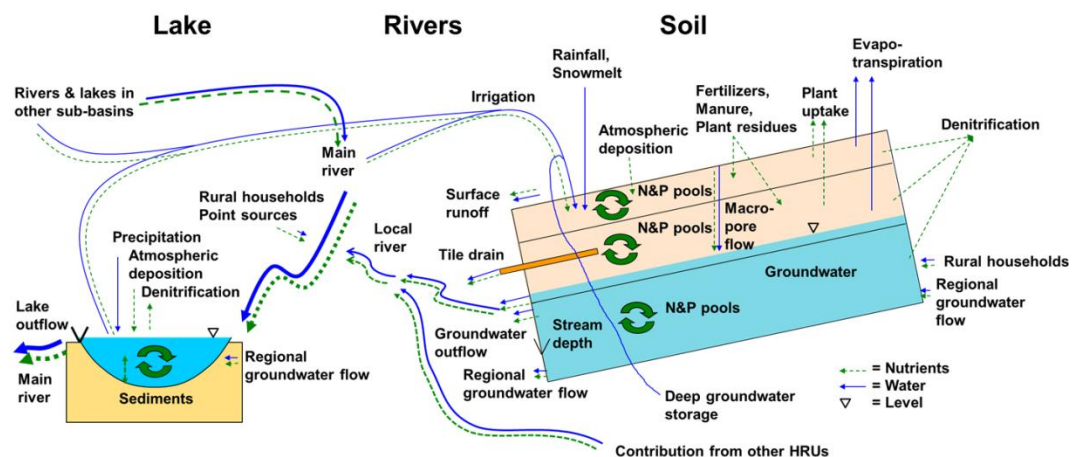


Modellering av åtgärders effekt i Tullstorpsåns avrinningsområde

1 Modelluppsättning

1.1 HYPE-modellen

HYPE (Lindström m.fl., 2010) är en hydrologisk modell för integrerad simulering av flöden och omsättning av vatten och näringsämnen. Den ger möjligheter för att beräkna faktorer knutna till vattenresurser och vattenkvalitet. HYPE simulerar vattenflöden och ämnen från nederbörd genom mark och åar och sjöar till vattendragets utlopp, se Figur 1. Avrinningsområdet delas upp i delområden och vidare i klasser beroende på markanvändning och jordart. Typiska markanvändningar kan vara skog, sjö, öppen mark, men även indelning i olika grödor som t ex vete och potatis används. Modellen hanterar vattnets flödesvägar i mark och ämnesomsättningen i marken för de olika markklasserna. Marken i varje klass delas upp i flera skikt vilka kan ha olika tjocklek. HYPE simulerar näringsämnena kväve och fosfor uppdelade i fraktionerna oorganiskt respektive organiskt kväve och löst reaktivt respektive partikulärt fosfor. Beräkningarna görs med dagligt tidssteg. Modellen har med de viktigaste källorna och sänkorna för kväve och fosfor i mark, sjöar och vattendrag, liksom en förenklad beskrivning av omsättningen av dessa ämnen samt flöden av vatten och näringsämnena genom det hydrologiska systemet.



Figur 1. Konceptuell beskrivning av flödesvägar och processer i HYPE-modellen

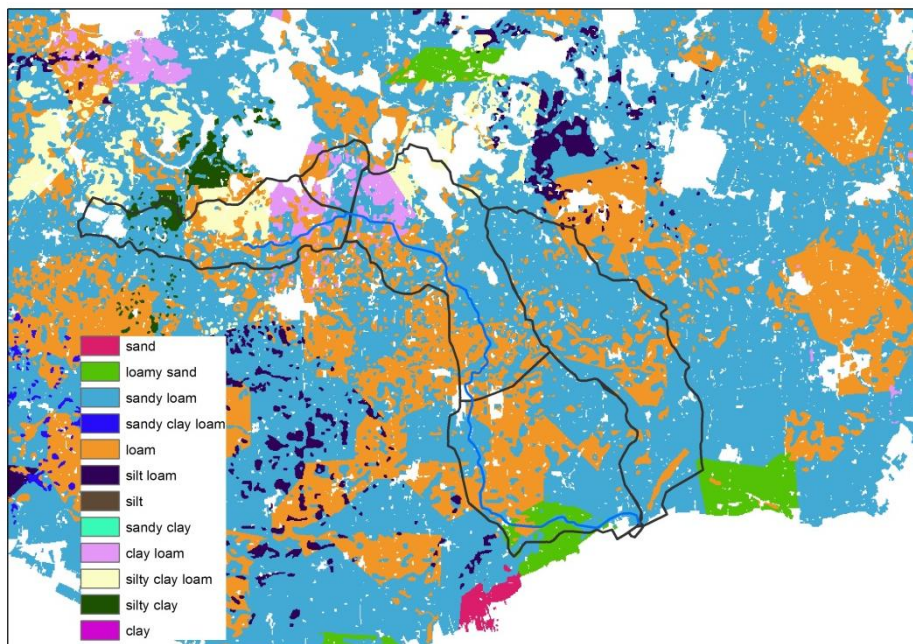
S-HYPE är den nationella tillämpningen av HYPE för Sverige där både vattenflöden och närsalter simuleras. I den senaste versionen som bygger på delavrinningsområdesindelningen i SVAR version 2012:2 simuleras ca 36 000 delavrinningsområden. Modellen används bland annat för rapportering relaterat till EU:s ramdirektiv för vatten. Modellresultat för hela landet och för enskilda delavrinningsområden, inklusive källfördelning för närsalter, finns för nedladdning på SMHI Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>). Indata för S-HYPE består

av nationella databaser på t.ex. jordart, markanvändning, jordbruksstatistik, punktkällor och meteorologiska data.

1.2 Lokal anpassning för Tullstorpsåns avrinningsområde

Med S-HYPE som grund anpassades en lokal modell för Tullstorpsåns avrinningsområde. En förfining av delavrinningsindelningen gjordes för att förbättra simuleringen av lokala förhållanden och för att underlätta modellering av åtgärder inom området samt att anpassa områdesindelningen till punkter där mätningar finns. Det kan dock svårt att med stor noggrannhet fastställa gränser för avrinningsområden i jordbrukslandskap med omfattande täckdikessystem och kulverteringar.

Förluster av näringsämnen från jordbruksmark beror till en stor del på matjordens fysiska och kemiska egenskaper. Insamling av fältdata från lokala lantbrukare utfördes men gav en relativt dålig täckning av området. Istället användes en nyutvecklad jordartskartering från Jordbruksverket (Jordbruksverket, 2014) som består av kartor på matjordens textur och kemiska beskaffenhet. Denna jordartskarta kompletterades med SGUs jordartskarta. Detta kartunderlag bedömdes fungera bra för ändamålet och för den detaljnivå som är möjlig att simulera med HYPE-modellen. Figur 2 visar matjordens textur och indelningen i delavrinningsområden. Förutom textur så användes också jordens fosformättnadsgrad som kan ge en indikation om risken för fosforutlakning.



Figur 2. Jordartskarta och indelning i delavrinningsområden för Tullstorpsåns avrinningsområde.

2 Kalibrering

De flesta hydrologiska modeller behöver någon form av kalibrering, anpassning till mätdata. Detta gäller särskilt s.k. konceptuella modeller som bygger på förenklade processbeskrivningar men även mer fysikaliska modeller med en mer utvecklade processbeskrivningar. HYPE kan i sammanhanget betraktas som semi-konceptuell. Helst behövs längre tidsserier på t.ex. uppmätt flöde och närsaltskoncentrationer vid kalibrering. För kalibrering av flöden och närsaltskoncentrationer i vattendrag i Tullstorpsåns avrinningsområde användes följande:

- Kortare vattenföringstidsserie från Jordeberga där en tryckgivare installerats i vattendraget som möjliggör vattenståndsbestämning (Se Bild 1). Genom ett antal flödesmätningar i ån har en avbördningsekvation, som beskriver sambandet mellan vattenstånd och flöde, tagits fram som användes för att räkna om vattenstånd till flöde.
- Mätningar av kväve och fosforkoncentrationer i Tulltorpsån utförda under 2009-2010. Mätningarna omfattar förutom totalhalterna av kväve och fosfor även de ingående fraktionerna (oorganisk och organiskt kväve samt partikulärt fosfor och fosfat-P).
- Längre tidsserie med uppmätta totalkväve- och totalfosforkoncentrationer i anslutning till åns utlopp i havet.
- Modelluppsättningar av områden med liknande markanvändning och jordart där mätningar finns tillgängliga. De flesta parametrarna i HYPE är kopplade till antingen jordart eller markanvändning. Genom att kalibrera modellen mot mätdata i andra, i någon aspekt homogena områden, kan känsliga parametrar ställas in för de olika markanvändningarna och jordarterna (se Strömquist m.fl., (2012) för en genomgång av kalibreringsprinciper för HYPE).



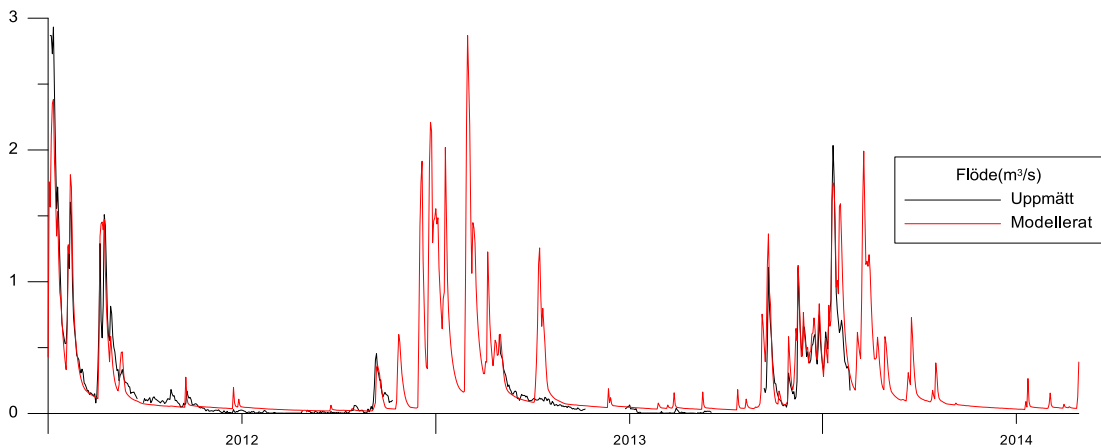
Bild 1. Bild på utplacerad tryckgivare i Tulltorpsån vid Jordeberga.

2.1 Vattenföring

Avsaknaden av större sjöar som kan verka dämpande på vattenföringen ger ett väldigt dynamiskt flöde i Tulltorpsån med långa perioder av lågflöde och episoder då flödet stiger och sjunker undan snabbt. Modellen fångar denna dynamik bra (Figur 3) och också den

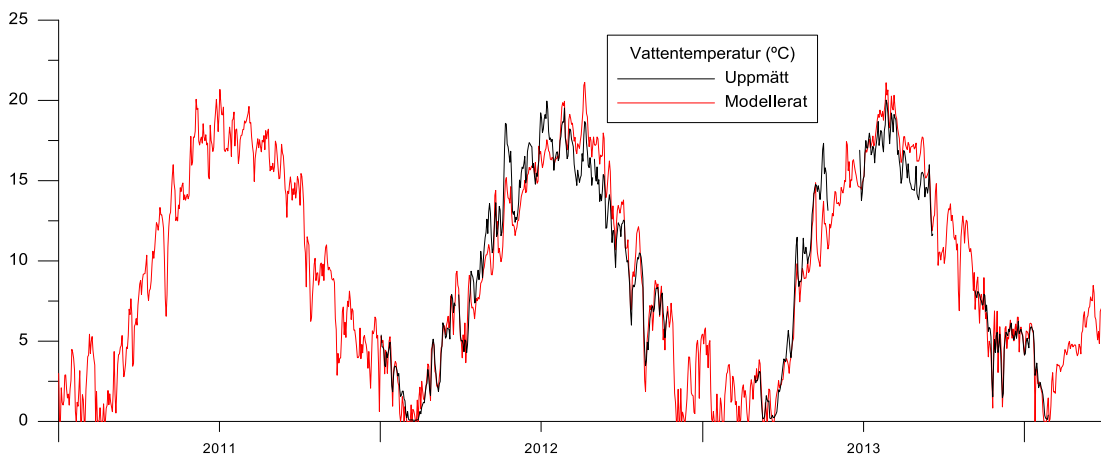
simulerade vattenbalansen (skillnader i simulerade och uppmätta vattenvolymer) är bra. Nash-Sutcliffe Efficiency, ett vanligt utvärderingsmått inom hydrologin, är 0.76 för vattenföringssimuleringen (max 1.0) vilket kan anses tillfredställande.

Den tryckmätare som installerade vid Jordeberga mäter också vattentemperatur. Temperaturen i ett vattendrag beror på temperaturutbyte med luften och på ytvattnets strålningsbalans men även temperaturen på avrinnande vatten kan ha en stor betydelse. Vattentemperatur kan därför användas som ett slags spårämne för att ge en indikation på förhållandet mellan olika flödesvägar i marken (basflöde med jämn temperatur jämfört med mer marknära avrinning där temperaturen mer liknar lufttemperaturen). I HYPE-modellen finns numera möjligheten att simulera vattentemperatur. Detta användes för att ge en ytterligare indikation på att modellens avrinningssimuleringar är realistiska (Figur 4).



Figur 3. Modellerad och uppmätt vattenföring i Tullstorpsån vid Jordeberga.

Figur 3.

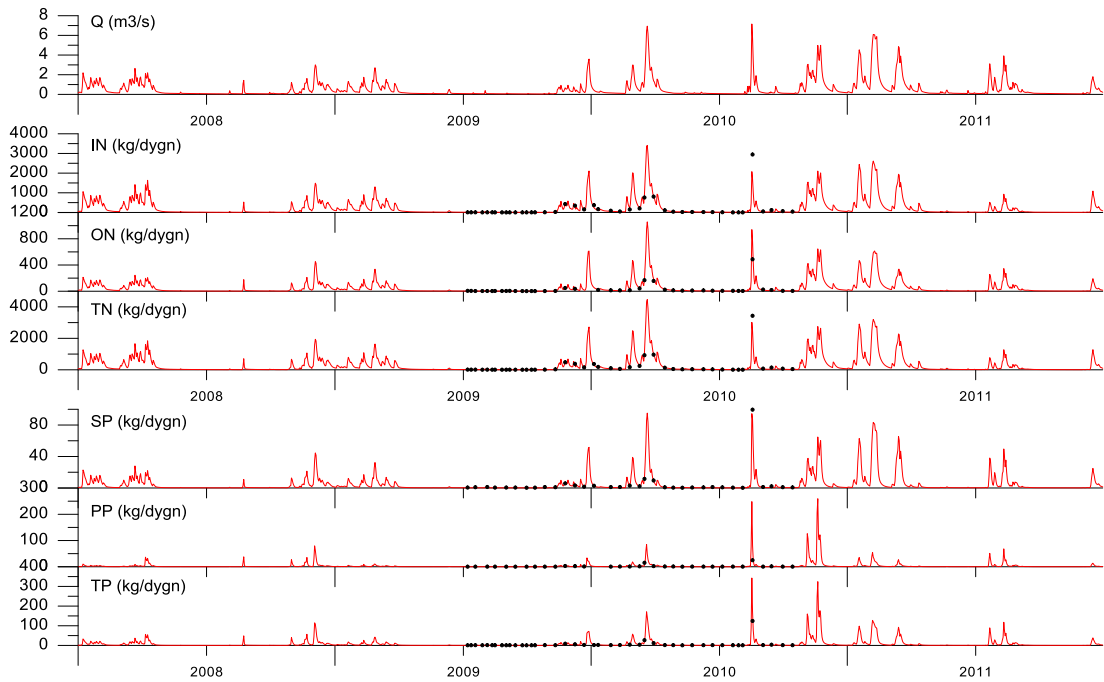


Figur 4. Modellerad och uppmätt vattentemperatur i Tullstorpsån vid Jordeberga.

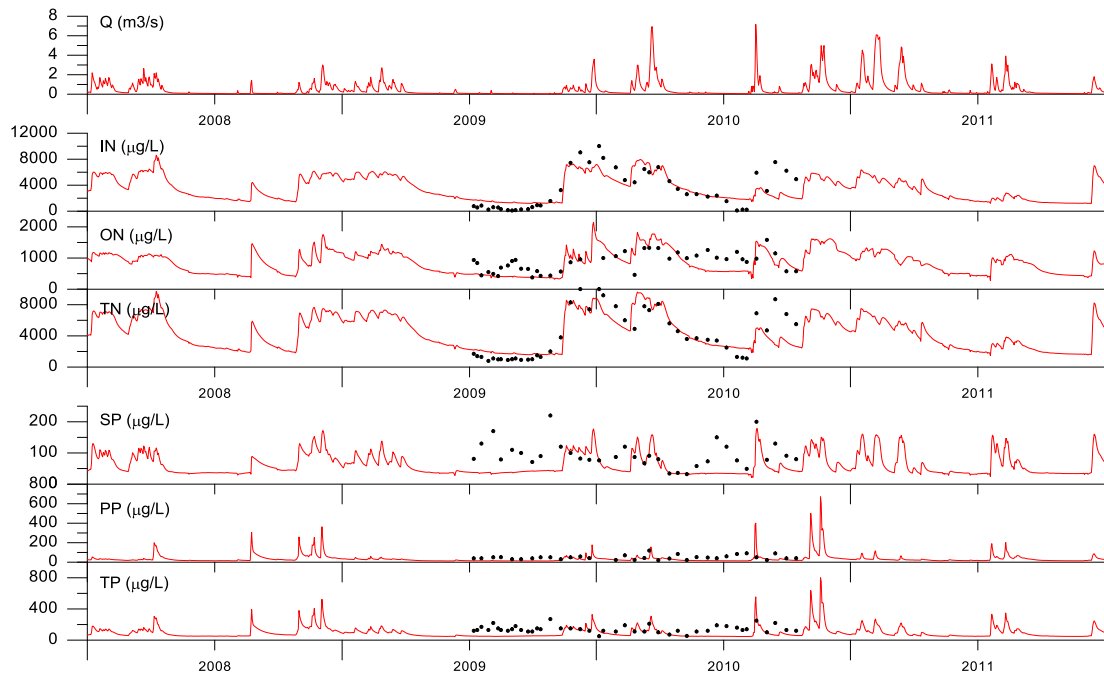
2.2 Närsalter

Det varierande flödet i Tullstorpsåns avrinningsområde gör att den mesta transporten av kväve och fosfor koncentreras till ett mindre antal episoder årligen (Figur 5). Modellen lyckas fånga dessa väl och torde ge en god uppskattning på kväve- och fosfortransporter från området (103 respektive 3,1 ton/år). Dynamiken i kvävekoncentrationer är också (Figur 6) väl simulerat. För fosfor underskattas koncentrationerna under lågflöden vilket kan bero på att frigörelse från sediment i vattendragen, en process som inte ännu modelleras i HYPE. Denna tendens ses också vid utloppet till havet där ett större biflöde tillkommer (Figur 7). Belastningen på vattendrag från diffusa källor är relativt homogen för kväve i området (Figur

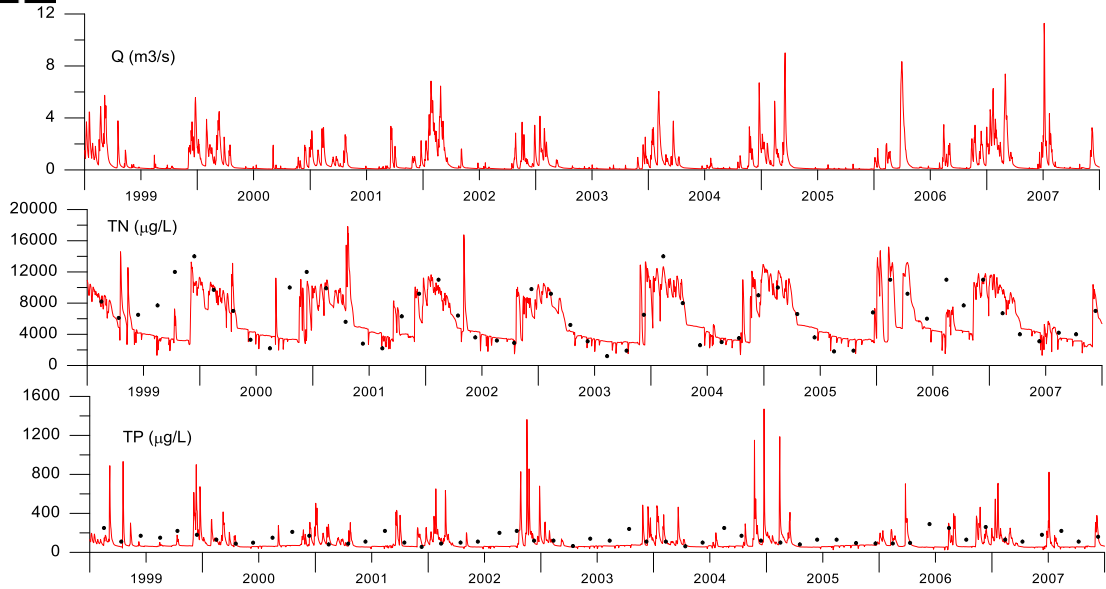
8) medan fosforbelastningen (Figur 9) varierar mer, beroende på skillnader i jordart inom avrinningsområdet.



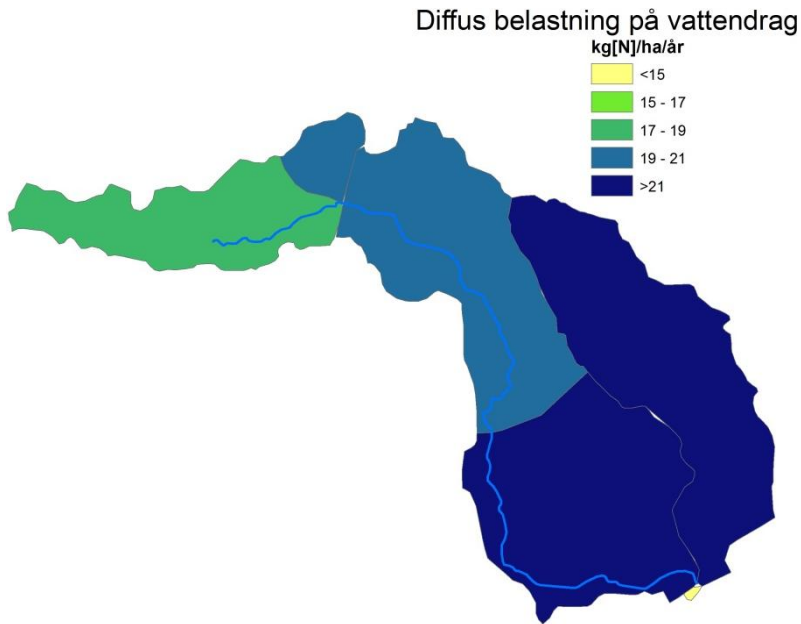
Figur 5. Modellerat flöde (Q) samt uppmätta och modellerade transporter i Tullstorpsån av organiskt kväve (IN), organiskt kväve (ON), totalkväve (TN), löst reaktivt fosfor (SP), partikulärt fosfor (PP) och totalfosfor (TP).



Figur 6. Modellerat flöde (Q) samt uppmätta och modellerade koncentrationer i Tullstorpsån av organiskt kväve (IN), organiskt kväve (ON), totalkväve (TN), löst reaktivt fosfor (SP), partikulärt fosfor (PP) och totalfosfor (TP).

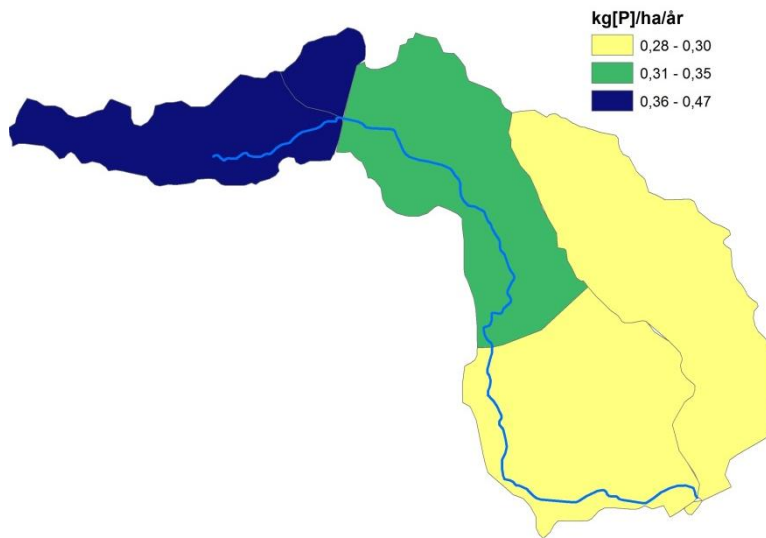


Figur 7. Modellerat flöde (Q) samt uppmätta och modellerade koncentrationer nära Tullstorpsåns utlopp i havet av totalkväve (TN) och totalfosfor (TP).



Figur 8. Total modellerad ytspecifik diffus kvävebelastning från land till vattendrag i Tulltorpsåns avrinningsområde.

Diffus belastning på vattendrag



Figur 9. Total modellerad ytspecifik diffus fosforbelastning från land till vattendrag i Tullstorpsåns avrinningsområde.

3 Åtgärdsmodellering

3.1 Dammar och våtmarker

Kväve- och fosforreduktion i dammar och våtmarker kan simuleras med HYPE. Beräkningarna bygger på våtmarksrutiner utvecklade för svenska förhållanden (Tonderski m.fl., 2002) och styrs av vattnets uppehållstid, dammens/våtmarkens yta och vattentemperatur. Genom att modellen är dynamisk kan effekten av variationen i flöden och näringsbelastning under året simuleras på ett realistiskt sätt. Uppgifter om anläggningarna som behövdes för modellering kommer från Tullstorpsåprojektets hemsida och förstudier om våtmarksanläggningar i Tullstorpsåns avrinningsområde (Naturvårdsingenjörerna AB, 2012 och Pettersson, 2011). Beskrivning av anläggningarna samt resultat följer nedan.

3.1.1 Skateholmboplatsen

Anlagd våtmark om totalt 1.3 ha varav som 0.2 ha permanent vattenyta nära Tullstorpsåns mynning i havet. Området beräknas översvämma en till flera gånger per år varvid hela våtmarksområdet kan översvämmas. Våtmarken får sin vattenförsörjning från Tullstorpsån. Den med HYPE beräknade minskningen av kväve och fosfor i anläggningen uppgår till 28 respektive 7,4 kg årligen vilket motsvarar 0.03 samt 0.24 % av den totala transporten i ån.

3.1.2 Sillesjö

12.5 ha stort våtmarksområde med primär funktion att fungera som översvämningszon för att buffra vatten under högflöden. En del av flödet i ån leds genom våtmarken som också har som funktion att minska transportererna av kväve och fosfor i ån. Den beräknade reduktionen av kväve och fosfor i våtmarken uppgår till cirka 100 respektive 23 kg årligen.

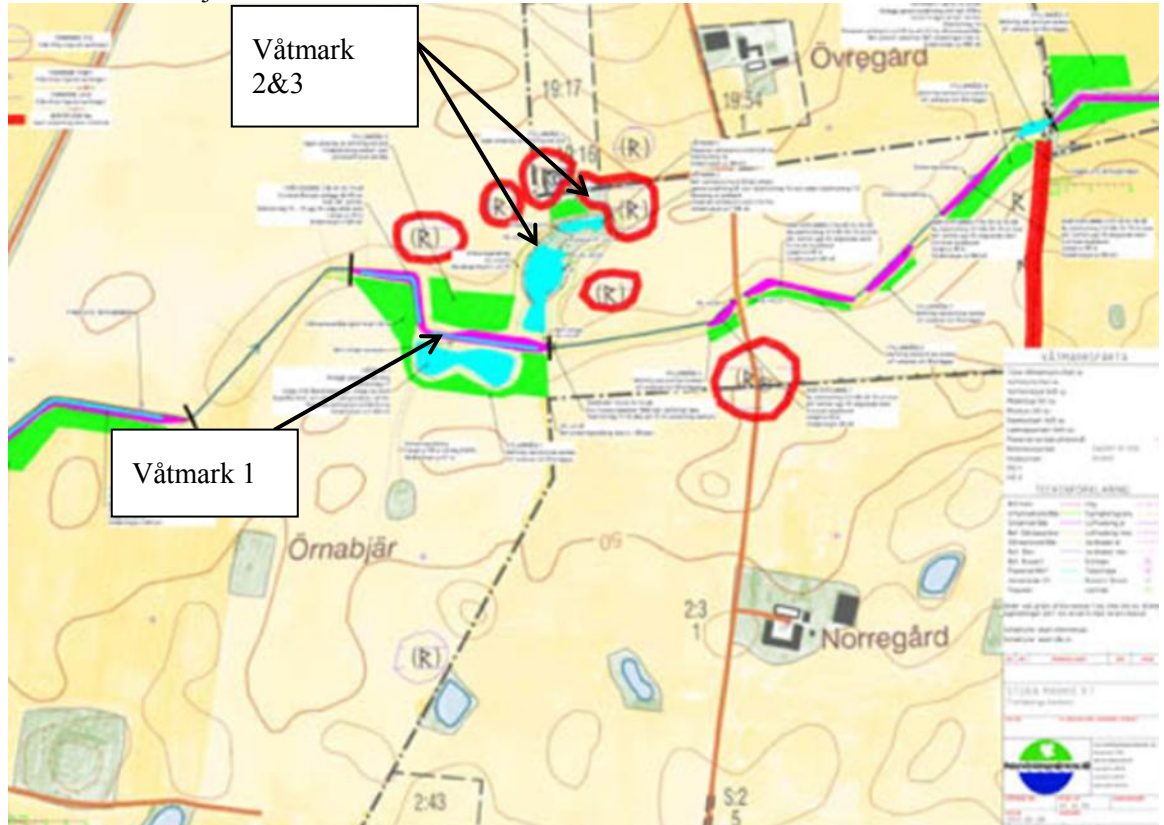
3.1.3 Börringe mad

Börringe mas är ett c:a 20 ha stort våtmarksområde med en medelvattenyta på 8.5 ha anlagd på Börringe Klosters mark. Våtmarken är stor i förhållande till avrinningsområdet och den

beräknade kväve- och fosforreningen uppskattas till 386 samt 42 kg kväve och fosfor årligen.

3.1.4 Ålholmen

Som del av en större vattendragsrening anläggs ett antal våtmarker mellan Stora Markie Gods och Stävesjö Gård.



Figur 10. Tre våtmarksanläggningar ingående i projekt Ålholmen.

- Våtmark 1 ligger söder om ån med ett uppskattat avrinningsområde på 30 ha jordbruksmark. Den årliga kväve- och fosforreduktionen beräknas till 31 och 6,6 kg.
- Våtmark 2 och 3 ligger norr om ån. Det uppskattade avrinningsområdet är 10 ha. Våtmarkerna modelleras som en enhet och den samlade reduktionen av näringsämnen beräknas till 22 kg kväve och 3,4 kg fosfor per år.
- Våtmark 4 och 5 ligger på huvudvattendraget och beräknas tillsammans rena 16 kg kväve och 5,5 kg fosfor per år

3.1.5 Sörby Kjöse

En 7 ha stor våtmark som buffrar högflöden i ån genom att en del av flödet leds in genom våtmarken. Samtidigt fungerar våtmarken som närsaltsfälla med en årlig beräknad kväve- och fosforavskiljning på 88 respektive 17 kg per år.

3.2 Övriga åtgärder

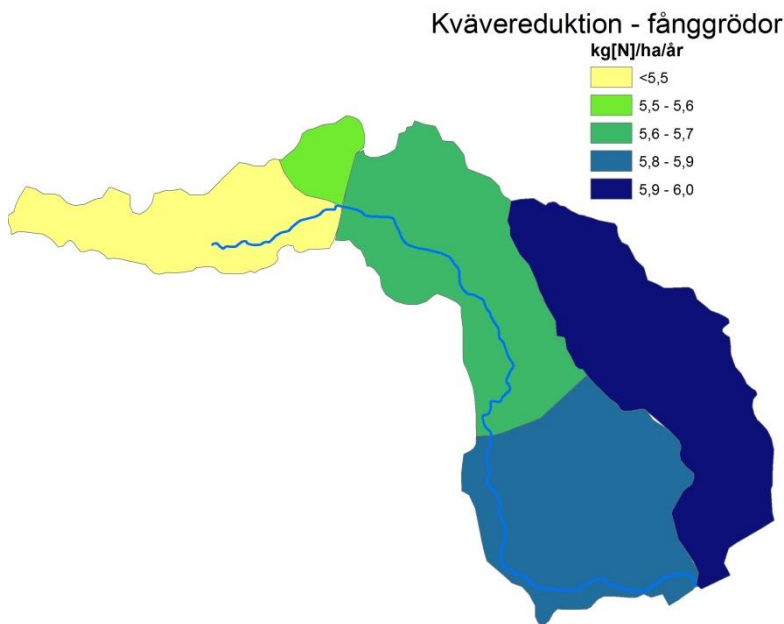
Det är med HYPE-modellen möjligt att simulera effekten av ett antal åtgärder riktade mot att minska närsaltsförluster från jordbruksmark till vattendrag. Modelleringen har föregåtts av en noggrann litteraturstudie för att fastställa rimligheten i modellens antaganden och inställningar.

3.2.1 Minskad gödsling

Modellen visar sig vara relativt okänslig för en minskning av handels- och stallgödsel givor. Minskningen av kväveutlakning minskar med ungefär 1 % om gödslingen minskar med 10 %. Detta kan förklaras med att givorna generellt ligger på nivå där växterna tar upp en stor andel av kvävet och att en minskning av gödslingen inte ökar kväveutnyttjandet. Effekten på fosforförluster är i det korta perspektivet försumbar, men en förändrad gödslingsnivå påverkar utveckling av fosforförråden i marken, och därmed utlakningspotentialen, på längre sikt.

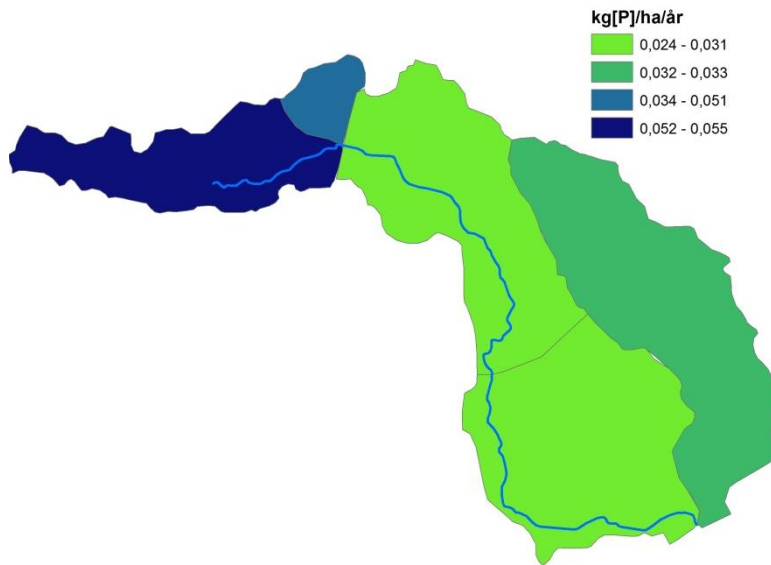
3.2.2 Fånggrödor

Fånggrödor sås in i befintlig gröda med huvudsaklig avsikten att ta upp nitrat ur jorden som har mineraliserats efter att huvudgrödan näringsupptag avtagit. Nitrat som annars riskerar att urlakas när dräneringen från fälten ökar under höst och vinter. Fånggrödan kan också fylla en funktion genom att öka marktäckningen och så sätt skydda från yterosion och förlust av fosfor. Det finns dock vissa frågetecken om hur fånggrödor påverkar den långsiktiga kvävedynamiken i åkermark särskilt vilken effekt nedbrytning och mineralisering av nedplöjda fånggrödor har på kväveutlakningen. Genomsnittlig modellerad effekt av fånggrödor på kväveutlakningen från de grödor där fånggrödor lämpar sig är c:a 6 kg kväve per ha åkermark (Figur 11). Minskningen av fosforförluster, vilken främst kan förklaras med minskad erosion varierar mellan 0,024 – 0,055 kg/ha (Figur 12), där den största reduktionen är kopplat till områden med högre andel finare jordar.



Figur 11. Genomsnittlig årlig reduktion av simulerad kväveutlakning per ytenhet jordbruksmark där fånggrödor sås in.

Fosforreduktion - Fånggrödor

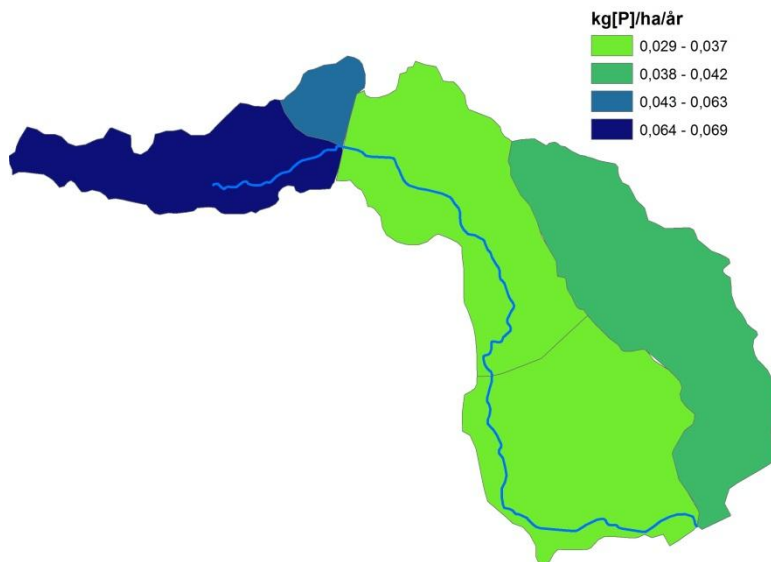


Figur 12. Genomsnittlig årlig reduktion av simulerade fosforförluster per ytenhet jordbruksmark där fånggrödor sås in.

3.2.3 Kantzoner

Kantzoner anläggs längs vattendrag eller diken för fånga upp eroderat material i ytavrinning innan det når vattnet. Jord eroderad från jordbruksmark innehåller ofta höga halter fosfor (partikulärt fosfor). Potentialen att minska fosforförluster från vattendragsnära jordbruksmark illustreras i Figur 13. Modellen tar inte hänsyn till den eventuella effekt som förändrad markanvändning av själv ytan där kantzonen anläggs har.

Fosforreduktion - kantzoner

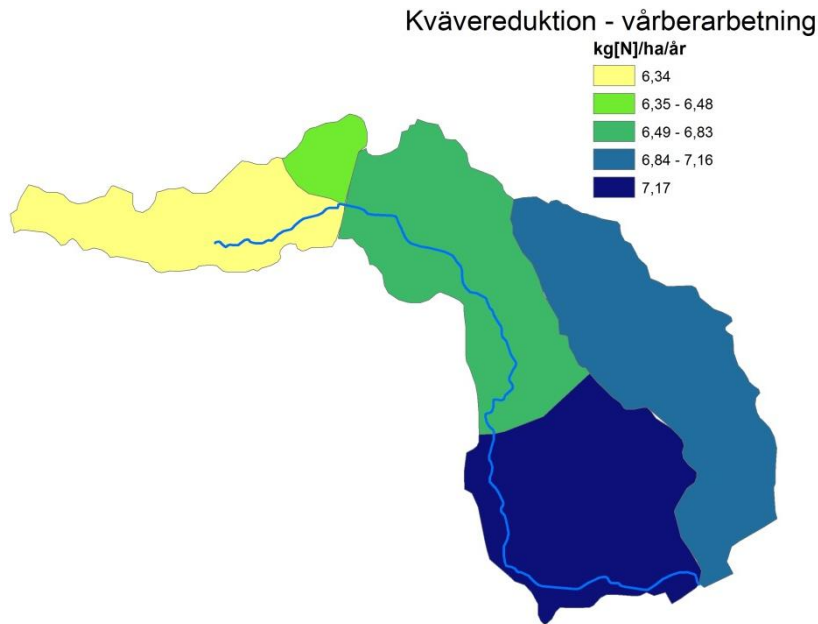


Figur 13. Genomsnittlig årlig reduktion av simulerade fosforförluster per ytenhet vattendragsnära jordbruksmark som blir skyddad av kantzoner.

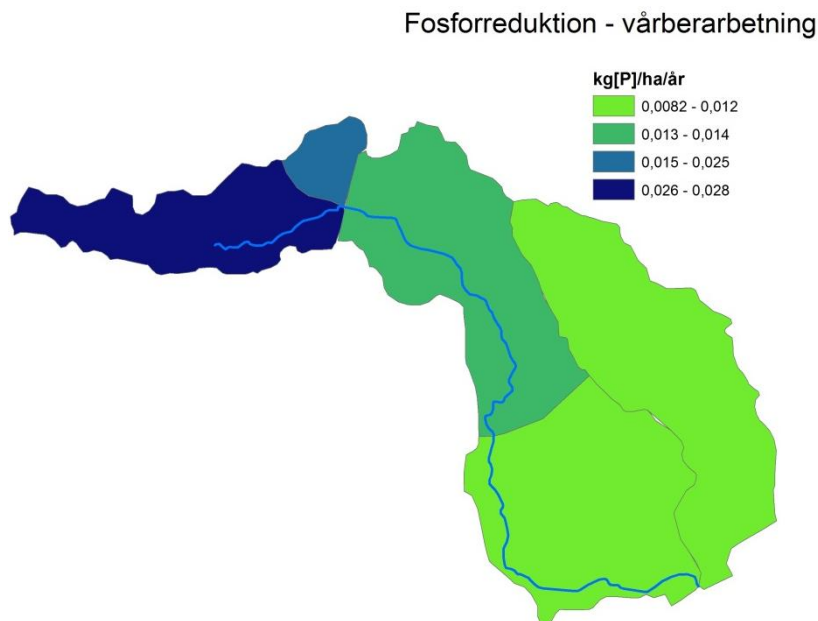
3.2.4 Vårbearbetning

Genom att fördröja jordbearbetningen efter skörd till våren kan en förhöjd kväveminalisering på hösten undvikas. Förbättrad marktäckningsgrad under höst och vinter kan också verka positivt på fosforförluster genom att minska jorderosion. Åtgärden är

beroende av jordens bärighet på våren. Åtgärden har enligt modellen relativt stor effekt på kväve (Figur 14). Effekten på fosfor är mindre (Figur 15).



Figur 14. Genomsnittlig årlig reduktion av simulerad kväveutlakning per ytenhet jordbruksmark där höstbearbetning ersätts med vårbearbetning.



Figur 15. Genomsnittlig årlig reduktion av simulerade fosforförluster per ytenhet jordbruksmark där höstbearbetning ersätts med vårbearbetning.

4 Referenser

Jordbruksverket 2014. webbplats: Jordart och växtnäringstillstånd i åkermarken.
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/miljoutvarderingarforsokochutveckling/jordartiakermark.4.23f3563314184096e0d2b77.html>

Lindström, G., Pers, C.P., Rosberg, R., Strömqvist, J., Arheimer, B. 2010. Development and test of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) model – A water quality model for different spatial scales. Hydrology Research 41.3-4:295-319.



Naturvårdsingenjörerna AB. 2012. Tullstorpsåprojektet – Våtmarksinventering del II. Rapport till Tullstorpsån ekonomiska förening

Petterson, J. 2011. Modellering av fosfor- och kväveretention i våtmarker - effekt av planerade våtmarker inom Tullstorpsåprojektet. Examensarbete.

Strömqvist, J., Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C. and Lindström, G. (2012) Water and nutrient predictions in ungauged basins: set-up and evaluation of a model at the national scale, *Hydrological Sciences Journal*, 57:2, 229-247.

Tonderski, K., Arheimer, B. & Pers, C. 2005. Modeling the impact of potential wetlands on phosphorus retention in a Swedish catchment. *Ambio* 34: 544-551.