kan också **anpassade skyddszoner och kantzoner** anläggas. Dessa bör anläggas där det finns tydliga erosionsproblem och gärna bidra till att skugga vattendragets vattenyta. Lokal kännedom, flygbilder och speciellt framtagna GIS-produkter ger stöd för att placera dessa rätt. En annan källa till fosforförluster är erosionen i dikesslänter. Underhåll i form av **skonsam klippning** av vegetation i dikena istället för grävning som dels medför grumling, och dels medför risk att grässvålen tas bort samt ofta att slänten blir brantare, kan genomföras i alla diken som har underhållsbehov. Genom att anlägga **tvåstegsdiken**, kan slänter göras flackare och beväxta, vilket motverkar erosion och fosforförluster. Dessa åtgärder påverkar inte produktionen negativt och de kan t ex utföras i uträddade delar av Vadsbäcken. I Skenaån, med mindre transport av fosfor, är åtgärden inte lika kostnadseffektiv.

Våtmarker är ett effektivt sätt att fånga upp fosfor såväl som att bryta ner kväve till kvävgas. När det gäller våtmarker anses det att en effektiv våtmark bör utgöra minst 1 % av tillrinningsområdet och en **fosfordamm** som anläggs så att den tar emot en hög koncentration av fosfor bör utgöra minst 0,1 % av tillrinningsområdet. I Skenaån är det svårt att hitta fallsträckor som är lämpliga för uppdamning. Här måste våtmarker och dammar anläggas med schaktning så att vattenytan i våtmarken inte kommer så högt att åkermarkens dränering påverkas. Det medför att den aktiva våta volymen inte blir större än ca en tredjedel av den totalt urschaktade jordvolymen. Om våtmarkerna anläggs som kombinerade bevattnings-/miljödammavskilda från diket och med inpumpning av vattnet kan större mängder vatten tas in i dammen. I Vadsbäcken kan våtmarker också skapas genom mindre dämningståtgärder mellan utloppet och väg 209 samt i delar av det meandrande området. I detta område ligger åbotten i nedskurna raviner djupt under omgivande markyta, se tvärsnitt i Figur 55 – 56. Vid anläggande av

dammar är det dock viktigt att alltid utforma och placera dammen så att den inte kommer att utgöra ett hinder för vandrande fisk och andra vattenlevande organismer. Våtmarker i dessa områden placeras i många fall bäst där de tillförs dräneringsvatten ifrån dräneringsrör vilka inte är en vandringsväg för fisk. Vattnet ifrån våtmarken förs sedan ut i bäcken. Även mycket små våtmarker har visats fungera som fosforfällor om de tillförs en hydraulisk belastning som är lägre än 200 m/år (Johannesson, K. 2015). Många mindre dammar högt upp i avrinningsområdet skulle kunna dämpa vattenflödet och minska transporten av de första stora mängderna av fosfor som följer med ett höglöde.



Figur 55. Tvärsnitt längs del av Vadsbäcken.



Figur 56. Exempel på tvärsnitt i Vadsbäckens dalgång, som visar möjligheter att skapa våtmarker i Vadsbäcken. Höjder från Nationella höjddatabasen. Nivåerna i bäckens botten är djupare än vad som framgår, medan nivåerna uppe på åkermarken normalt har en felvisning inom 10-20 cm.

Åtgärdsförslag inom vattenförvaltningen

I tabell 7 och 8 beskrivs förslag på åtgärder som skulle behövas för att uppnå ”god status” i Vadsbäcken och Skenaån enligt vattendirektivet. Inom vattenförvaltningen har beting räknats fram för hur mycket fosforkoncentrationerna behöver minska för att nå god ekologisk status. Betingen är beräknade till 390 kg per år för Skenaån och 1550 kg per år för Vadsbäcken och gränsvärdet för att nå god status i vattenförekomsten är uträknad till 50 µg fosfor per liter för Skenaån och 95 µg fosfor per liter för Vadsbäcken. För att beräkna ekologisk status och beting har bedömningsgrunder och modeller tagits fram som baserar sig på fosforkoncentrationer i vattnet, belastning och retention av fosfor i avrinningsområdet. Sedan har schablonvärden som till viss del är geografiskt anpassade (åtgärdsmodulen i VISS) använts för att ge förslag på åtgärder samt beräkna effekter och kostnader för olika åtgärder.

Tabell 7. Åtgärdsförslag för att nå god status enligt vattendirektivet i Vadsbäcken.

Åtgärder i VISS för Vadsbäcken	Genomförda	Möjliga att göra för att nå God status	Effekt minskning i kg/år	Kostnad kr/år
Strukturkalkning	Strukturkalkning (780 ha)		160	126 000
Miljöersättning skyddszoner	Miljöersättning skyddszoner (20 ha)		10	420 000
Miljöskyddsåtgärder enligt miljöstödet	Miljöskyddsåtgärder enligt miljöstödet (730 ha)		29	36 000
Strukturkalkning		Strukturkalkning (1520 ha)	310	245 000
Kalkfilterdiken		Kalkfilterdiken (870 ha)	150	550 000
Skyddszoner		Skyddszoner (0-10m, 50 ha)	20	155 000
Anpassade skyddszoner		Anpassade skyddszoner (190 st)	250	57 000
Stallgödsel		Stallgödsel (10 000 kg)	90	140 000
Fosfordamm		Fosfordamm (3 ha)	220	140 000
Våtmark		Våtmark (100 ha)	326	800 000
Tvästegsdiken		Tvästegsdiken (1900 m)	30	85 000
<i>Summa</i>			<i>1585</i>	<i>2 754 000</i>

Tabell 8. Åtgärdsförslag för att nå god status enligt vattendirektivet i Skenaån.

Åtgärder i VISS för Skenaån	Genomförda	Möjliga att göra för att nå God status	Effekt minskning i kg/år	Kostnad kr/år
Vårplöjning	Vårplöjning (111ha)		3	21 000
Miljöskyddsåtgärder enligt miljöstödet	Miljöskyddsåtgärder enligt miljöstödet (4070ha)		158	188 000
Våtmark	Våtmark (2,73ha)		14	740 000
Skyddszon	Skyddszon (38ha)		4	796 000
Strukturkalkning (dock ej lämplig på sandig jord)		Strukturkalkning (634 ha)	43	100 000
Anpassade skyddszoner på åkermark		Anpassade skyddszoner på åkermark (80 st.)	40	25 000
Fosfordamm		Fosfordamm (2 ha)	77	103 000
Stallgödsel		Stallgödsel (7300 kg)	20	37 000
Våtmark		Våtmark (12 ha)	32	190 000
Kalkfilterdiken		Kalkfilterdike (237 ha)	14	150 000
Tvästegsdiken		Tvästegsdike (1900 m)	9	57 000
Skyddszon		Skyddszon(0-10 m, 28ha)	4	98 000
<i>Summa</i>			<i>418</i>	<i>2 505 000</i>

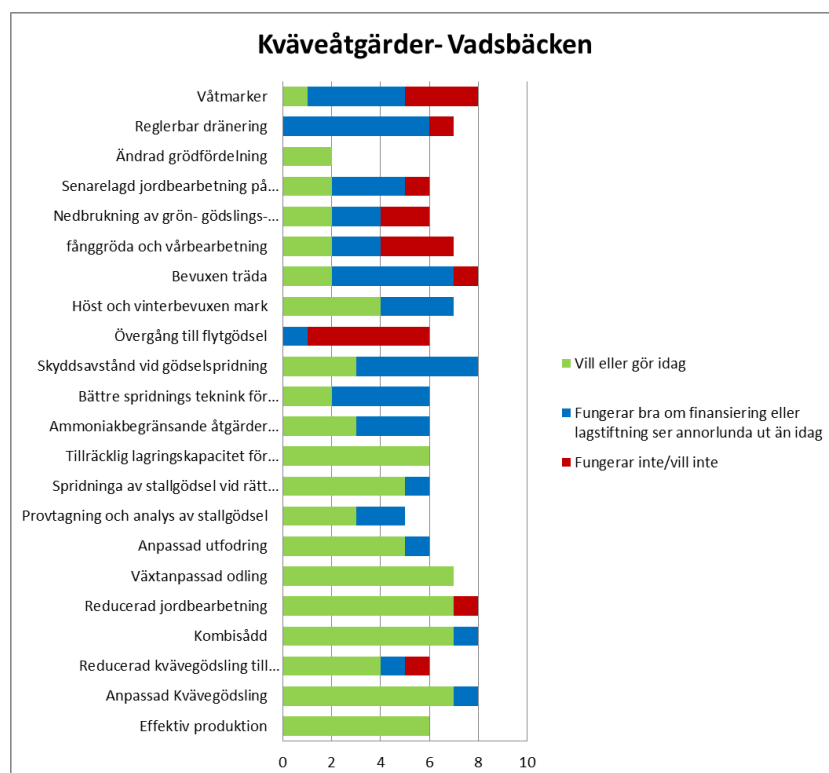
Diskussion kring åtgärdsförslag, bedömningsgrunder och modeller

Enligt dessa beräkningar kommer ett flertal åtgärder som strukturkalkning, kalkfilterdiken, skyddszoner och våtmarker behövas i områdena, särskilt i Vadsbäck- en. Åtgärder som saknas i förslagslistan kan vara avfasning och stabilisering av dikeskanter samt skonsam dikesrensning. Dessa åtgärder kan på rätt plats göra en väsentlig nytta i dessa områden och därmed minska behovet av andra åtgärder och dessutom ändra kostnaderna.

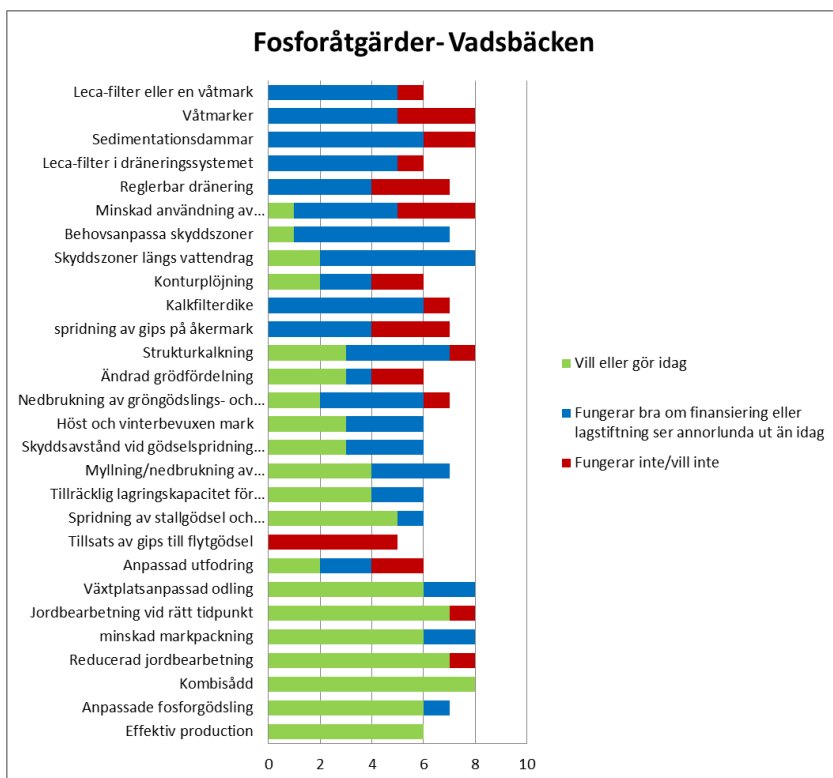
Tidigare år (innan 2007) har gamla nationella bedömningsgrunder använts som gränsvärde för ett näringsrikt tillstånd i sjöar och vattendrag. Gränsvärdet för ett eutrofierat tillstånd i en sjö var enligt dessa bedömningsgrunder 25 µg fosfor per liter i alla sjöar i hela landet. I arbetet med vattendirektivet försökte man ta fram bedömningsgrunder där gränsvärden varierar beroende på typ av sjö och område. Det finns dock osäkerheter i bedömningsgrunder och modeller. Bland annat har Vattendirektivets bedömningsgrund för fosfor kompenserats för jordbruksmark till skillnad från tidigare gränsvärden. Gränsen för god status för fosfor har höjts där andelen jordbruksmark varit hög och därmed har man ansett att vattendrag och sjöar i jordbrukstäta områden får tåla högre koncentrationer av fosfor. Dagens uppmätta koncentrationer med 60 µg fosfor per liter för Skenaån och 200 µg fosfor per liter för Vadsbäcken är mycket höga halter och kommer att bidra till stora övergödningssproblem framförallt för nedströms liggande sjöar och havsvikar. Betingen är beräknade till 390 och 1550 kg per år för Skenaån respektive Vadsbäcken och gränsvärdet för att nå god status i vattenförekomsten är uträknad till 50 respektive 95 µg fosfor per liter. I många fall krävs det större kunskap kring vattendragen och effekter i nedströms sjöar och havsvikar för att göra en exakt bedömning av miljökonsekvenserna. Kommande arbete inom vattenförvaltningen kommer troligtvis att förändra både beräknad gräns för god status, beting, samt åtgärder för vattenförekomster.

Rapporten ”64 åtgärder inom jordbruket för god vattenstatus” (Jordbruksverket, 2008) användes som diskussionsunderlag och mötesdeltagarna fick möjlighet att föra fram och utbyta sina åsikter om olika åtgärder (Fig. 57 - 60). De åtgärder som markerats med grönt är de åtgärder som man vill göra eller som görs idag. Blå markering visar åtgärder som skulle kunna fungera bra om man till exempel fick bättre finansiering eller ändrad lagstiftning. Den röda markeringen visar åtgärder som inte fungerar eller som man inte vill utföra.

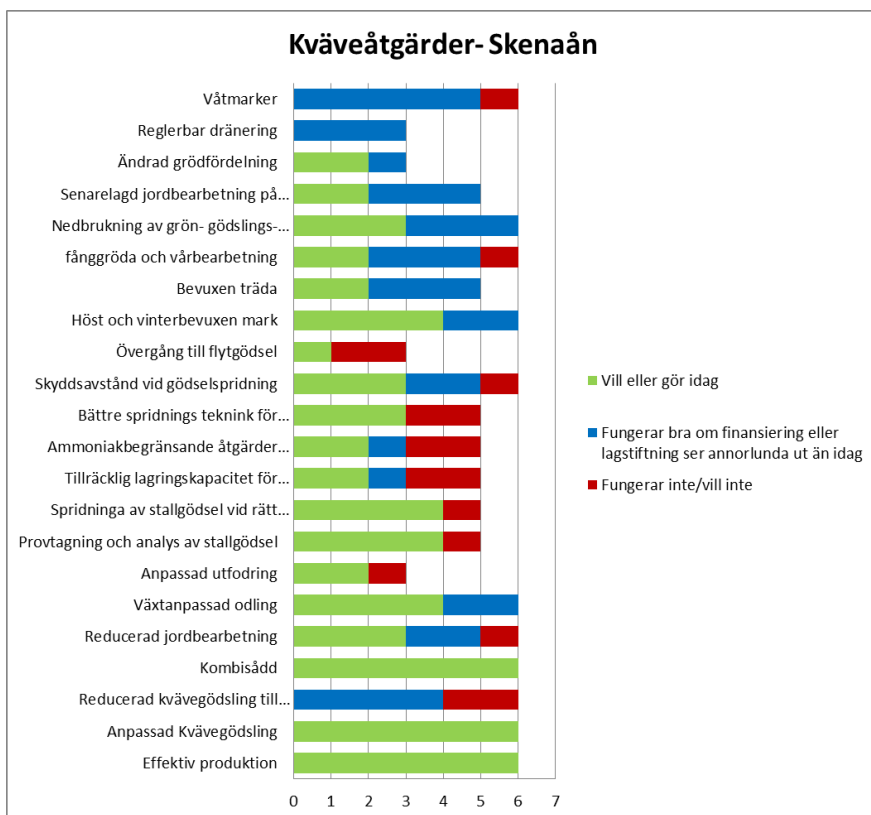
Resultaten visar att markägare är positivt inställda till många av åtgärderna. När det gäller åtgärder som våtmarker och sedimentationsdammar beror troligtvis de blå fälten på att det är en tidskrävande och kostsam process juridiskt, men även att det i många geografiska lägen kostar betydligt mer att anlägga en damm eller våtmark än vad stöden räcker till. Skydds-zoner upplevs också problematiskt av en del, bland annat på grund av att de aktuella reglerna (minst 6 meter bred längs vattendrag) inte alltid är optimala när fälten ligger långsmalt längs med diken, då det i dessa lägen ofta blir för lite av arealen kvar för att de ska kunna brukas. Stöden i Landsbygdsprogrammet har inte alltid upplevt som tillräckligt långsiktiga, ett exempel var att stöden för skydds-zoner stängdes under 2012 och många skydds-zoner försvann.



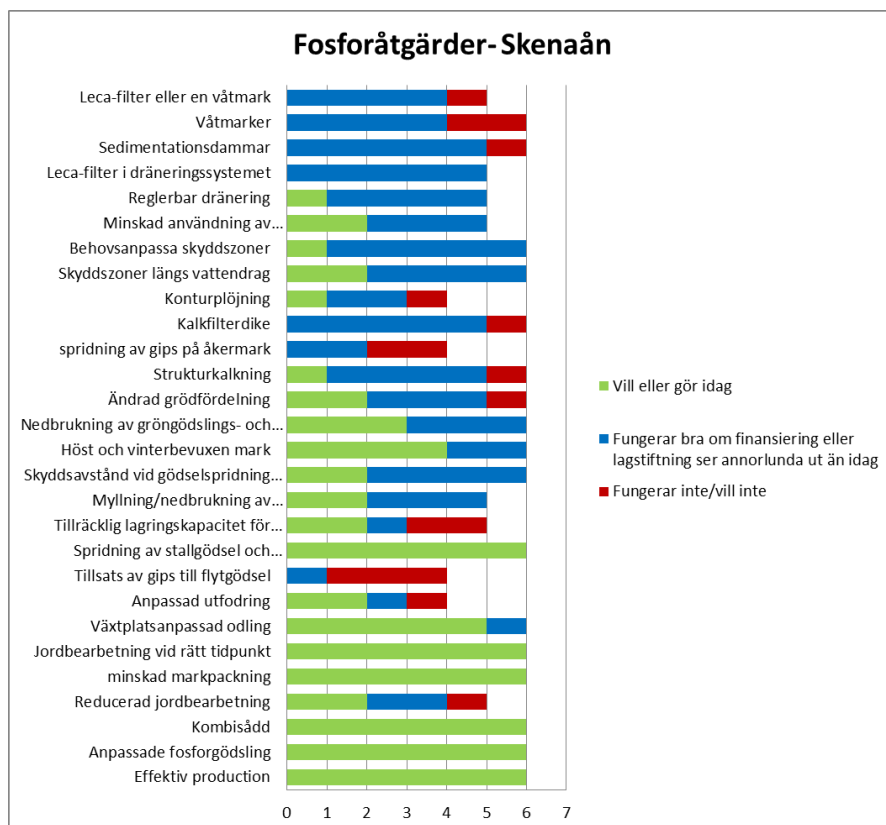
Figur 57. Enkät svar om kväveåtgärder från lantbrukare i Vadsbäckens avrinningsområde.



Figur 58. Enkät svar om fosforåtgärder från lantbrukare i Vadsbäckens avrinningsområde.



Figur 59. Enkät svar om kväveåtgärder från lantbrukare i Skenaåns avrinningsområde.



Figur 60. Enkät svar om fosforåtgärder från lantbrukare i Skenaåns avrinningsområde.

Problem och möjligheter kring åtgärder

Många av de åtgärder som är lämpliga för att minska erosion- och närsaltsförluster har stor vinning både för jordbrukets produktion och för övergödningssituationen. Jordbruket vill inte avvara varken lera eller närsalter och vill undvika att slamma igen sina diken. Samtidigt är det helt olika mängder och syften med fosfor vi diskuterar på en åker jämför med i ett vattendrag. På åkern behöver vi gödsel och ha tillräckligt med fosfor för att odla och ha god tillväxt, sex meter därifrån i vattendraget får vi inte ha fosfor som ökar tillväxten av alger i vattnet eftersom det då ger övergödningssituationer med syrefria och livlösa bottenar i sjöar och havsvikar. Därför behöver vi effektivt minska transporten av närsalter och lerpartiklar i gränsen mellan åker och vattendrag. Vilka åtgärder man vill satsa på i de olika områdena verkar inte vara det stora problemet för att komma till stånd med åtgärder. Ett större problem är dels vilken omfattning åtgärden ska ha, hur stor och hur många, och dels vad det kostar och hur man får finansiering. Det råder fortfarande stora osäkerheter i vilken effekt åtgärden har på olika platser och med olika utformning och det är därför svårt att säkert säga i vilken omfattning en åtgärd behövs. Det råder även stora osäkerheter i vad en åtgärd kostar på olika platser och med olika utformning.

När det gäller ”storskaliga” åtgärder som våtmarker och tvåstegsdiken beror kostnaderna i hög grad på hur mycket som måste schaktas bort. Därför är det kostnadseffektivare att anlägga våtmarker i dalgångar i diken med kraftig lutning och tvåstegsdiken i diken med litet avstånd från dikesbotten till markytan. I diken som skurit sig djupt ner kan det vara möjligt att anlägga ett dämme och på så

sätt åstadkomma en våtmark utan att omgivande mark påverkas negativt. Dessa osäkerheter gör att förslag än så länge kan variera i hur säkert det är att de t ex minskar fosfor med x kg per år.

Effekten och lämpligheten för olika åtgärder kan variera beroende på lokala förutsättningar. I områden där jordbruksmarken är av stort värde och läckagen av kväve och fosfor inte är så stora, kan gödsel- och jordbearbetningsåtgärder på fälten, avfasade dikeskanter, dikesskötsel via klippning och skyddszoner vara tillräckligt. I områden där man däremot har ett stort läckage och hittar mark runt vattendraget som skulle vara kostnadseffektiva att avvara för små fosfordammar, terrasser och tvåstegsdiken innan dräneringsvattnet rinner ut i vattendraget kan detta vara en viktig åtgärd. Dammar och våtmarker kan på andra ställen vara mycket kostnadseffektiva och användas för både rening av vatten och bevattning av fält. Även små insatser, men på de platser där läckagen är som störst kan vara mycket effektiva.

För att kunna göra mer detaljerade planer krävs därmed mer kunskap. Åtgärdsarbetet behöver fortsätta genom att utföra de lätta och uppenbara åtgärderna först. Dessa åtgärder kan vara åtgärder som både markägare vill göra för att få ökad produktion och som samtidigt minskar belastningen av närsalter till vatten, det kan även vara åtgärder vi vet gör stor miljönytta och som har ett fungerande bidragssystem och regelverk.

Hur påverkas grundvattnet i ett förändrat klimat?

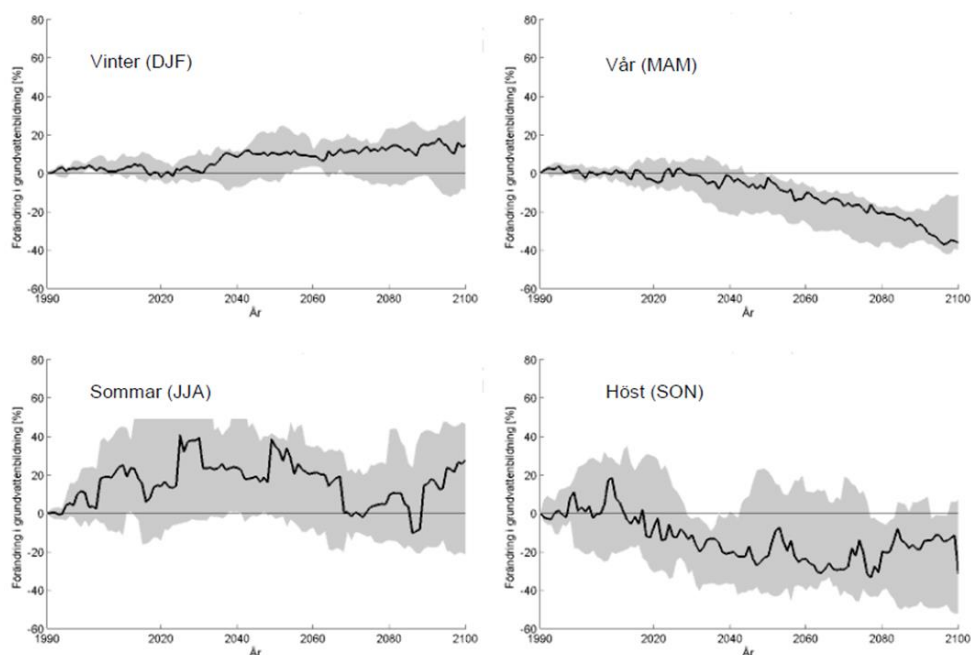
Grundvattenbildning och grundvattennivåer

Grundvattenbildning

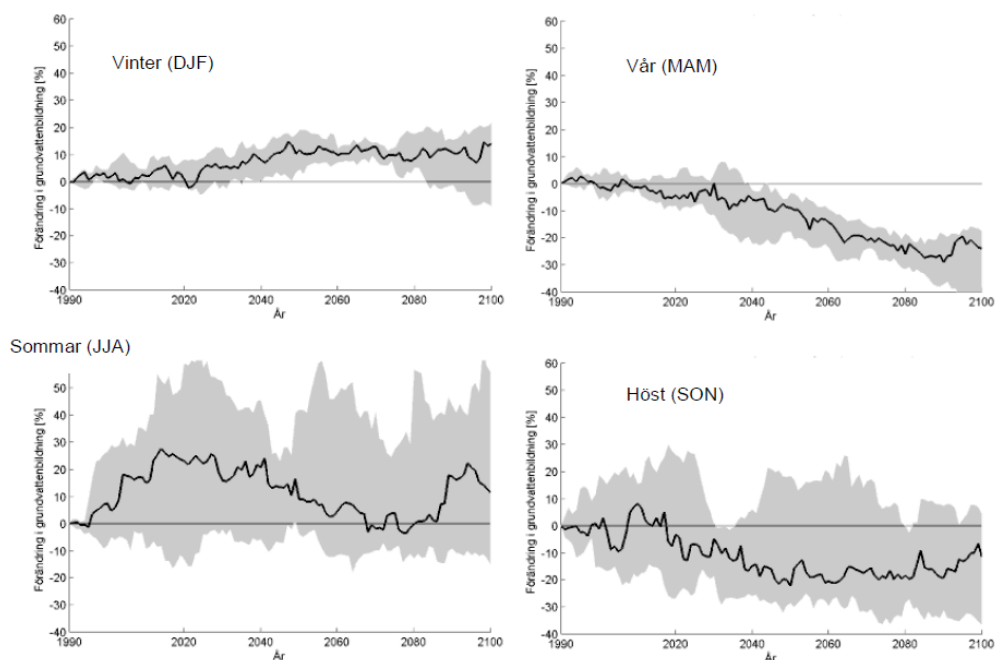
Den hydrologiska analysen för avrinningsområdena Skenaån och Vadsbäcken visar på relativt små årsvisa förändringar i grundvattenbildning (SMHI, 2014). Totalt över året bedöms att grundvattenbildningen i slutet av seklet minskat med 5-6 % i de båda områdena. Det betyder för Skenaån en årlig minskning från 89 mm till 82 mm och för Vadsbäcken en minskning från 121 mm till 115 mm.

De säsongsvisa variationerna är däremot större (figur 61 och 62). Under vår och höst minskar grundvattenbildningen successivt, till att i slutet av seklet vara ca 30-40 % mindre i Skenaåns avrinningsområde och 20 % mindre i Vadsbäckens avrinningsområde. Minskningen i grundvattenbildning under vår och höst beror på ökad avdunstning och minskad nederbörd. I ett varmare klimat faller nederbörden under längre perioder ned som regn istället för snö vilket leder till minskad grundvattenbildning under våren som därmed går miste om snösmältning. Grundvattenbildningen vintertid ökar istället med ca 10-20 % eftersom den ökade nederbörden i form av regn ger påfyllning av grundvattenmagasinet. Scenarierna sommartid visar på en stor spridning i grundvattenbildning, och det går inte att utläsa en trend. Precis som idag kommer vi sannolikt att få se stora variationer i grundvattenbildningen sommartid, till följd av perioder med torka eller regn.





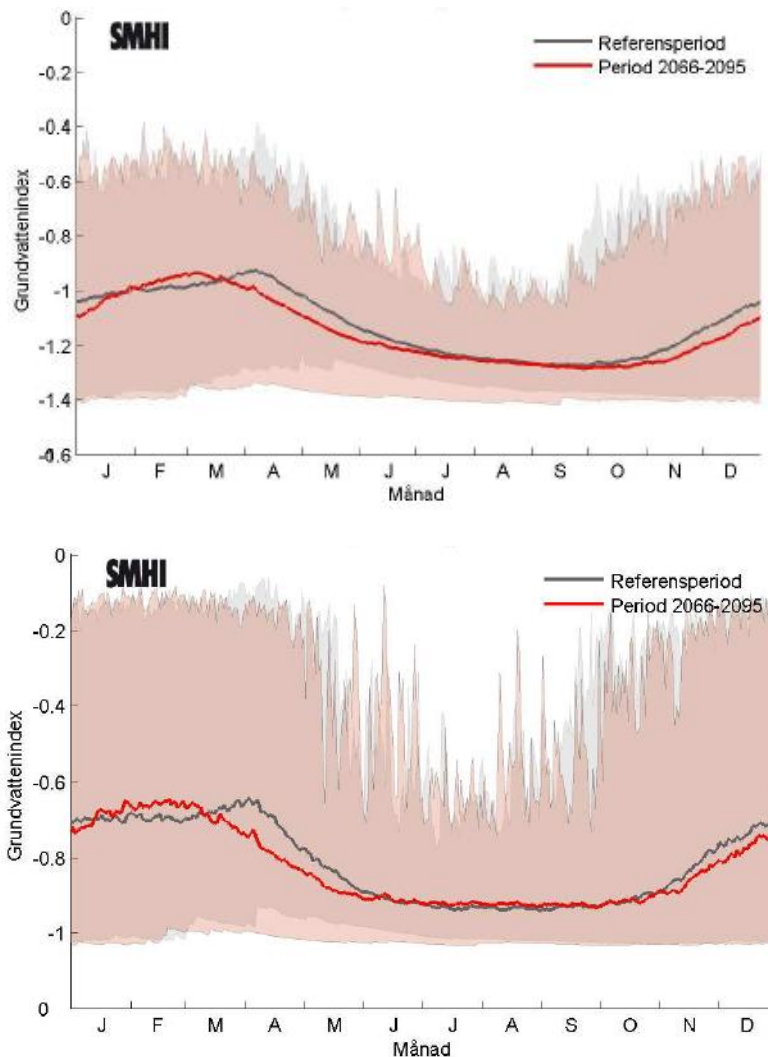
Figur 61. Säsongsvis procentuell förändring av grundvattenbildning i Skenaåns avrinningsområde enligt 18 klimatscenarier och RCP 8.5. Varje års medianvärde (svart linje) är beräknat över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört medelvärdet 1961-1990). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Figurer från SMHI (2014).



Figur 62. Säsongsvis procentuell förändring av grundvattenbildning i Vadsbäckens avrinningsområde enligt 18 klimatscenarier och RCP 8.5. Varje års medianvärde (svart linje) är beräknat över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört medelvärdet 1961-1990). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Figurer från SMHI (2014).

Grundvattennivåer

Den säsongsvisa förändringen i grundvattenbildning avspeglar sig även i förändrade grundvattennivåer (figur 63). SMHI har modellerat ett grundvattenindex som beskriver vattennivåns avstånd till markytan. Grundvattenindex har definierats utifrån modellberäknad grundvattennivå (meter under marknivå). Modellberäknad nivå har inte verifierats mot verkliga förhållanden. Variationen under ett år är enligt beräkningarna ca 0,3 m för båda fokusområdena. Scenarioberäkningarna ger att framtida nivåer stiger vintertid, ca 5 cm, och sjunker på våren, ca 8 cm, jämfört med referensperioden. Sommartid är grundvattennivån oförändrad och under hösten kan nivån bli något lägre. Förändringarna är små och likartade i bägge områden. Skillnader i jordart och topografi kan dock spela stor roll för vad som sker lokalt.



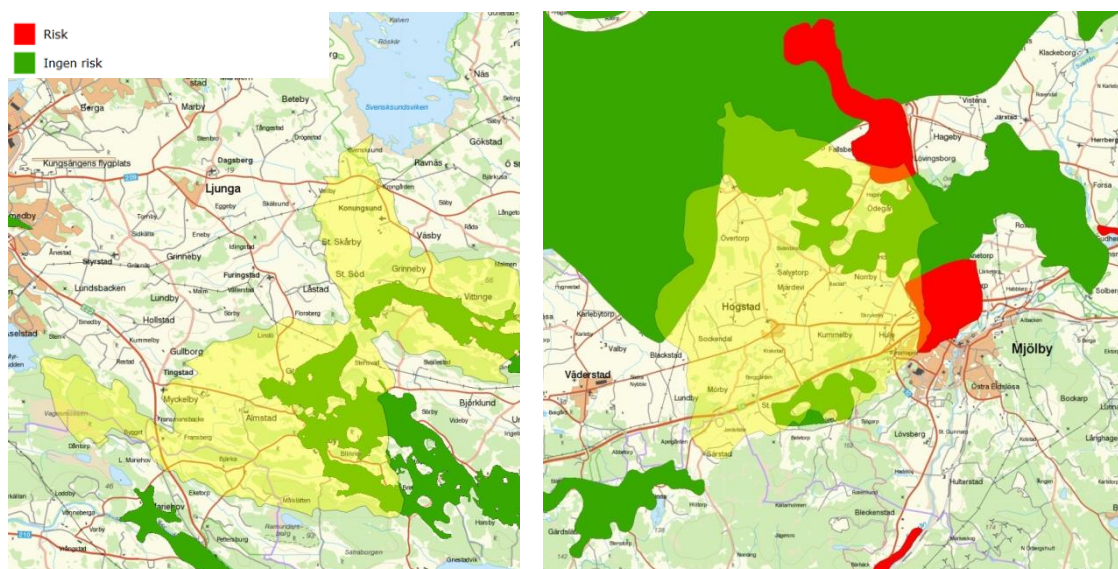
Figur 63. Grundvattenindex i Skenaans avrinningsområde (övre bild) respektive Vadsbäckens avrinningsområde (nedre bild). Figurerna visar ändring av säsongsdynamik för grundvatten för perioden 2066-2095 jämfört med referensperioden 1961-1990 baserat på 18 klimatsimuleringar med RCP 8,5. Heldragen svart linje visar medelgrundvattennivå för referensperioden och heldragen röd linje visar medelgrundvattennivå för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna. Diagram från SMHI (2014).

Grundvattnets status

Kemisk status

En sammanställning av länets nuvarande grundvattentillgångar och dess status ligger till grund för analys av risker i ett förändrat klimat. Inom vattenförvaltningen har nyligen grundvattenförekomsternas kemiska och kvantitativa status bedömts. Mätdata från miljöövervakning har jämförts med bedömningsgrunder från SGU. Bedömningar är publika i databasen VISS (VattenInformations-SystemSverige) (www.viss.lst.se). I Östergötland finns 178 grundvattenförekomster, dvs. grundvatten i en eller flera akviferer. Endast en grundvattenförekomst (Kisa-Bjärkeryd) har otillfredsställande kemisk status på grund av att bl.a. växtskyddsmedlet bentazon har detekterats vid upprepade mätningar. Förutom växtskyddsmedel har bland annat lösningsmedel och perfluorerade ämnen påträffats i vissa grundvattenmagasin, men föroreningshalterna har varit låga eller inte återfunnits i uppföljande studier. I framtida klimat, med mer frekventa skyfall och översvämningar, ökar risken för förorening av grundvattnet (se avsnitt om dricksvattenförsörjning och miljögifter).

Länsstyrelsens har även bedömt risken för att god kemisk status inte uppnås till år 2021. Riskbedömningen baseras på mätdata och påverkanstryck från mänsklig påverkan som till exempel vattenuttag, förorenade områden, stora vägar, järnvägar, jordbruksområden och stadsbebyggelse. Trettio grundvattenförekomster riskerar att få otillfredsställande status till år 2021. Ett av dessa grundvattenmagasin ligger inom Skenaåns avrinningsområde (figur 64). Mätningar har påvisat förhöjda kloridhalter vilket kan bero på vägsalt och dess närhet till stor väg (E4:an). Resultat från den hydrologiska analysen visar att klimatförändringar kan komma att påverka såväl kemisk status som kvantitativ status, men att förändringarna fram till år 2021 är relativt små och sannolikt inte påverkar riskbedömningen.



Figur 64. Riskbedömning av grundvattenförekomsternas kemiska status i de två fokusområdena Vadsbäcken (t.v.) och Skenaån (t.h). Den svagt gula färgen visar avrinningsområdena. I rödmarkerade grundvattenförekomster finns risk att god kemisk status inte uppnås till år 2021.

Grundvattnets kvantitativa status

I länet finns kännedom om sju grundvattenförekomster med otillfredsställande kvantitativ status. Inga av dessa grundvattenförekomster ligger inom Skenaåns och Vadsbäckens avrinningsområden. Grundvattenförekomster med kända kvantitativa problem ligger framför allt längs kusten. Bristen är mest påtaglig under sommarens torrperioder och när befolkningstrycket från turism och fritidsboende ökar. Länsstyrelsens tidigare övervakning har visat på höga koncentrationer av klorider (saltvattenpåverkan) i var fjärde enskild brunn, och i var åttonde brunn har vattnet haft en tydlig saltsmak. I stora delar av Vikbolandet finns risk för saltvatteninträning i brunnar, och risken för saltpåverkat grundvatten kan komma att öka i framtiden (se avsnitt om dricksvattenförsörjning).

Länsstyrelsen har bedömt att riskerna för den kvantitativa statusen inte ökar till år 2021. Det är dock svårt att göra en riskbedömning av den kvantitativa statusen eftersom det saknas fullständig kunskap om både nuvarande och framtida påverkanstryck i form av vattenuttag. Förändrade klimatförhållanden har inte beaktats i riskbedömningen, men resultat från den hydrologiska analysen visar på små förändringar i grundvattenbildning och grundvattennivåer totalt över året fram till år 2021. Enligt vad som framkommit i intervjuer med lantbrukare inom fokusområdena används inte grundvatten för bevattning av grödor. I takt med ökade temperaturer och avdunstning kommer dock behovet av bevattning att öka, men fram till år 2021 förväntas inte betydande förändringar av grundvattnets kvantitativa status.

I dialogen med lantbrukare har det framkommit att flera lantbrukare i Skenaåns avrinningsområde redan idag är beroende av bevattningsdammar (Fig. 65). I nuläget används enbart ytvatten för bevattning och uttaget begränsas av vattendomar. Behovet av bevattning ökar i framtiden som ett resultat av ett varmare klimat, en förlängd vegetationsperiod och ett ändrat grödval (t.ex. fodermajs). Inom delar av Skenaåns avrinningsområde finns flera stora grundvattenmagasin med förhållandevis stora uttagsmöjligheter (figur 66). I Vadsbäckens avrinningsområde finns i nuläget inga bevattningsdammar, och här finns begränsade möjligheter till uttag av grundvatten.

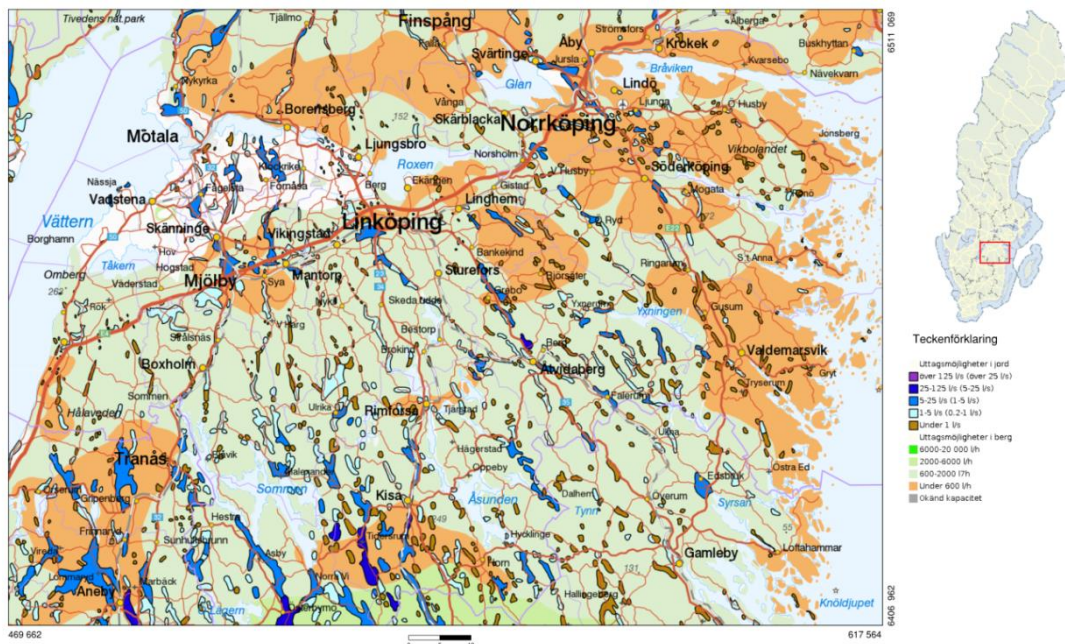


Figur 65. Bevattningsdamm inom Skenaåns avrinningsområde.

Risker för dricksvattenförsörjning

Dricksvattenförsörjning idag

Generellt sett är tillgången till grundvatten god i Östergötlands län. De största grundvattentillgångarna i jordlagren är knutna till isälvsavlagringarna som återfinns i anslutning till östgötaslätten, samt i länets södra delar mot sydsvenska höglandet (figur 66). Grundvattenmagasinen utnyttjas i stor utsträckning för både kommunal och enskild vattenförsörjning. I Östergötland finns drygt 60 vattentäkter, varav ca 40 rena grundvattentäkter, och 8 konstgjorda grundvattentäkter dvs. ytvatten som infiltrerar till grundvatten (Länsstyrelsen, 2013). I vissa delar av länet, särskilt utmed kusten, är möjligheten till uttag av grundvatten begränsad.



Figur 66. Möjlighet till uttag av grundvatten i jord och berg. Karta från SGU:s kartvisare.

För befolkning utanför tätorterna är enskilda brunnar vanligtvis det enda alternativet för dricksvattenförsörjning. Vattenuttag för enskild vattenförsörjning sker framför allt ur små grundvattenmagasin. Grävda brunnar och grunda bergborrade brunnar är särskilt utsatta för vattenbrist. De flesta lantbrukare inom de två fokusområdena har enskild vattenförsörjning och är därmed beroende av ett grundvatten av god kvalitet för sitt dricksvatten. Av de lantbrukare inom de två fokusområdena som nyligen har analyserat sitt brunnsvatten uppger flera att de fått anmärkningar på dricksvattenkvaliteten. För höga halter av ett visst ämne i dricksvattnet kan ge upphov till negativa hälsoeffekter och tekniska problem.

Inom vissa områden finns risk att grundvattnets kvalitet påverkas av övergödning, miljögifter och ett för högt uttag. Länsstyrelsens genomgång av mätdata i de större grundvattenmagasinen (s.k. grundvattenförekomster) visar att vi har gott om bra grundvatten i länet. Mätningar av enskilt vatten från mindre grundvattenmagasin ger delvis en annan bild. I såväl Östergötland som övriga Sverige förekommer problem med bland annat höga halter av kväveföreningar, fluorid, salt, tungmetaller och bekämpningsmedel.

Länsstyrelsens undersökningar av 45 enskilda brunnar i länet (2005) visade närmare 70 % av brunnarna hade ett dricksvatten som är tjänligt med anmärkning och kan ge upphov till tekniska problem. Än allvarigare var att 16 % av brunnarna hade ett otjänligt dricksvatten som inte bör drickas eller användas för livsmedelshantering. Höga nitrathalter (NO₃-N) hittades i ett flertal brunnar, och högst halter påträffades i brunnar som omgavs av spannmålsodling. Problem med förhöjda nitrathalter i grundvattnet är vanligare i grunda brunnar i jordlagren än i borrhåll bergbrunnar. Jordbruksområden med lättgenomsläppliga jordar är mer känsliga för föroreningar än områden med leriga jordarter. Brunnar inom Skenaåns avrinningsområde är generellt mer utsatta för kvalitetsproblem än brunnar inom Vadsbäckens avrinningsområde. Förutom hälsoaspekten påverkar grundvattnets innehåll även vattenkvaliteten i våra vattendrag, sjöar och kustvatten.



Ökade risker i framtiden

Den hydrologiska analysen visar att grundvattennivåer påverkas i ett framtida klimat. I fokusområdena rör det sig framför allt om en ökad risk för grundvattnets kvalitet under vintern pga. högre grundvattennivåer, och kvantiteten under vår och höst pga. sänkta grundvattennivåer. Vid förhöjda grundvattennivåer minskar den omättade zonen i marken och därmed även markens förmåga att rena vattnet. I samband med skyfall och översvämningar ökar risken för förorening av grundvattnet. Föroreningar kan bland annat komma från vägar, förorenade områden, översvämmande cisterner, olika avlopp och betesmark (Ojala et al., 2007; Sundén et al., 2010). Grundvattnet kan påverkas av mikrobiologisk förorening genom bräddning av avloppsvatten, avloppsinfiltration, gödselhantering och betesmark. I två rapporter från SGU (Ojala et al., 2007; Rohde et al., 2009; Sundén et al., 2010) utvecklas vidare effekter av klimatförändringar på vattenförsörjning och uppfyllelse av grundvattenrelaterade miljökvalitetsmål.

Sett över året visar SMHI:s hydrologiska analys på små förändringar i grundvattenbildning och grundvattennivåer i framtiden. De minskade grundvattennivåerna under vår och höst leder periodvis till en mindre tillgång på dricksvatten i

framtiden. Vattenbrist är vanligast i grävda brunnar och i grunda bergborrade brunnar. Vid lägre grundvattennivåer ökar även risken för saltvatteninträngning till grundvattnet. Redan idag förekommer problem med saltvatteninträngning och en hög kloridhalt i enskilda brunnar, framför allt längs kusterna. Stora delar av Östergötlands län har varit helt täckta av hav och grundvattnet kan därför vara påverkat av relik saltvatten. Höga kloridhalter kan också påträffas i områden med sedimentär berggrund samt i strandnära områden. Förhöjda halter av klorid (>50 mg/l) i grundvattnet i områden som inte varit täckta av hav kan härstamma från t.ex. avlopp, deponier och vägsaltning. Skyfall och översvämningar ökar risken för förorening från avlopp och deponier.

Risk för ökad spridning av miljögifter

Växtskyddsmedel

Den förlängda vegetationsperioden kan i framtiden leda till en ökad användning av såväl gödsling som växtskyddsmedel. När klimatet blir varmare och fuktigare ökar även risken för växtsjukdomar och skadegörare som insekts- och svampangrepp (Ojala et al., 2007). Inom det svenska jordbruket beräknas behovet av insekticider att öka med 54 % och fungicider med 42 % (Wivstad, 2010). Herbiciderna, som idag står för de största mängderna, beräknas öka med 22 %. Sammantaget ökar riskerna i framtiden att yt- och grundvatten förorenas med växtskyddsmedel. Forskning pågår vid KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel (CKB) för att bland annat studera miljöriskerna med växtskyddsmedel vid ändrade klimatförhållanden. I en nyligen publicerad studie (Steffens et al., 2015) simulerades läckage av olika herbicider med hjälp av transportmodellen MACRO-SE. Slutsatsen var att riskerna för förorening av grundvattnet kommer att öka i framtiden och ett det är viktigt att skydda dricksvattenresurserna genom skyddsåtgärder och regleringar.

Redan med dagens klimatförutsättningar påträffas växtskyddsmedel i både yt- och grundvatten. Länsstyrelsens provtagning i september 2014 visade att växtskyddsmedel förekommer i tio av elva undersökta jordbruksåar. I Skenaån uppmättes AMPA som är en nedbrytningsprodukt till glyfosat. I Vadsbäcken uppmättes bentazon, diflufenikan, isoproturon, glyfosat och AMPA. Halten av diflufenikan i Vadsbäcken överskred gränsvärdet för vad som anses utgöra risk för vattenlevande organismer. I samband med vattenprovtagningen insamlades även kiselalger för undersökning av skaldeformationer, men resultaten har ännu inte kommit. Växtskyddsmedel har även detekterats i några av länets grundvattenmagasin och i enskilda brunnar.

En sammanställning av svenska miljöövervakningsdata i grundvatten, utförd av KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel och Havs- och vattenmyndigheten, visade att ett eller flera bekämpningsmedel återfanns i 36 % av alla prover tagna i grundvatten under perioden 1986-2014 (Larsson et al., 2014). BAM (2,6-diklorbensamid) var den substans som oftast detekterades i svenska grundvatten, den återfanns i en tredjedel av de undersökta proverna. Den näst vanligaste substansen var atrazin tillsammans med sina nedbrytningsprodukter (5–9 %)(Larsson et al., 2014). BAM är en nedbrytningsprodukt av diklobenil som tillsammans med atrazin ingick i totalbekämpningsmedlet Totex strö. Medlet användes frekvent mot oönskad vegetation, bland annat inom parkförvalt-

ning, banvallar, vägarbeten, tomtmark och industriområden. En särskild risk för dricksvattenförsörjningen utgjorde användningen av medlet för att bekämpa ogräs på grusiga gårdsplaner, ofta i nära anslutning till gårdens privata dricksvattenbrunn. Väl i grundvattnet tar det lång tid för substanserna att brytas ned. Trots att diklobenil och atrazin är förbjudna sedan 1989–1990 återfinns de fortfarande i brunnsvattnet. Nedbrytningen av organiska bekämpningsmedel beror till stor del på mikroorganismer i marken samt deras tillgång på organiskt material, men även andra faktorer som pH och jordart. Ökade temperaturen leder sannolikt till en snabbare nedbrytning av föroreningar (Steffens et al., 2015).

Av de växtskyddsmedel som fortfarande är godkända för användning inom jordbruket var det ogräsmedlet bentazon som oftast återfanns i grundvattenprover som undersökts den senaste 10-årsperioden (ca 3 %) (Larsson et al., 2014). Andra godkända växtskyddsmedel återfanns mer sporadiskt. I Länsstyrelsens inventering återfanns BAM, glyfosat och dess nedbrytningsprodukt AMPA i tre av elva undersökta brunnar (Samuelsson, 2005). Glyfosat används idag i många typer av ogräsmedel. Gemensamt för brunnarna i Östergötland, där bekämpningsmedelsrester uppmättes, är att de är grunda (5-6 meter) och grävda. Även den nationella sammanställningen av grundvattendata visade att grunda och grävda brunnar generellt innehåller högre halter av bekämpningsmedel än djupa, borrhålls brunnar.

I EU:s dricksvattendirektiv, 98/83/EG, anges att gränsen för att åtgärder måste sättas in är 0,1 µg/l för varje enskilt bekämpningsmedel och 0,5 µg/l för summan av bekämpningsmedel. En sammanställning av grundvattendata i enskilda brunnar i Sverige (Larsson et al., 2014) visade att summahalten av bekämpningsmedel låg över 0,5 µg/l i ca 10 % av alla prover under hela tidsperioden (1986-2014), men med en minskande trend mot slutet av perioden. De senaste tio åren uppmättes summahalter över 0,5 µg/l i ca 8 % av alla prover från enskilda brunnar. Motsvarande siffra för råvattenprover från vattenverk är ca 2 %. Länsstyrelsens undersökning 2005 visade att en av elva undersökta brunnar hade en så hög summahalt att åtgärder bör vidtas. Brunnen ligger i Mjölby kommun, strax söder om Skenaåns avrinningsområde.

Halter över 0,1 µg/l återfanns i tre av elva undersökta brunnar i länet (Länsstyrelsen, 2005) och i en tiondel av undersökta enskilda brunnar totalt i Sverige under 1986-2014 (Larsson et al., 2014). Den nationella sammanställningen av grundvattendata visar att andelen överskridanden har minskat under senare år. Anledningen till att halter av bekämpningsmedel i grundvattnet har minskat under senare år beror på förbud och begränsningar, samt bättre utbildning och hantering av bekämpningsmedel (Larsson et al., 2014). Om användningen av bekämpningsmedel ökar i framtiden kommer skyddsåtgärder bli ännu viktigare.

Förorenade områden och miljöfarlig verksamhet

För att analysera risken för att yt- och grundvatten förorenas i ett förändrat klimat genomfördes en GIS-analys. I GIS-analysen kombinerades förorenade områden och miljöfarlig verksamhet med ett GIS-skikt över svämplan. Svämplanen har avgränsats utifrån den Nya Nationella Höjdmodellen varefter vattennivån höjts med 1,5 m. De ytor som identifierats efter höjningen på 1,5 m motsvarar 100-årsflöden (Vattenmyndigheterna och Länsstyrelserna, 2013). Sannolikheten för att ett 100-årsflöde ska inträffa för varje enskilt år är 1 på 100 och för en 100-årsperiod 63 %. Högsta flödet bygger på en kombination av alla kritiska faktorer som bidrar till ett flöde såsom, regn, snösmältning, hög markfuktighet, högt vattenstånd i sjöar samt magasinifyllning i reglerade vattendrag (MSB, 2010). MSB har gjort översvämningskarteringar för de större vattendragen i Östergötland, men Skenaån och Vadsbäcken har inte karterats.

Länsstyrelsens GIS-analys visar att det finns risk för spridning av föroreningar från förorenade områden inom framför allt Skenaåns avrinningsområde (figur 67). I Skenaåns avrinningsområde finns ett förorenat område inom svämplanen som är klassat som riskklass 3, dvs. utgör måttlig risk för människors hälsa och miljö. Detta objekt är en skjutbana som haft verksamhet sedan början på 70-talet. När ett sådant område översvämmas finns risk för att tungmetaller sprids till grundvattnet och Skenaån.

För att klassificera förorenade områden används i Sverige i dag en Metodik för Inventering av Förorenade Områden, även kallad MIFO. Metodiken används vid riskklassning av potentiellt förorenade områden. Metodiken som beskrivs i Naturvårdsverkets rapport 4918 från 1999 (Naturvårdsverket, 1999) inkluderar dock inte klimateffekter. Under 2014 genomförde Länsstyrelsen en pilotstudie med syftet att studera om effekter av framtida klimatförändringar förändrar riskklassningen utifrån MIFO-klassificeringen och prioriteringen av förorenade områden. När hänsyn togs till framtida klimateffekter fick ett av totalt sex objekt en höjning av riskklassen. Även övriga objekt fick en ökad risk när klimateffekterna togs med i bedömningen, men inte så att riskklassen justerades. Framst var det risken för ökad spridning som gjorde att risken ökade. Analysen genomfördes med hjälp av klimatscenarier på länsnivå (50 x 50 km), och inte som i denna rapport på lokal nivå (4 x 4 km). SMHI:s nedskalade klimatscenarier för Skenaåns och Vadsbäckens avrinningsområde visar dock på relativt små skillnader i de bägge områdena. Det är därför sannolikt att slutsatserna från Länsstyrelsens rapport (Hultgren et al., 2014) fortfarande står sig.



Vid kraftiga regn och översvämningar finns risk för spridning av föroreningar från förorenade områden.

Inga miljöfarliga verksamheter finns inom svämplanet i Skenaåns eller Vadsbäckens avrinningsområden. I Skenaåns avrinningsområde finns däremot ett flertal miljöfarliga verksamheter som till exempel förbränningsanläggning, verkstadsindustrier, skrothantering och brandövningsplats ovan de stora grundvattenmagasinen som har förbindelse med svämplanet. I grundvattenmagasin i den östra delen av Skenaåns avrinningsområde har lösningsmedel påträffats vid en mätning, och detta kommer att följas upp inom miljöövervakningen. Framtida skyfall och översvämningar spår på risken för spridning av föroreningar till grundvattnet.

Statens geotekniska institut (SGI) har i flera rapporter belyst risker för föroreningsspridning vid ett förändrat klimat (SGI 2005, SGI 2007a, SGI 2007b, SGI 2008). SGI utarbetar nu ett verktyg för riskbedömning avseende klimatförändringar och geotekniska risker, såsom skred, ras och erosion, vid förorenade områden. De mer extrema väderförhållandena innebär en ökad risk för spridning av föroreningar från bland annat miljöfarlig verksamhet och förorenade områden. Miljöfarlig verksamhet och förorenade områden finns inom flera av de områden i länet som bedömts ha förutsättningar för skred, erosion och översvämningar (SGI, 2008). Risker som kan komma att öka vid ett förändrat klimat är enligt SGI följande;

- Risk för översvämning av lågt liggande områden längs vattendrag, sjöar och havskuster.
- Risk för skred och ras inom områden med lösa sediment som lera och silt och med branta slänter.
- Risk för erosion i vattendrag med strömmande vatten och vid sjöar och kuster med erosionskänslig jord.

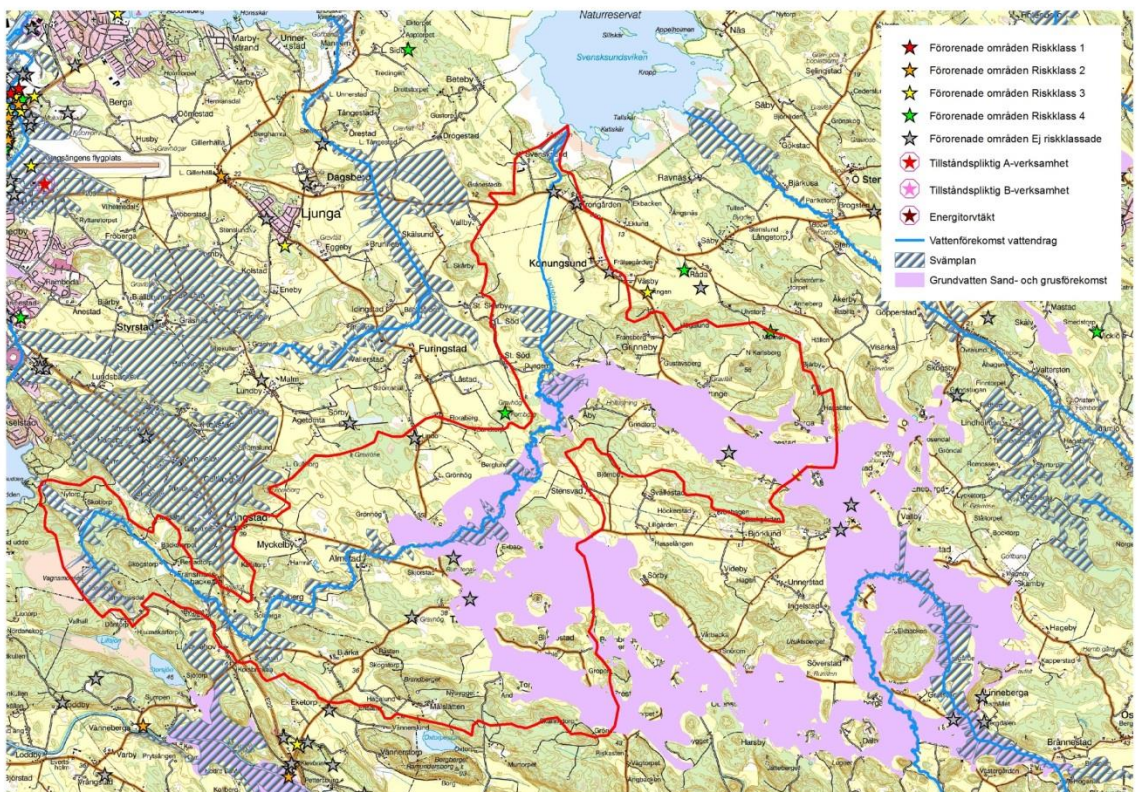
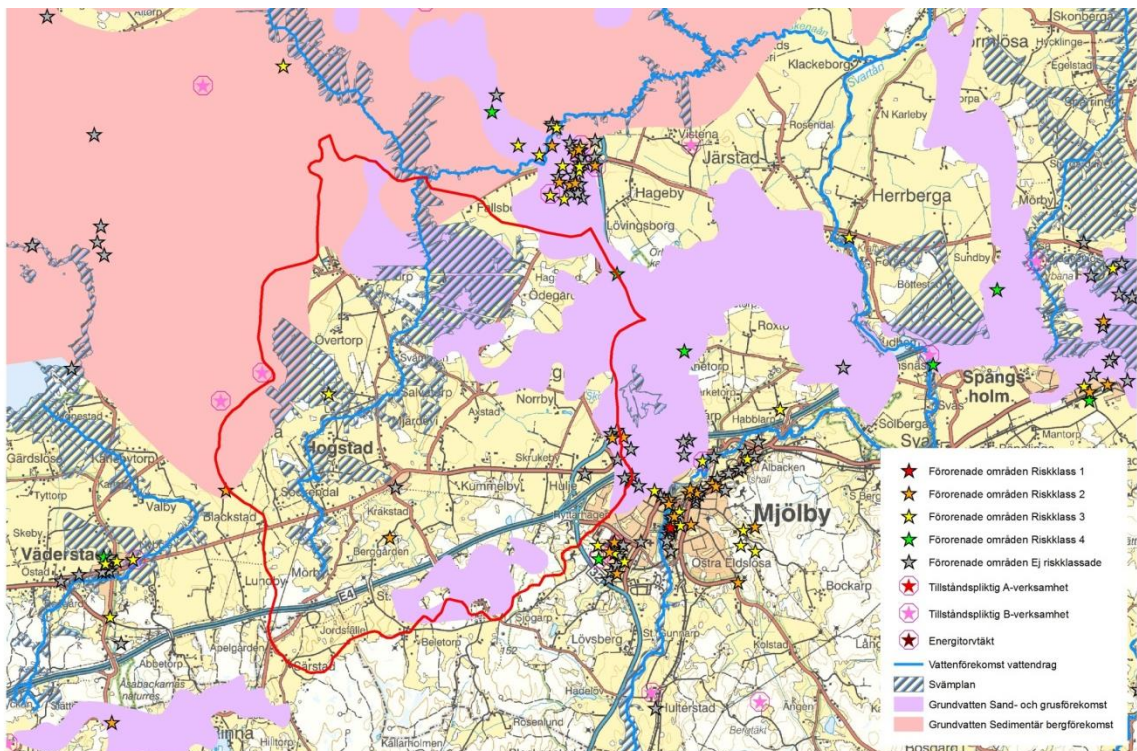
Extremväder såsom häftiga regn kan ge snabba föroreningspulser till både yt- och grundvatten. Vid översvämningar kommer ytvatten i kontakt med större markarealer och kan föra med sig partiklar, humus, näringsämnen och andra ämnen från den översvämmade marken och ut i vattendraget eller ned till grundvattnet.

Hur genomsläpplig marken är i den omättade zonen beror på jordens porositet, d.v.s. hur jordens sammansättning ser ut av olika kornstorlekar och hur jorden är packad. I områden med tunga lerjordar, såsom i Vadsbäckens avrinningsområde, sker infiltration och perkolation av regnvatten främst i sprickor i den övre s.k. torrskorpan, och sprickorna kan även vara en transportväg för föroreningar. Varmare och torrare somrar kommer att öka risken för sprickbildning och därmed ökad transport av föroreningar ned i grundvattnet. Vid kraftig nederbörd har marken svårt att infiltrera allt vatten, vilket innebär att överytan snabbt blir vattenmättad varpå ytavrinning ökar. En kraftig ytavrinning kan innebära att erosion uppkommer av markytan som kan sprida föroreningar till närliggande vattendrag. Enligt fallstudier från SGI (2007b) ger normalt inte översvämningar och skred upphov till akuta effekter i närliggande vattendrag, men det finns däremot risk för långsiktiga ekologiska och ekotoxikologiska effekter (SGI, 2007b).

I Skenåns avrinningsområde finns lättare, sandiga jordar som är mer genomsläppliga. Detta minskar risken för erosion, men ökar risken för att föroreningen sprids till grundvattnet. I framtidens mer extrema väderförhållanden kan frekvensen av stigande/sjunkande grundvattennivåer komma att öka. Stigande grundvattennivåer och ökning av grundvattnets fluktuationer kan innebära att föroreningar hamnar under grundvattennivån, vilket kan medföra ökad urtvättning och spridning av föroreningar. En fluktuerande grundvattenyta innebär även att andra parametrar såsom t.ex. syretillgång och biologisk aktivitet förändras vilket påverkar omvandlings- och nedbrytningsprocesser och hastigheter, men även fastläggningsegenskaper. Hur en förorening sprids beror även på vilka egenskaper ämnet har i form av densitet, flyktighet, vattenlöslighet, biologisk nedbrytbarhet och möjlighet att kemiskt reagera.



Sprickbildning ökar när klimatet blir varmare.



Figur 67. Risker att föroreningar sprids från förorenade områden och miljöfarliga verksamheter i Skenaans avrinningsområde (övre bild) respektive Vadsbäckens avrinningsområde (nedre bild). Där förorenade områden eller miljöfarliga verksamheter ligger inom svämplanen (streckad linje) finns ökad risk för förorening av grund- och ytvatten. Riskklassningen av förorenade områden är en samlad bedömning av områdets risk för människa och miljö. Den redovisas i en skala från 1-4, där klass 1 utgör en mycket stor risk och klass 4 utgör en liten risk för människa och miljö. Miljöfarlig verksamhet indelas i A och B-verksamheter, där A-verksamhet är mer miljöstörande än B-verksamheter.

Åtgärder för att säkra en god grundvattenkvantitet och möjlighet till bevattning

Möjlighet till bevattning är nödvändigt för att lantbrukare ska kunna få skördar av god kvalitet, och lantbrukarna rekommenderas att söka tillstånd hos Länsstyrelsen för bevattningsdammar och vattenuttag. Omprövning av vattendomar är en mycket tidskrävande process, vilket gör att många lantbrukare avstår från att söka tillstånd. De flesta vattendrag är idag reglerade och nyttjas för produktion av el, och det finns en potentiell framtida konflikt om de begränsade vattenresurserna. I framtiden kan det bli än viktigare för lantbrukaren att ha tillstånd för bevattningsdammar och vattenuttag.

Det är viktigt att Länsstyrelsen har en helhetssyn på nuvarande och framtida behov av vattenuttag, samt vilka vattentillgångar och uttagsmöjligheter som finns lokalt. Länsstyrelsen har ansvar för att vattenresurserna nyttjas på bästa sätt och att de fördelas rättvist. I framtiden kommer i första hand trycket på länets ytvattenresurser/år att öka, och i andra hand grundvattenresurserna. Ett ökat uttag av ytvatten från Skenaån och Vadsbäcken kan indirekt påverka grundvattnets kvalitet och kvantitet. För vattenlevande organismer är det viktigt att åfåror inte torrläggs och för grundvattenmagasinen måste man tillse att uttagen inte är större än nybildningen.

Under längre torrperioder kan trycket på vattenuttag från grundvattenmagasinen komma att öka. De stora grundvattenmagasinen har större uttagsmöjligheter än små och halvstora magasin, och det gäller för Länsstyrelsen att ha god överblick av behov och uttagsmöjligheter. För stora grundvattenuttag kan för medföra saltvatteninträngning i brunnar, och risken är störst i områden som varit täckt av hav eller som ligger vid kusten. Stora vattenuttag kan även ge upphov till problem med markstabiliteten, och en minskad avrinning till ytvattendrag och våtmarker kan påverka växt- och djurliv (Maxe och Thunholm, 2007). Länsstyrelsens och SGU:s miljöövervakning av grundvattennivåer ger ett viktigt underlag för att följa grundvattennivåerna.



Behovet av bevattningsdammar kan öka i framtiden.

Åtgärder för en säkra en god grundvattenkvalitet och möjlighet till rent dricksvatten

Vad gör myndigheter?

Kraven på ett grundvatten med god kvalitet och kvantitet har stärkts genom miljömålsarbetet och införandet av EU:s ramdirektiv för vatten. Länsstyrelsen Östergötland arbetar kontinuerligt med att försöka uppnå miljökvalitetsmål och en säker dricksvattenförsörjning genom olika åtgärds- och handlingsprogram och prioritering av problemområden. Ett viktigt kunskaps- och planeringsunderlag är den regionala vattenförsörjningsplanen (Länsstyrelsen, 2013) som utarbetades i samarbete med länets kommuner. I planen framgår bland annat vilka vattenresurser som är viktiga, och som redan idag måste skyddas långsiktigt mot möjliga risker och hot.

För att säkra dricksvattentäkter inrättar Länsstyrelsen vattenskyddsområden. Inom ett vattenskyddsområde finns bestämmelser för verksamheter och åtgärder som riskerar att förorena vattnet på både kort och lång sikt, exempelvis hantering av petroleumprodukter, kemikalier och spridning av bekämpningsmedel. Det är viktigt att beakta klimatförändringar vid inrättandet av vattenskyddsområden och att uppdatera gamla föreskrifter. Inom projektet Greppa näringen för ses lantbrukare med kunskap och verktyg för att minska läckage av bekämpningsmedelsrester till vatten och för att minska kväve- och fosforförlusterna på ett kostnadseffektivt sätt.

I Vattenmyndighetens förslag till åtgärdsprogram för södra Östersjöns vattendistrikt 2015-2020 finns åtgärder som riktar sig till myndigheter och kommuner. Flera myndigheter har fått tydliga uppdrag som syftar till att säkra dricksvattenförsörjningen (www.vattenmyndigheterna.se).

Sanering av förorenade områden genomförs för att minska riskerna för människa och miljö. Riskklassningar av förorenade områden ligger till grund för beslut om undersökning och efterbehandling av förorenade mark- och vattenområden. Metodiken för riskklassning tar dock inte hänsyn till climateffekter. En studie från Länsstyrelsen Östergötland (Hultgren et al. 2014) visade att riskklassningen av ett förorenat objekt kan förändras om man tar hänsyn till climateffekter. Vid prioritering av åtgärdsbehov är det därför viktigt att beakta klimatförändringar. Genom att genomföra GIS-analys med svämplan och potentiella föroreningskällor kan man lättare prioritera mellan olika objekt. Enligt dialog med lantbrukare från Skenaåns avrinningsområde ansågs svämplanen vara realistiskt avgränsat utifrån tidigare erfarenheter med översvämningar.

Naturvårdsverket har utarbetat etappmål för efterbehandling av förorenade områden (Naturvårdsverket, 2013b). Ett av etappmålen berör de objekt som klassas som riskklass 2 dvs. utgör stor risk för människa och miljö. Målet är att minst 15 procent av områdena med stor risk för människors hälsa eller miljön ska vara åtgärdade 2025. I prioriteringen av vilka objekt som ska åtgärdas bör hänsyn tas till climateffekter. Klimaspekter beaktas i allt högre grad i Länsstyrelsens prövnings- och tillsynsprocesser. Det är viktigt att både Länsstyrelsen och verksamhetsutövare tar hänsyn och planerar för klimatförändringar.

Under senare år har Länsstyrelsen satsat en relativt stor andel av miljöövervakningsbudgeten på grundvatten, men fortfarande finns kunskapsluckor. Länsstyrelsen har under våren utvärderat provtagningsprogrammet och gjort justeringar för att i framtiden få en bättre bild av statusen i länets grundvattenförekomster (Länsstyrelsen, 2014). Övervakningen av grundvatten omfattar både kemisk och kvantitativ övervakning. Länsstyrelsen prioriterar att följa upp grundvattenkvaliteten föroreningsutsatta områden som till exempel jordbruksområden, tätorter och områden med närhet till transportinfrastruktur. Bland annat planeras för övervakning av grundvattnets kemiska och kvantitativa status i Örbacken, söder om Skänninge.

Huvuddelen av övervakningen genomförs i betydelsefulla geologiska avlagringar i sand och grus, och ger underlag för statusbedömning enligt ramdirektivet för vatten. Valet av parametrar görs utifrån den hotbild och påverkan som finns i området. Länsstyrelsen övervakning av grundvattennivåer utförs i värdefulla grundvattenmagasin där det finns risk för kvantitativ påverkan. Den regionala miljöövervakningen av grundvatten i påverkade områden utgör ett värdefullt komplement till nationell miljöövervakningen av grundvatten som utförs av SGU i relativt opåverkade områden.

Vad kan brunnsägare göra?

Socialstyrelsen och SGU har gett ut broschyrer med råd om hur man anlägger en dricksvattenbrunn, och hur brunnen bör skötas (<http://www.sgu.se/grundvatten/brunnar-och-dricksvatten/>). Genom förhållandevis enkla åtgärder kan brunnsägaren skydda sig mot föroreningar som kan uppkomma i både nutida och framtida klimat. Mer frekventa skyfall och översvämningar gör det än mer angeläget att vidta skyddsåtgärder. Generellt gäller att brunnen ska placeras uppströms eventuella föroreningskällor. Som brunnsägare bör man se till att det inte finns verksamheter i brunns omgivning som kan smutsa ner grundvattnet, t.ex. avloppsinfiltration, läckande avloppsrör, jordbruksaktiviteter, gödselupplag, läckande oljetankar eller oljespill och vägdagvatten. Hur långt avstånd man bör ha mellan föroreningskällan och vattentäkten avgörs från fall till fall beroende på typ av förorening och markens förmåga att släppa igenom vatten.

För att minska risken för förorening ska ytvatten ledas bort från brunns närmaste omgivning. Det är också viktigt att se till att brunnen har en så tät konstruktion som möjligt ner till den nivå där grundvattnet kan tillåtas rinna in i brunnen. Man bör se till att brunnen har täta skarvar, ledningsgenomföringar och ledningsdiken för att stänga ute ytvatten och ytligt grundvatten. Ett annat sätt att förhindra förorening av grundvattnet är att se till att brunnslocket är rätt utformat så att det inte kommer ned möss, grodor och insekter.

Vilka åtgärder vill markägarna göra i och kring sitt vattendrag?

Markägare i de två fokusområdena informerades om projektet under våren 2014. Vid dessa tillfällen delades en enkätintervju ut och från Skenaån inkom nio svar och från Vadsbäcken två svar. Vi träffade även markägarna i de två områdena i början av 2015 för att presentera resultat, komplettera enkätsvaren och diskutera åtgärdsförslag. Resultaten från dessa möten, enkäter och diskussioner visar att markägarna vid Vadsbäcken inte bevattnar sina åkrar men det gör lantbrukarna vid Skenaån i hög utsträckning. De tar vatten från Skenaån för potatisodlingarna under säsongen juni till augusti. De flesta har bevattningsdammar. Dessa har dock begränsad kapacitet som fördröjningsmagasin vid riktigt häftiga skyfall, då de inte är placerade för att samla upp nederbörd utan vatten pumpas från ån. Markägarna vid Vadsbäcken har hört talas om bevattning av stråsäd i Kalmartrakten och ser det som en intressant utveckling. Grundvatten använder markägare i båda områdena för dricksvatten och detta har inte något större kvalitetsproblem förutom rikligt med järn, kalk eller fluor. Kunskapen behöver kompletteras om vad som gäller vid uttag och fördelen med att ha tillstånd för detta.

Odlingsarealen varierar mellan 20 – 300 ha. Det mesta av ytan är täckdiket för över 40 år sedan. Successivt tänker de förnya täckdikningen. Ett fåtal av markägarna markerar att de brukar ha kvarstående vatten på åkrarna, men ca hälften drabbas av översvämning ibland. De har dock endast mindre problem med erosion och ras och poängterar att i och med skyddszonerna minskar det problemet.

En markägare har noterat att växtsäsongen är ungefär tre veckor längre idag jämfört med på 70-talet. Flera noterar att det sällan är djup tjäle på brukade åkrar idag. Endast en markägare anger alternativt grödval vid förändrat klimat och funderar då på utökad yta för vall och energiskog på de lägre liggande åkrarna. Överväganden om tänkbara grödval är mer beroende av risk för insektsangrepp och skador idag, än förändring i temperatur och nederbörd längre fram i tiden. Därmed kommer odling av våraps att minska, och höstraps, åkerböna och havre öka. Mer värme och torka i början av augusti är positivt för grodd av oljevaxter. Lantbrukarna förutspår att odlingen av dessa har potential att öka i området.

På frågan om vilka naturvärden som markägaren anser är viktiga att återställa och bevara, varierade svaren, men flest ansåg att lägre och jämnare vattenflöde var viktigt. Slutligen tillfrågades markägarna vilka åtgärder de kan tänka sig att göra om de får 90 % av kostnaden. De tre åtgärder som var mest intressanta för de tillfrågade vid enkättillfället är täckdikning, skyddszoner och tvåstegsdike.

Flödesvariationerna har ökat på senare tid, vilket motiverar till åtgärder. I diskussionen kring åtgärder framkom ett allmänt intresse för att förbättra vattenskyddet. Sedimentationsdamm, våtmark eller tvåstegsdiken är åtgärder som endast är aktuella om det finns bidrag. Det fanns en oro för höga kostnader i samband med tillståndsprövning av åtgärder i vattendragen. Att öka skyddszoner i antal, längd och bredd ansågs i hög grad vara en kostnadsfråga.

Flera lantbrukare uttryckte att urlakningen skulle kunna hanteras med lokala mycket riktade åtgärder med enkla medel utan större kostnader på gårdsnivå, t ex slänta av, spara vegetation eller skapa erosionskydd på platser där man kan se att erosionen är stor. Detta behöver dock ske genom dialog och rådgivning lokalt där lokalkännedomen finns kring till exempel, var det grumlats mest i diken och vattendrag och vilka åtgärder som kan fungera just där. Några kommentarer som kommit upp på möten är att innovationer och ny forskning behövs. Nya åtgärder och lösningar behöver tas fram, t ex utveckla nya fosforfilter. Rådgivningsföretagen är en mycket viktig aktör som lantbrukarna är beroende av.

Generella slutsatser

- En jämförelse av de två fokusområdenas klimat idag visar i stort sett inte någon skillnad i temperatur eller nederbörd. Inte heller framtidens klimatscenarier visar någon skillnad för områdena. Förändring av årsmedeltemperaturen kommer att öka successivt för att mot slutet av seklet nå en ökning på över 10°C i de båda fokusområdena. Störst temperaturökning visar beräkningarna för vinterperioden dec – jan jämfört med resten av året. Detta påverkar vegetationsperiodernas längd som vid slutet av seklet har ökat med över 75 dagar. Årsmedelnederbörden ökar i både Skenaåns och Vadsbäckens avrinningsområden med en ökning på 25 % mot slutet av seklet. Beräkningarna visar att ökningen av nederbörd är störst under vinter och höst, med mindre ökning under vår och sommarsäsong. Antalet dagar med kraftiga regn på över 10 mm per dygn ökar successivt.
- Ökade temperaturer och ökade koldioxidhalter kommer att påverka plantutvecklingen positivt, och även ge möjlighet till mer ekonomiskt fördelaktiga val av grödor eller fler skördar per år. Däremot blir det fler skadedjur, sjukdomsangrepp och ogräs att hantera. Det är dock inte givet att tidigare såtid ger en ökad skörd, då plantans utvecklingstid förkortas vid högre temperaturer. Ökade variationer i vädret kommer att ställa höga krav på den enskilde lantbrukarens kompetens att bäst hantera odlingsfaktorernas beroende av varandra. Flera indirekta effekter av klimatförändringarnas konsekvenser i andra delar av världen kommer dessutom att påverka jordbrukets beroende av import och export.
- Torrare somrar med lägre markfukt kommer sannolikt att vara gynnsamt för jordbruksproduktionen även om det spelar stor roll hur nederbörden fördelar sig över tid. Risker för erosion minskar även när jorden är torr. Varmare och längre somrar gör att det växer mer i diken. Det medför att det blir svårare för vattnet att ta sig fram och vattenståndet stiger, vilket kan påverka dräneringen negativt. Att underhålla sina diken blir därför viktigt för att fortsatt ha en god dränering, vilket även visats i hydrauliska simuleringar.
- Lägre avrinning, lägre grundvattennivåer och lägre markfuktighet under våren gör att bärigheten för jordbruksredskapen ökar och möjligheterna ser därmed positiva ut när det gäller att kunna utnyttja den längre vegetationsperioden i Östergötland.

- I ett framtida klimat kommer den jordförbättrande struktur som skapas av frysning och upptining att minska, och jorden blir därmed tätare och mer svårbehandlad. Speciellt märkbart kommer det att vara i områden med lerjordar, till exempel i Vadsbäckens avrinningsområde. Det medför sämre jordstruktur, mer ytavrinning och därmed ökad erosion av lerpartiklar. Större erosion och transport av fosforbundna partiklar från åkern till vattendraget kommer framför allt att uppkomma vintertid då nederbörden beräknas öka mest. Särskilt kraftfulla kan detta fosforläckage bli på snöfri mark och i kombination med att det blir fler dagar med skyfall. Ytavrinningen under våren kommer däremot troligtvis att minska eftersom snömagasinet är betydligt mindre och jorden inte är tjälad. Fler perioder med sommartorka kommer att innebära att torksprickor blir vanligare. En stor nackdel är att dessa kan öppna en kanal för transport av näringsrikt vatten direkt ner till dräneringen och ut i diket.
- Närsaltsläckaget påverkas om jordstruktur och nederbörd ändras, samt om val av grödor förändras i området. Andra grödor kan behöva mer markbearbetning, bearbetning av jorden på andra tider och eventuellt mer gödsling. Detta skulle kunna ge en ökning av närsaltsläckagen i området.
- För att möta det varmare klimatet bör Länsstyrelsen öka kunskapen om lantbrukarnas behov av bevattning och möjligheter till vattenuttag. Inom de två fokusområdena används i dagsläget inget grundvatten för bevattning av grödor, men de flesta lantbrukare är beroende av grundvatten för sin dricksvattenförsörjning. Problem med grundvattnets kvalitet och kvantitet förekommer framför allt i mindre grundvattenmagasin i jordbruksområdena och utmed kusten. I framtiden kommer grundvattenbildning att minska med ca 5-6 %. Variationer över säsong är större, med upp till ca 30 % minskning under vår och höst till följd av ökad avdunstning och mindre vattenlager i form av snö. När klimatet blir varmare och odlingssäsongen förlängs kan användningen av växtskyddsmedel komma att öka, och därmed ökar risken att växtskyddsmedel sprids till yt- och grundvatten. En viktig åtgärd för att skydda dricksvattenresurserna från förorening är att skapa vattenskyddsområden. Skyfall och översvämningar kan leda till att föroreningar sprids från förorenade områden eller miljöfarliga verksamheter. Det finns också risk att grundvattnet förorenas lokalt från avloppsanläggningar och gödselupplag.
- Den nationella höjddatabasen var ett bra underlag till olika typer av GIS-analyser. I GIS-analyser har information från flera källor kombinerats med höjddatan, till exempel jordarter, markanvändning, täckdikeskartor och turbiditetsmätningar. Den sammanställda kartbilden har, till låg kostnad, visat information om var problemområden för erosion och närsaltsläckage kan förekomma. Detta underlag kan med fördel användas som diskussionsunderlag vid rådgivning.
- Med hjälp av en hydraulisk modell var det möjligt att beräkna förändringar i vattenståndet i diken beroende på framtida flödesförändringar. Detta kan vara viktig information för att se hur vattenflöden påverkar till

exempel dränering. I pilotområdena visade det sig att det blev både lägre vattennivåer, till exempel på våren, och högre vattennivåer, till exempel vid framtida högvattenflöden. De modellerade vattennivåerna blev emellertid inte så stora att de blir direkt avgörande för vilka åtgärder som bör vidtas för att öka jordbrukets avkastning eller minska näringstransporten. Modellen kan dock vara till hjälp vid dimensionering av olika åtgärder. Att sätta upp och köra en hydraulisk modell är ett omfattande arbete och utförs vanligen bara i större och mer komplicerade projekt. I enklare fall kan man med fördel först göra preliminära uppskattningar utifrån mätdata och enklare handräkning.

- Åtgärder för att förbättra vattenkvaliteten i studerade områden är förhållandevis oberoende av klimatförändringen. De åtgärder som utförs idag kommer även att vara aktuella i fortsättningen. Inriktningen på åtgärderna bör antagligen ytterligare fokuseras på fosfor och möjligheterna att minska erosionen vintertid, samt fånga upp partiklar som transporteras från åkermarken. Denna slutsats bygger på bedömningen att ytavrinning och partikeltransport kommer att öka vintertid. För att klara behovet av att minska transporten av fosfor måste åtgärder sättas in på fältet, i diket och vid diket utlopp.
- Vilka åtgärder och i vilken omfattning de ska utföras beror naturligtvis mycket på lokala förhållanden. I Vadsbäcken kan strukturkalkning kombinerat med effektivt placerade kantzoner, anpassade skyddszoner, fosforfällor och tvåstegsdike vara bra metoder. I Skenaån rinner troligtvis en stor del av växtnäring ut via dräneringsrören och grundvattnet och åtgärder bör därför sättas in för att fånga näringen där, till exempel kalkfilterdiken parallellt med ån, mindre fosforfällor i dräneringen, våtmarker och tvåstegsdiken. Det finns i alla områden mycket att vinna i kostnader och effektivitet med att göra en mer lokal analys av vilka åtgärder som skulle kunna vara viktiga just där.
- Många av de åtgärder som är lämpliga för att minska erosions- och näringsförluster har stor vinning både för jordbrukets produktion och för övergödningssituationen. Jordbruket vill undvika att sedimentation i sina diken, samtidigt behöver tillförseln av närsalter och lerpartiklar minskas i vattendraget. Gränsen för när påverkan av näringstransport är ett problem är dock olika för övergödning och jordbruksproduktion, då det krävs betydligt större mängder lera och näringsämnen för att sedimentation i bäcken ska bli ett problem för jordbruksproduktionen än vad som krävs för att få ett övergödningssituation i bäcken. Vilka åtgärder man vill satsa på i de olika områdena verkar dock inte vara det stora problemet för att komma till stånd med åtgärder. Större problem är vilken omfattning åtgärden ska ha, hur stor och hur många, vad det kostar och hur man får finansiering.

Referenser

Blombäck, K., Börgeesen, C., Eckersten, H., Gielczewski, M., Piniewski, M., Sundin, S., Tattari, S., Väisänen, S (Eds). 2013. Productive agriculture adapted to reduced nutrient losses in future climate – Model and stakeholder based scenarios of Baltic Sea catchments. Baltic Compass.

Collentine D., Eckersten H., Norman Haldén A., Ryd Ottoson J., Salomon E., Sundin S., Tattari S., Braun J., Kuussaari, M., 2013. Consequences of future nutrient load scenarios on multiple benefits of agricultural production. Department of Crop Production Ecology, Report No. 17, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 65pp. ISBN 978-91-576-9178-1.
http://pub.epsilon.slu.se/10864/1/eckersten_h_131022.pdf

DHI, 2014. Nordblom: Hydraulisk modellering av Vadsbäcken. Uppdragsnummer 12802711.

Eckersten, H., Kornher, A. 2012. Klimatförändringarnas effekter på jordbrukets växtproduktion i Sverige – scenarier och beräkningssystem. Rapport No 14, Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU.
http://pub.epsilon.slu.se/8590/1/eckersten_h_120208.pdf

Eckersten, H., Andersson, L., Holstein, F., Mannerstedt Fogelfors, B., Lewan, E., Sigvald, R., Torssell, B. 2007. Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige. Bilaga 24 i: Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, SOU 2007:60, Bilagedel B, bilaga B 23-27: 26-277 (summary in English). <http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334>

Fogelfors, H., Wivstad, M., Eckersten, H., Holstein, F., Johansson, S., Verwijst, T. 2009. Strategic analysis of Swedish Agriculture (Swedish title of parent project: Framtidsanalys av svenskt jordbruk - Odlingssystem och jordbrukslandskap i förändring (FANAN)). Report No 10, Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 68 pp.
<http://pub.epsilon.slu.se/4626/>

Graham, M, Powell, N. 2012. Agriculture in a Changing Context. Projected Land Use Changes in the Baltic Sea Region 2020/2050. Baltic Compass.

Gustafsson, P. 2013. Förslag på åtgärder för att förbättra biotoper i tre vattendrag på Vikbolandet – Vadsbäcken, Bjärkusaån och Varaån. Länsstyrelsen Östergötland.

Hultgren, J., Lejontand, A., Karlsson, S. 2014. Klimateffekter och riskklassning av förorenade områden- en pilotstudie om klimateffekternas påverkan på förorenade områden. Länsstyrelsen Östergötland, 2014:6.

IPCC, 2013. WGII AR5 Chapter 7. Food Security and Food Production Systems.

Johannesson, Karin. 2015. Particulate phosphorus accumulation and net retention in constructed wetlands receiving agricultural runoff. Doktorsavhandling nr 1648 Linköpings universitet. ISBN 978-91-7519-107-2.

Jordbruksverket. 2008. 64 åtgärder inom jordbruket för god vattenstatus. Rapport 2008:31.

Jordbruksverket, 2012. Vässa växtskyddet för framtidens klimat. Rapport 2012:10.

Jordbruksverket, 2013. Jordbrukets markavvattningsanläggningar i ett nytt klimat. Rapport 2013:14.

Jordbruksverket/ LRF. 2014. Grön konkurrenskraft - produktivitet i Sverige och i konkurrentländer.

Jordbruksverket 2015. Nordlund. Beräkningsdokumentation, Skenaån hydrauliska beräkningar.

Larsson, M., Boström, G., Gönczi, M., Kreuger, J. 2014. Kemiska bekämpningsmedel i grundvatten 1986–2014. Sammanställning av resultat och trender i Sverige under tre decennier, samt internationella utblickar. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2014:15, CKB rapport 2014:1.

Länsstyrelsen, 2013. Bratt, A., Keljalic, I. Regional Vattenförsörjningsplan för Östergötland, 2013:9.

Länsstyrelsen, 2014. Regionalt miljöövervakningsprogram Östergötlands län, 2015-2020. Länsstyrelsen Östergötland, 2014:4.

Maxe L. & Thunholm B. (2007) Områden där grundvattennivån är av särskild betydelse för vattenkvalitet, markstabilitet eller ekosystem. SGU-rapport 2007:20.
http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/SGU-rapport_2007-20.pdf

Melin, M., Sigfridsson, K., Strand, L. 2010. Växtodling i Sverige 2040. Gradvis, Hushållningssällskapet.

Naturvårdsverket, 1999. Metodik för inventering av förorenade områden, Rapport 4918. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-4918-6.pdf>

Naturvårdsverket, 2014. En ekonomisk utvärdering av inverkan av marknära ozon på växtligheten i Sverige. Naturvårdsverket.

Ojala L., Thunholm B., Maxe L., Persson G. & Bergmark M. (2007) Kan grundvattenmålet klaras vid ändrade klimatförhållanden? – underlag för analys. SGU-rapport 2007:9.
http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/SGU-rapport_2007-9.pdf

Olesen & Bindi, 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. Tjele Denmark: Danish Institute of Agricultural Sciences.

Olesen, Andersson & Nielsen, 2006. Tilpasning i klimaändring i landbrug och havebrug. Ministeriet för födarevarer, Landbrug, Fiskeri.

Rodhe A., Lindström G. & Dahné J. (2009) Grundvattennivåer i ett förändrat klimat.

http://www.sgu.se/dokument/fou_extern/Rodhe-Lindstrom-Dahne_2009.pdf

Samuelsson, C. 2005. Brunnsinventering i Östergötlands län – utvärdering av grundvatten i jordbruksområden 2004-2005. Länsstyrelsen Östergötland, 2005:19.

SGI, 2005. Föroreningsspridning- Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat. SGI Varia 560:3.

<http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/Varia/pdf/SGI-V560-3.pdf> 36

SGI 2007a. Föroreningsspridning vid översvämningar, etapp 1- ett uppdrag för klimat och sårbarhetsutredningen, Varia 576, Linköping 2007.

<http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/varia/pdf/sgi-v576.pdf>

SGI 2007b. Föroreningsspridning vid översvämningar, etapp 2- ett uppdrag för klimat och sårbarhetsutredningen, Varia 577, Linköping 2007.

<http://www.swedgeo.se/upload/Publikationer/Varia/pdf/SGI-V577.pdf>

SGI 2008. Länsstyrelsen Östergötland Riskbild Östergötland- Översiktlig inventering av risker för naturolyckor- dagens och framtidens klimat.

http://www.lansstyrelsen.se/ostergotland/SiteCollectionDocuments/Sv/nyheter/2008/oversiktig_inventering_av_risker_for_naturolyckor.pdf

SMHI 2012/143: Wern. *Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900-2011.*

SMHI 2014/27. Berglöv och Sjökvist, 2014. *Klimatanalys för JoVaK.* Rapport 2014/27.

SMHI 2014/35: Berglöv, Andersson, Dahné, Hallberg, och Tengdelius-Brunell. *Hydrologisk analys för JoVaK.* Rapport 2014/35.

SMHI, 2014. Klimatscenarier hämtat från [www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/klimatscenarier/RCP 8,5/Östergötland](http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/klimatscenarier/RCP_8,5/Östergötland).

Steffens, K., Jarvis, N., Lewan, E., Lindström, B., Kreuger, J., Kjellström, E. & Moeys, J. 2015. Direct and indirect effects of climate change on herbicide leaching – A regional scale assessment in Sweden. *Science of the Total Environment*, 514, 239-249.

Svensson, K., Beckman-Sundh, U., Darnerud, P-O, Forslund, C., Johnsson, H., Lindberg, T., Sand, S. 2009. Kemisk riskprofil för dricksvatten. Livsmedelsverket 2009:14. Dricksvattendirektivet, 1998. Rådets direktiv 98/83/EG om kvaliteten på dricksvatten (ändring av direktiv 80/778/EEG).

Svenskt Vatten AB, 2007. Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Svenskt Vatten AB, Meddelande135M.

Vattenmyndigheterna och Länsstyrelserna. 2013. PM-Specifikation för datamängd i VMHymo, Dnr: 733-2013-1.

<http://www.viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/51619/Specifikation%20f%C3%B6r%20datam%C3%A4ngd%20i%20VMHyMo.pdf>

Westhoek, H., Zeijts, H., Witmer, M., van den Berg, M., Overmars, K., van der Esch, S., van der Bilt, W. 2012. Greening the CAP. An analysis of the effects of the European Commission's proposals for the Common Agricultural Policy 2014-2020. PBL Publication number: 500136007.

Wivstad, M. (2010) Klimatförändringarna – en utmaning för jordbruket och Giftfri miljö. Underlagsrapport för miljömålsutvärdering av miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktions-ekologi/Centrum för uthålligt lantbruk. Kemikalieinspektionen PM 2/10.
http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM2_10.pdf

Åberg, E. 2014, Turbiditet som ersättningsmått för totalfosforhalt i kustmynnande vattendrag i Östergötland, Institutionen för fysik, kemi och biologi, Examensarbete 16 hp, LiTH-IFM- Ex-14/2887—SE.

Öborn, I. 2013. Scenario development. AMBIO 42:838-839.



lansstyrelsen.se/ostergotland

Länsstyrelsen Östergötland

POSTADRESS 581 86 Linköping BESÖKSADRESS Östgötagatan 3

TELEFON 010 - 223 50 00 TELEFAX 013 - 10 13 81