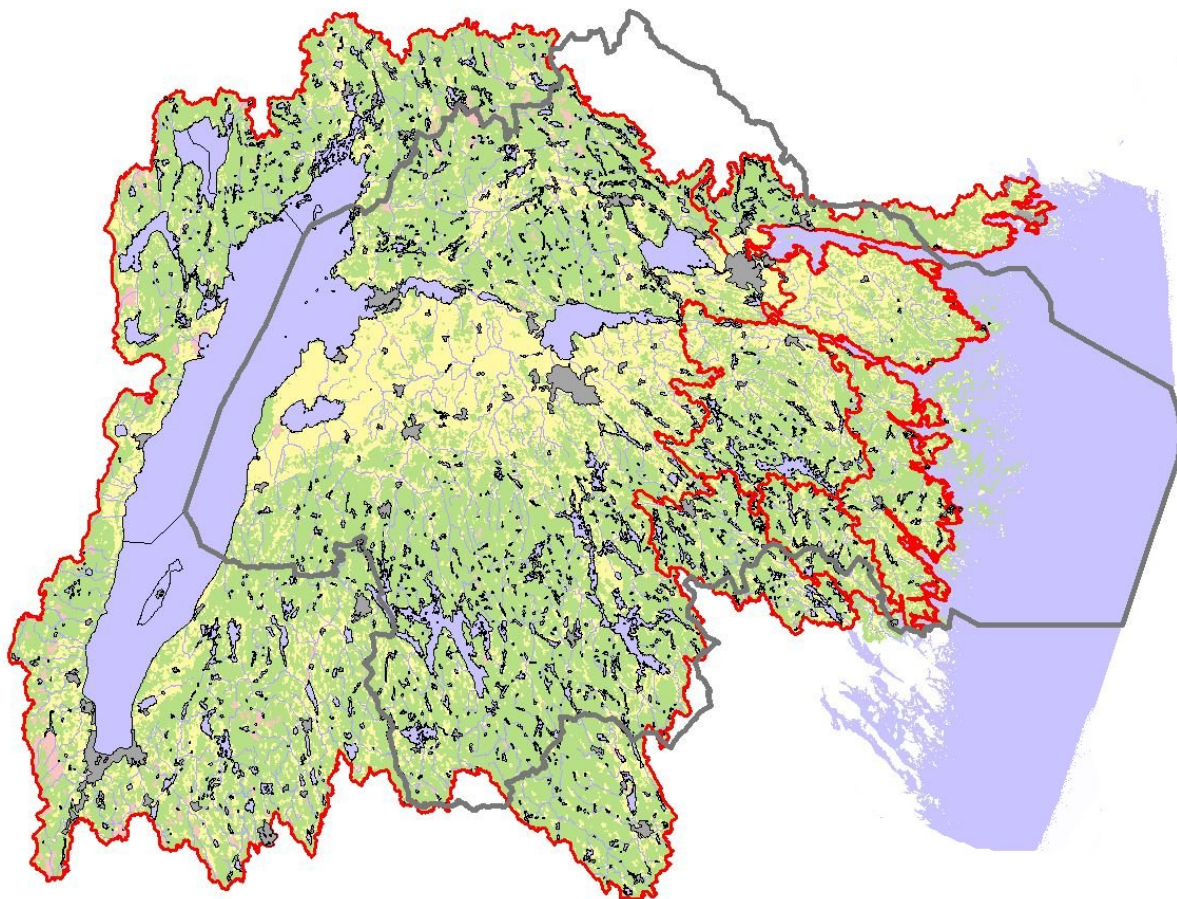




**Anpassning av TRK-systemet
från nationell till regional nivå
samt scenarioberäkningar för
kväve
- Tester för Motala Ström**

Maja Brandt och Gun Grahn, SMHI
Erik Årnfelt och Niclas Bäckman, Länsstyrelsen
Östergötland

Kartan på omslaget visar Östergötlands samverkansområde, där regionaliseringen testats. Kartan är skapad med underlag från GSD-Översiktskartan, Lantmäteriet. D-nr 507-96-3757.

Citera gärna rapporten, men glöm inte ange källan

ISSN 0283-7722

**Anpassning av TRK-systemet från
nationell till regional nivå samt
scenarioberäkningar för kväve –
Tester för Motala Ström**

**Maja Brandt och Gun Grahm, SMHI
Erik Årnfelt och Niclas Bäckman,
Länsstyrelsen Östergötland**

Förord

Målet för EU:s Ramdirektiv för Vatten är god vattenstatus – bevarad och förbättrad vattenkvalitet och ingen försämring. I och med att Sverige, övriga EU länder och Norge antagit Vattendirektivet startar ett arbete att genomföra de olika delmomenten. Det första steget är en karakterisering av vattenförekomster och dess nuvarande status samt en bedömning om de riskerar att avvika ifrån god vattenstatus. Denna karakterisering skall sedan ligga till grund för åtgärdsprogram och förvaltningsplaner.

För att klara av denna uppgift krävs ett omfattande arbete. En bra och fungerande metodik underlättar och rationaliserar insamlingen av information, bedömningen av vattenstatus och effekten av tänkbara åtgärder. Syftet med detta projekt är att utifrån ett nationellt framtaget beräkningssystem för näringsämnen i avrinningsområden och deras transport till havet, TRK (Transport, Retention, Källfördelning – Belastning på havet), utveckla en generell metodik för att anpassa beräkningssystemet till regional nivå. Inom projektet har befintlig indata utnyttjats så långt som möjligt. I projektet har även ingått en metodgenomgång av hur effekten av olika åtgärder skall kunna beräknas. Regionaliseringsmetodiken har testats för Östergötlands samverkansområde och scenarioberäkningarna i Motala Ströms avrinningsområde.

Projektet har drivits som ett samarbete mellan Länsstyrelsen i Östergötland och SMHI. Följande personer har arbetat i projektet: Erik Årnfelt och Niclas Bäckman från länsstyrelsen och Maja Brandt samt Gun Grahn från SMHI. Anders Gyllander och Peter Svensson vid SMHI har bidragit med GIS-arbete. Projektet har finansierats av Naturvårdsverket.

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning.....	5
2	Bakgrund och syfte.....	6
3	Metodik.....	7
3.1	Områdesindelning.....	8
3.2	Punktkällor och atmosfärsnedfall.....	8
3.3	Markanvändning.....	9
3.4	Typhalter.....	10
3.5	Avrinnings-, belastnings och retentionsberäkning.....	10
3.6	Källfördelning och antropogen belastning.....	11
3.7	Scenarier – möjlighet att simulera åtgärder för minskad kvävebelastning.....	12
3.7.1	Punktkällor.....	12
3.7.2	Enskilda avlopp.....	12
3.7.3	Jordbruksmark.....	12
3.7.4	Atmosfärsdeposition på sjöar.....	12
3.8	Datalagring.....	13
4	Regionalisering på 'samverkansområde Östergötland'.....	13
4.1	Områdesindelning.....	13
4.2	Utsläpp från reningsverk, industrier och enskilda avlopp.....	14
4.3	Recipientdata.....	15
4.4	Förändringar i HBV-N modell och filstrukturer.....	15
4.5	Resultat.....	15
4.6	Scenarioberäkningar i Motala Ströms avrinningsområde.....	19
4.6.1	Utsläpp från punktkällor.....	20
4.6.2	Diffust läckage från jordbruksmark.....	21
4.7	Resultat från scenarioberäkningar för Motala Ströms avrinningsområde samt diskussion.....	24
5	Erfarenheter från projektet.....	25
6	Referenser.....	27

Bilaga. Manual för anpassning av TRK-systemet från nationell till regional nivå samt scenarioberäkningar.....		28
1	Allmänt.....	28
2	Mål med regionaliseringen.....	28
3	Val av tidsperiod.....	28
4	Indelning i delavrinningsområden (beräkningsenheter).....	28
5	Markanvändning.....	29
6	Typhalter.....	29
7	Avrinning.....	29
8	Punktkällor.....	29
8.1	Utsläpp från kommunala avloppsreningsverk.....	30
8.2	Utsläpp från industri m.m.....	31
8.3	Utsläpp från fiskodlingar.....	32
8.4	Enskilda avlopp.....	32
9	Atmosfärsdeposition på sjöar.....	33
10	Recipientdata.....	33
11	Beräkningen.....	33
12	Datahantering.....	33
13	Scenarier.....	33
13.1	Scenarier för punktkällor.....	34
13.2	Scenarier för enskilda avlopp.....	34
13.3	Scenarier för markläckage.....	34
13.4	Scenarier för våtmarker.....	34
13.5	Scenarier för ändrad atmosfäriskt nedfall på sjöar.....	34

1 Sammanfattning

En nationell belastningsberäkning av kväve och fosfor till Sveriges omgivande hav utfördes inom ett projekt benämnt TRK (Transport, retention, källfördelning – Belastning på havet), som syftade till internationell rapportering. En analys av möjligheten att förfinas detta beräkningssystem har utförts. Syftet är att det skall baseras på det nationella systemet och kunna användas generellt på regional nivå både för en finare karakterisering enligt vattendirektivet och åtgärdsbedömning inom det kommande vattendistriktsarbetet.

Anpassningen av det nationella TRK-systemet till regional nivå beskrivs i rapporten. Huvudvikten har lagts på kvävesimulering på grund av att beräkningarna är betydligt mer utvecklade för kväve än för fosfor. Nedanstående punkter rör både kväve och fosfor om inget annat står. Bättre framtida fosformodeller kan dock kräva ytterligare anpassning vid en regionalisering. För användare av det regionala TRK-systemet inom vattendistriktet eller t.ex. regional miljöövervakning finns en mer handfast manual som bilaga till rapporten. Från regionaliseringsanalysen i projektet kan följande slutsatser dras:

- I den nationella TRK-beräkningen var Sverige uppdelat i 1 000 TRK-avrinningsområden. Vid regionaliseringen är en indelning i SVARs standardavrinningsområden en lämplig bas i södra Sverige. Vid behov kan stora sjöar brytas ut som egna avrinningsområden samt även delas vid tydliga sund. För stora närområden till sjöar kan det finnas behov att dela dessa. Arbetet rationaliseras om den SVAR version som använts vid TRK eller vid senaste motsvarande nationella beräkning utnyttjas.
- Markanvändningen som beräknats vid den nationella TRK-beräkningen eller senaste motsvarande beräkning utnyttjas. För delade avrinningsområden görs en arealviktning eller en kartanalys vid behov. Den nationella jordartskartan för jordbruksmark är relativt grov och finns det tillgång till regional jordartskarta med bättre upplösning kan det vara aktuellt att göra en förfinad uppdelning av jordbruksmarken för kväve. För framtida beräkningar av fosfor behövs en regional jordartskarta, som omfattar all markanvändning.
- Typhalter för kväve och fosfor från nationella TRK eller senaste motsvarande beräkning kan användas med undantag för jordbrukets fosfortyphalter. Beräkningsmetodik för jordbrukets fosfortyphalter behöver ses över i det nationella systemet innan en regionalisering och eventuella scenarioräkningar görs. Om regionaliseringen kräver redovisning för ett specifikt år kan det behövas nya beräkningar av jordbrukets kvävetyphalter med SOILNDB modellen (och då även av jordbruksmarkens grödofördelning för detta år).
- Uppgifter om punktkällor hämtas från den senaste nationella beräkningen eller uppdateras från EMIR med utsläpp för valt år. Om möjligt kompletteras dessa med utsläpp från mindre källor baserat på uppgifter från ansvariga tillsynsmyndigheter och miljörapporter. Uppskattning av utsläpp från mindre reningsverk, som saknar utsläppsdata, kan ske med hjälp av linjär regression som visar sambandet mellan totalutsläpp och antal anslutna personer. I bilagan visas ett exempel på sambandet i Motala Ströms avrinningsområde, som tagits fram för kväveutsläpp från reningsverk med mindre än 3 000 personer anslutna. Den kan användas där mätdata saknas. Motsvarande samband kan skapas för aktuell region.
- Utsläpp från enskilda avlopp kan hämtas från TRK eller senaste nationella belastningsberäkning.

- Atmosfäriskt kvävenedfall på sjöar hämtas från TRK eller senaste nationella belastningsberäkning.
- Om möjligt framtages fler recipientdata för validering av resultaten.

Summering av bruttobelastningen av kväve från markläckaget och punktkällor i varje delavrinningsområde sker med hjälp av HBV-N modellen i detta projekt. Vid modellberäkningen sker även beräkning av kväveavskiljningen (retentionen) i marken, i grundvatten, i vattendrag och sjöar samt den slutliga belastning som når havet (nettobelastningen). Dessa beräkningar valideras mot mätdata. För att kunna skilja ut det mänskliga bidraget görs ytterligare en simulering med enbart den naturliga bakgrundsb belastningen, dvs. där alla mänskliga utsläpp både som markläckage och punktkällor tas bort. Detta innebär att för varje avrinningsområde kan man få fram uppgifter om källfördelad bruttobelastning antingen som totalbelastning eller separat för den antropogena delen. Det finns också uppgifter på transport av kväve till nästa område, uppdelat på diffust markläckage och olika punktkällor. Det gör att det är möjligt att räkna fram en medelhalt i området och även en beräknad bakgrundshalt som jämförelsetal. Kartor kan tas fram över t.ex. diffust markläckage, både som brutto och netto på avrinningsnivå.

I projektet har olika åtgärdsscenarioer för kvävereduktion tagits fram och analyser har utförts av hur dessa skall kunna simuleras i HBV-N modellen.

Regionaliseringsmetodiken har tillämpats på samverkansområdet Östergötland och scenarioberäkning för kväve har utförts på Motala Ströms huvudavrinningsområde. Projektet visade att belastningsberäkningar med HBV-N modellen är ett bra stöd vid karakterisering och kan användas för scenarioberäkningar. En kombination av olika åtgärder dels på punktutsläpp och dels inom jordbrukssektorn ger en reduktion på nära 30 % av den antropogena belastningen.

Rapporten avslutas med en diskussion om vad som är viktigt att tänka på vid regionaliseringen, begränsningar i scenarioberäkningarna samt vad som på sikt kan och bör göras bättre.

2 Bakgrund och syfte

I det nationella TRK-projektet (Transport, retention, källfördelning – Belastning på havet) har tillförseln av kväve och fosfor från olika avrinningsområden och transporten till havet beräknats (Brandt och Ejhed 2003). Beräkningarna baserades på ca 1 000 avrinningsområden (s.k. TRK-områden) i Sverige. Storleksmässigt varierar områdena mellan 200 och 450 km² i södra Sverige och upp till 700 km² i norra Sverige. Resultaten från TRK utgör en nationell bas för utsläpp och belastningsberäkning av näringsämnen, men är i många fall inte tillräckligt regionaliserade för att tjäna som underlag för t.ex. regional miljömålsuppföljning, scenarioberäkningar eller åtgärdsplanering. Huvudsyftet med TRK-beräkningarna var att ta fram ett underlag för internationell rapportering till HELCOM¹ och för ett specifikt år. Detta beräkningssystem planeras för närvarande att konstrueras och kvalitetssäkras inom 'SMED&SLU Beräkningssystem Vatten'². Nya beräkningar planeras därefter att ske vart 5:e år för hela Sverige inför PLC rapporteringen (Pollution Load Compilation) till HELCOM.

¹ HELCOM, Helsingforskommissionen, arbetar för att skydda Östersjön.

² SMED&SLU. SMED står för Svenska MiljöEmissionsData och är ett konsortium bestående av IVL, SMHI och SCB. Inom vattendelen ingår även SLU.

Bruttobelastningen i varje TRK-område bygger på en summering av punktutsläpp och markläckage. Markläckaget beräknas genom att markarealen multipliceras med en typhalt för denna markanvändning och med avrinningen. Det totala bruttomarkläckaget erhålls genom summering av alla olika markanvändningars bidrag. Avrinningen beräknas med hjälp av HBV-modellen, som är en numerisk avrinningsmodell. Den togs fram vid SMHI i början av 1970-talet (Bergström and Forsman 1973) och det sker en kontinuerlig utveckling (se t.ex. Bergström 1992). Modellen beskriver på ett förenklat sätt huvuddragen i vattnets kretslopp och den tar hänsyn till variationer i hydrologiska förhållanden genom indelning i delområden, sjöar, markanvändning och höjdzoner. I marken, i vattendrag och i sjöar sker en kväveavskiljning. För att kunna beräkna kvävebelastningen och avskiljningen har kväverutiner länkats till HBV (HBV-N modellen) (Arheimer och Brandt 1998). Beräkningarna, som sker på daglig basis, möjliggör även att simuleringsresultaten kan kalibreras och valideras mot mätdata. För fosfor finns idag ingen liknande modell uppsatt för hela Sverige. Fosforbruttobelastningen i nationella TRK-beräkningen har därför endast beräknats som långtidsmedelvärden för många år och utan möjlighet att göra ingående valideringar.

Syftet med detta projekt är att:

- Ta fram metodik för regionalisering av TRK-beräkningar så att de blir användbara inom de planerade vattendistrikten och samverkansområdena. Avsikten är att ta fram underlag som är användbara vid karakterisering (t.ex. källfördelning, som visar påverkan, jämförelsevärden för opåverkade områden), uppföljning av miljömål, scenarioberäkningar och åtgärdsplanering för att motverka övergödning i sjöar och kustvatten.
- Ta fram underlag över vilka ytterligare indata som krävs vid regionaliseringen, t.ex. finare områdesupplösning, punktutsläpp som saknas i TRK-uppsättningen, fler mätserier för kalibrering. I underlaget inkluderas en manual som beskriver en regional parts arbete vid uppsättningen av modellen.
- Metodiken testas för ett område som omfattar Motala Ström (med finare upplösning nedströms Vättern) inklusive tillflöden, Söderköpingsån, Vindån och Storåns avrinningsområden samt däremellan liggande kustområden från Bråvikens norra strand till Storåns utlopp. Området berör Östergötlands, Jönköpings, Kalmars och Södermanlands län. Projektområdet har valts för att testa metodiken i ett tänkbart operativt område i den kommande vattenadministrationens arbete.
- Ta fram metodik för att möjliggöra scenarioberäkningar för kväve på lokal- eller distriktsnivå. Scenarierna består i första hand av generella åtgärder inom jordbrukssektorn och reduktion av punktkällor. Metodiken testas på Motala Ströms avrinningsområde.

3 Metodik

För beräkningarna av markläckaget krävs, som nämnts ovan i avsnitt 2, arealen för olika markanvändningar, typhalter för olika markanvändningar och avrinning. För att beräkna totala belastningen krävs också uppgifter om punktutsläpp.

I den nationella TRK-uppsättningen beräknades arealen för respektive markanvändning på standardavrinningsområdes nivå (SVAR version 2000), medan avrinnings-, belastnings- och retentionsberäkningarna utfördes på de större TRK-områdena. För att regionalisera TRK beräkningarna krävs därför ytterligare indata och anpassningar.

3.1 Områdesindelning

Sverige är indelad i 119 huvudavrinningsområden. Mellan två huvudavrinningsområden finns ett landområde (kustområde) inom vilket det kan finnas ett eller flera mindre vattendrag med mynning i havet (kustvattendrag). Huvudavrinningsområden samt kustområden har vidare delats in i mindre delavrinningsområden, s.k. standard-avrinningsområden, med en storlek som motsvarar i snitt ca 40 km² (SMHI 1994, 1996, 1998, 2000). Uppgifter om vattendelare samt hydrologisk koppling finns i Svenskt Vattenarkiv (SVAR). Det är en levande databas, vilket innebär att områden kan delas och gränser kan rättas. Versionshantering finns sedan år 2000. För varje år finns ett officiellt skikt samt några tilläggsskikt med områden för samtliga vattenföringsstationer och för områden som använts för olika SMHI uppdrag.

Det som tidigare saknats i SVAR är öar bortsett för ett antal större öar såsom Gotland, Öland, Tjörn och Orust. Avrinningsområden har nu digitaliserats för öarna runt kusten och de har kopplats till mindre havsområden. Hittills har SMHI inte beräknat näringstransporten för dessa öar, men det är nu möjligt.

Regionaliseringen av TRK-systemet syftar till att göra en påverkansbedömning och ett underlag till åtgärdsplanering. Detta kräver en finare upplösning av antalet ingående avrinningsområden än de stora TRK-områdena. Det är främst i jordbruksområden och tätbefolkade områden som den mänskliga påverkan är störst. I projektet beslöt vi att utnyttja existerande standardavrinningsområden inklusive det tilläggsskikt som finns för att tillgodose möjligheten att kalibrera på alla tänkbara vattenföringsstationer. Områden med bra mätdata kan även vara aktuellt att ta med. Tanken från början att göra en grovre indelning i opåverkade skogsområden övergavs, dels för att det ger ett onödigt merarbete och dels på svårigheten att hantera ytterligare versioner av SVAR som ligger utanför den officiella versionshanteringen.

Det finns ett önskemål från användarna att kunna dela upp större sjöar och närområden kring sjöarna. Sjöar kan brytas ut som egna delområden och delas där det finns en tydlig förträngning, t.ex. Vänern i Dalbosjön och Värmlandssjön, Mälaren i olika fjärdar och Sommen i en västlig och en östlig del. Närområden kring sjöar kan delas upp i mindre delar om så är befogat, t.ex. en nordlig och en sydlig del runt sjön Roxen med helt skilda markförhållanden (skog kontra jordbruksmark). Vi fann att den bästa arbetsmetodiken är att stora sjöar eller deras delbassänger bryts ut som helt egna delavrinningsområden för att retentionsberäkningen i dem skall utföras på bästa sätt i HBV-N modellen. För dessa utbrutna sjöar och delade närområden skapas ett extra skikt till den regionaliserade SVAR-versionen för den aktuella regionen.

En erfarenhet från projektet är att det är viktigt att definiera vilken SVAR version arbetet sker i och att eventuella förändringar lagras som ett tilläggsskikt till SVAR för att underlätta vid HBV modellkörningar.

3.2 Punktkällor och atmosfärsnedfall

Punktkällorna i HBV-N modellen delas upp i tre kategorier, nämligen urbana utsläpp - vilket innefattar utsläpp från reningsverk, industriutsläpp samt utsläpp från enskilda avlopp. Dessutom tillkommer atmosfärsnedfall på sjöar. Kvävenedfallet över Sverige hämtas från MATCH beräkningar och omräknas som nedfall på varje sjö. För varje delavrinningsområde summeras dessa kategorier i en belastningsfil.

I det nationella TRK saknas utsläppsdata från vissa branscher, t.ex. från en del mindre reningsverk, mindre industrier och flygplatser, som kan behöva kompletteras vid en regionalisering. Alla utsläpp utom atmosfärsnedfallet kopplas till utsläppskoordinater,

som i sin tur måste kopplas till ett avrinningsområde med hjälp av GIS. Tveksamma kopplingar kontrolleras manuellt genom en plottning av utsläppspunkterna och vald delavrinningskarta. Kustutsläpp direkt till havet, dvs. där utsläppen inte mynnar i ett vattendrag eller där de mynnar nedströms mynningspunkten i avrinningsområdet skiljs ut som direktutsläpp till havet.

Vid regionaliseringen används den nationella databasen från TRK eller senaste motsvarande beräkning alternativt hämtas nya uppgifter för valt år från EMIR och tillsynsmyndigheterna. Dessa kompletteras med utsläppsdata från mindre källor som saknas i den nationella TRK-uppsättningen. Metodik för att inhämta utsläppsdata från punktkällor återfinns i bilagan.

Senaste nationella beräkning (såsom TRK) av atmosfäriskt kvävenedfall på sjöar kan i regel användas liksom beräkning av enskilda avlopp. För delade områden (t.ex. runt sjöar) krävs en fördelning av enskilda avlopp till de nya områdena. Detta sker enklast genom arealviktning.

Dagvattenutsläpp från tätorter hanterades i TRK-beräkningen, men den använda ansatsen visade att det var en mycket liten kvävekälla. Den har därför utelämnats i detta projekt, men finns utförligare redovisad i SMED/SLU projektet för mindre punktkällor (se nedan).

Inom SMED/SLU har två projekt arbetat med förbättring av utsläppsdata, som dokumenterats i två rapporter (Uppdatering av fasta teknikuppgifter från reningsverk, 2003, och Slutrapport. Beräkningsmetodik för mindre punktkällor, 2004).

3.3 Markanvändning

I nationella TRK beräknades markanvändningen på standardavrinningsområden utifrån SVAR version 2000, som sedan vid beräkningen aggregerades till TRK-områdena. Markanvändningen delades upp i skog, hygge, jordbruksmark, övrig öppen mark, tätorter samt sjöar. Jordbruksmarken delades i sin tur upp i grödor på olika jordarter. Jordbruksarealen hämtades från Jordbruksverkets blockkartor, hyggen från Skogsstyrelsens tillståndsgivning och statistik, medan övriga markanvändningar hämtades från Röda kartan.

Den tunga delen i denna beräkning var uppdelningen i jordbruksmark, som baserades på blockkartor och IAKS-databas från Jordbruksverket samt en bearbetad jordartskarta för åkermark från SLU (Erikson et al. 1999). Blocken har en fin indelning, medan jordartskartan för åkermark har en betydligt grövre upplösning.

En närmare beskrivning hur markanvändningen beräknades inom det nationella TRK återfinns i TRK-rapporten (Brandt och Ejhed 2003).

Kräver regionaliseringen beräkning för ett specifikt år, måste indata (jordbruks- och hyggesandelen) insamlas separat för det valda året och nya GIS-beräkningar utföras. I regel kan man dock återanvända de tidigare markanvändningsdata som finns, men för de områden som har delats krävs ett manuellt arbete för att räkna om markanvändningen till de nya delarna. Detta kan ske genom arealviktning eller kartanalys. Vid en regionalisering bör upplösningen på jordartskartan förbättras, speciellt i slättområden med stor andel jordbruksmark. Den idag använda jordartskartan har inte tillräcklig upplösning för att användas inom så små områden som delavrinningsområden.

3.4 Typhalter

I nationella TRK ansattes typhalter för olika markanvändningar från olika beräkningar. Kvävet typhalter från jordbruksmarken representerar halten i dräneringsvattnet från rotzonen till skillnad från övriga typhalter som representerar förhållandena när markläckaget når vattendraget.

Jordbruksmarkens kväveläckage beräknades med hjälp av SOILNDB. I SOIL-N modellen beskrivs kvävet dynamik i en jordbruksmarkprofil. Denna modell har programmerats in i ett verktyg SOILNDB, som på ett systematiskt sätt beräknar kväveläckaget för en mängd olika kombinationer av grödor, jordarter, gödsling och regioner (Johnsson et al. 2002). En närmare beskrivning hur typhalter från jordbruksmark beräknades inom det nationella TRK återfinns i Johnsson och Mårtensson (2003). Jordbruksläckagets typhalter för kväve i nationella TRK byggde på förhållanden under 1999, men normaliserades vid beräkningen för väder- och avrinningsförhållanden för perioden 1985-1999.

Jordbrukets fosforläckage i nationella TRK-uppsättningen beräknades med ett regressionsförfarande. Arbete med bättre beräkningsmetoder pågår.

För kalfjäll med glaciär, skog och hygge i norra Sverige baserades säsongstyphalterna på mätningar i små områden. För södra Sverige togs nya skogs- och hyggestyphalter fram för kväve på säsongsbasis. För fosfor används endast årstyphalter i TRK-beräkningen. En närmare beskrivning återfinns i TRK-rapporten (Brandt och Ejhed 2003).

Typhalterna för skog, kalfjäll och myr i norra Sverige kommer att ses över. De framtagna typhalterna kan användas vid en regionalisering. Jordbrukets kväveläckage kan behöva omräknas med SOILNDB med nya indata om ett specifikt år skall redovisas.

3.5 Avrinnings-, belastnings och retentionsberäkning

I den nationella TRK beräknades avrinningen från TRK-områdena med HBV-modellen. I modellen beskrivs de hydrologiska processerna från det att nederbörden faller på marken till avrinning från ett område. Vattentransporten simuleras från delområde till delområde längs det aktuella vattendraget tills vattnet når havet. Modellen tar hänsyn till fördröjningar i sjöar med hjälp av s.k. avbördningssekvationer samt för reglerade magasin även generella regleringsstrategier. Beräkningarna sker på daglig basis och kalibrering av parametrar sker med hjälp av vattenföringsserier. De framtagna parameteruppsättningarna används sedan som generella regionala parameteruppsättningar i områden där vattenföringsdata saknas. Som indata till modellen används framför allt nederbörds- och temperaturdata samt geografiska data, såsom avrinningsområdets areal, höjdförhållanden med andel av olika markanvändningar och sjöar. Daglig nederbörd och temperatur beräknas i ett nät (4*4 km) för Sverige med optimal interpolering, där flertalet av SMHI's klimatstationer utnyttjas (Johansson 2002).

En regionalisering av TRK-systemet kräver att avrinningsberäkningen sker med finare områdesupplösning än i nationella TRK. En ny uppsättning av filer krävs för HBV-körningar i det finare systemet, vilket bl.a. innebär att man behöver ta fram avbördningskurvor för fler sjöar. Kontroll av de framtagna parameteruppsättningarna från nationella TRK-beräkningarna görs och eventuella justeringar av parameteruppsättningarna sker mot vattenföringsdata.

För kväve görs beräkningar av belastning och retention (avskiljning av kväve) i HBV-N modellen. I modellen baseras beräkningen av kvävebelastningen på en blandning av olika vattenmassor med skilda koncentrationer från olika markanvändningar (typhalter) och punktutsläpp. Förändringar i indata kräver en ny uppsättning av filer som styr markanvändning, typhalter och utsläpp. I modellen simuleras de biogeokemiska förändringarna (retentionen) som påverkar belastningen under passagen genom rotzonen, i vattendragen och i sjöar. I modellen beskrivs transformering och avskiljning av kväve utifrån kvävekoncentration, vattenvolymen i marken och i grundvatten (beräknas med HBV-modellen), sjöytor (från SVAR) och uppehållstider (från HBV-modellen), lufttemperatur samt några fria parametrar. Kväve delas upp i fraktionerna oorganiskt och organiskt kväve, eftersom transformeringen och retentionen av dessa skiljer sig åt. Retentionen och dess dynamik under året anpassas (kalibreras) mot recipientdata. Beräkningarna görs för en följd av år, s.k. normalisering, som får representera ett normalklimat.

Retentionsberäkning av kväve sker i två steg. Först beräknas den avskiljning som sker i marken under rotzonen (i den omättade zonen och i grundvattnet) och därefter den avskiljning som sker i sjöar och vattendrag nedströms utläppsplatsen. Retentionen i marken under rotzonen berör endast det oorganiska kväve som kommer från jordbruksmark samt utsläpp från enskilda avlopp. Retentionen i vattendrag och sjöar berör all belastning i vattendraget. De två retentionsvärdena för varje område presenteras i procent som långtidsmedelvärden.

Mätdata (recipientdata) för kalibrering och validering hämtas från nationella och regionala övervakningsprogram som tidsserier av oorganiskt och organiskt kväve. Tidsserier använda i de nationella TRK-beräkningarna förlängs och mätdata kompletteras vid behov.

Flödesnormaliseringsperioden, dvs. den period som beräkningarna sker för, får inte vara kortare än 10 år och skall omfatta de år som jordbruksläckage och punktutsläpp tagits fram för.

3.6 Källfördelning och antropogen belastning

Marken ger i sig upphov till ett naturligt markläckage, s.k. bakgrundsbelastning. Bedömningar har därför gjorts av bakgrundstyphalter för respektive marktyp. Bakgrundsbelastningen för kväve beräknas genom att med HBV-N modellen simulera markläckaget och transporten när typhalterna har ansatts till bakgrundshalter för respektive markanvändning och alla punktkällorna samt atmosfäriskt nedfall har tagits bort. Den antropogena belastningsdelen erhålls genom att subtrahera bakgrundssimuleringen från ursprungssimuleringen. Retentionen är en funktion av belastning, temperatur och grundvattenvolym/sjöarea. Retentionsparametrarna har visat sig vara robusta vid olika belastningar, vilket gör att vid beräkningen av nettobelastningen kan samma parametrar användas vid bakgrundssimuleringen som vid ursprungssimuleringen. Detta beräkningssätt skiljer sig från det som används i det nationella TRK-systemet, där samma retention angiven i % används för bakgrundsbelastningen och för ursprungsbelastningen.

Med källfördelning menas en uppdelning av belastningen på olika källsektorer (i %). Den kan göras för brutto-, nettobelastning samt för enbart den antropogena delen.

3.7 Scenarier – möjlighet att simulera åtgärder för minskad kvävebelastning

Sverige har antagit 15 nationella miljömål. Inom målet Ingen övergödning lyder det tredje delmålet:

- Senast år 2010 ska de svenska vattenburna utsläppen av kväve från mänsklig verksamhet till haven söder om Ålands hav ha minskat med minst 30 procent från 1995 års nivå till 38 500 ton.

Det nationella delmålet har vanligen överförs till de regionala målen.

Den uppsatta modellen kan användas för att simulera effekterna av olika åtgärder inom avrinningsområdet och dess konsekvenser för näringstransporten till sjöar och havet. Syftet är att uppnå miljömålsbetingen inom övergödning. Åtgärderna kan dels köras var för sig och dels i olika kombinationer för att beräkna effekten samt för att ta fram ett realistiskt åtgärds paket.

Inom VASTRA³ tar man för närvarande fram system för beräkning som även inkluderar kostnadsberäkningar. Detta system har testats i Rönneå. Liknande scenarioräkningar har utförts av SLU för hela Göta älvs avrinningsområde (Sonesten m.fl. 2003).

Observera att modellen simulerar ett slutresultat när systemet har kommit i jämvikt efter en åtgärd. Jämviktstiden varierar på grund av pooler och uppehållstid i mark och sjöar och kan uppgå till många år.

3.7.1 Punktkällor

Scenarier kan dels utgöras av åtgärder vid enskilda reningsverk, dels i form av generella reduktioner eller ändrade utsläpp p g a införande av ny lagstiftning. Industrier kan få förbättrad rening baserat på bransch eller specifikt för vissa större industrier.

3.7.2 Enskilda avlopp

Utsläppen från enskilda avlopp kan simuleras med antagande om att alla uppnår godkänd standard och/eller att reningsgraden ändras. Det underlättar om ett excel-dokument skapas som gör det enklare att ändra schablonerna vid en scenarioräkning.

3.7.3 Jordbruksmark

Effekten av anläggandet av våtmarker med en viss area och som kan hantera delar av markläckaget från avrinningsområdet kan simuleras. Detta sker lämpligen i avrinningsområden med högst jordbruksläckage enligt ursprungskörningen.

Det finns ett stort antal åtgärder inom jordbruksdriften som tagits fram. En del berör skötseln i form av t.ex. reglerad dränering på lätta jordar, plöjningsstrategi och behovsanpassad gödsling, andra åtgärder såsom fånggrödor, som kan kopplas till vissa grödor. Några av dessa åtgärder går att simulera med SOILNDB, vilket ger nya typhalter för dessa kombinationer av grödor och jordarter, för andra får man ansätta en procentuell förändring av typhalten för aktuell gröda utifrån försöksresultat.

3.7.4 Atmosfärsdeposition på sjöar

Effekten av reducerad atmosfärdeposition på sjöar kan simuleras med hjälp av MATCH-modellen eller genom en bedömning i form av %-reduktion för olika regioner.

³ VASTRA är ett kortnamn för Vattenstrategiska forskningsprogrammet.

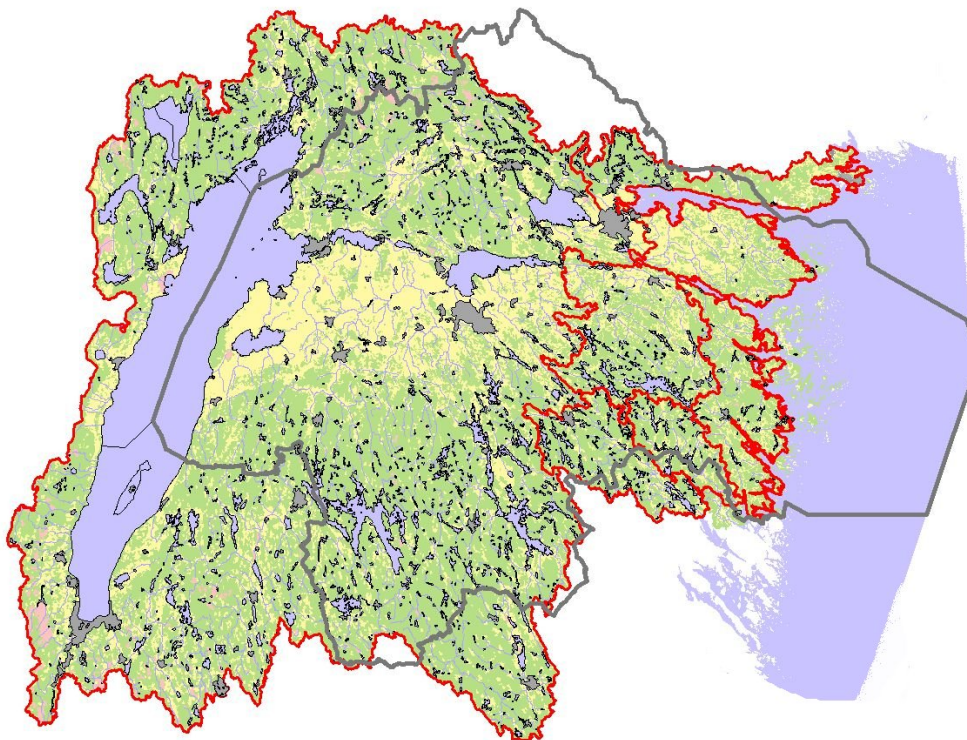
3.8 Datalagring

HBV-N modellen kräver stora mängder data vid uppsättningen som ofta kommer från flera olika källor. Vid scenarioberäkningar där indata modifieras måste även indata versionshanteras på ett effektivt sätt. Resultat från bakgrundsberäkningen och de olika simuleringarna med HBV-N modellen genererar stora mängder resultatfiler och kräver att data lagras på ett strukturerat sätt.

För leveranser mellan ingående parter och gemensam lagring av grunddata och beräkningsresultat kan ett webbaserat projektverktyg rekommenderas.

4 Regionalisering på 'samverkansområde Östergötland'

Samverkansområdet Östergötland omfattar Motala Ström nedströms Vättern, Söderköpingsån, Vindån och Storåns huvudavrinningsområden samt däremellan liggande kustområden från Kilaån till Storån (figur 1). Det berör därför Östergötlands län samt i mindre delar Jönköpings, Örebros, Kalmar och Södermanlands län. Generella förändringar såsom t.ex. ändring av utsläpp från enskilda avlopp berör även de delar som ligger i Vätterns tillrinningsområde.



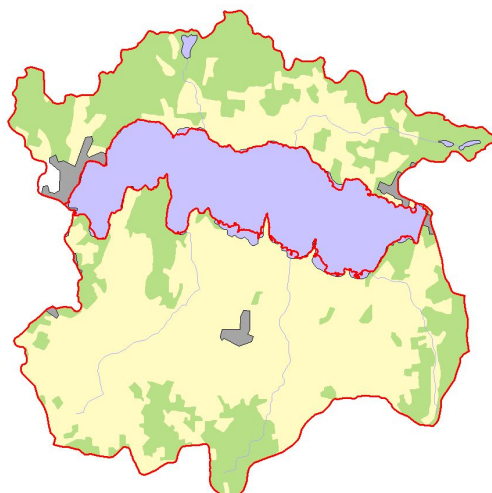
Figur 1. Karta över samverkansområdet Östergötland. Kartan är skapad med underlag från GSD-Översiktskartan, Lantmäteriet. D-nr 507-96-3757.

4.1 Områdesindelning

Den SVAR version som användes i nationella TRK-projektet är grunden för indelning i avrinningsområden i samverkansområdet Östergötland. För Vättern och områden uppströms Vättern har de sammanslagna TRK-delområdena använts, medan för områden nedströms utloppet från Vättern har standardavrinningsområdena inklusive delavrinningsområden i tilläggsikt använts. Sjöarna Boren och Roxen har blivit egna avrinningsområden och deras närområden har delats i en nordlig och en sydlig del. Indelningen i nordligt resp. sydligt närområde till Roxen och Boren görs för att de har

olika karaktär med dominerande jordbruk på sydsidan och skogsmark på nordsidan. Sjön Sommen har delats i en västlig och en östlig del och sjön Åsunden har delats i tre delar (vid de smala sunden). Dessa sjöar har fått närområdena uppdelade efter sjödelningarna. För Motala Ström innebär det 252 avrinningsområden och för hela samverkansområdet 414 stycken.

I figur 2 åskådliggörs hur det ursprungliga standardavrinningsområdet Boren har delats upp i ett område som enbart utgörs av sjön Boren och i två närområden - norr och syd om Boren.



Figur 2. Exempel på uppdelning av standarddelavrinningsområdet Boren i en sjödel och närområdet i en nordlig och en sydlig del.

4.2 Utsläpp från reningsverk, industrier och enskilda avlopp

Belastningsdata från punktkällor har samlats in enligt manualen i bilagan.

I beräkningarna har utsläppsdata för år 2002 använts från 96 reningsverk, 13 industrier och 3 flygfält enligt tabell 1. Informationen har hämtats från EMIR⁴ och för icke tillståndspliktiga verksamheter från ansvariga tillsynsmyndigheter, i förekommande fall kommuner. Uppgifter om kvävebelastning från militära flygfält har i två fall inte registrerats i EMIR utan fick hämtas från miljörapporter.

Tabell 1. Belastning från punktkällor 2002 inom samverkansområdet.

Punktkälla	Antal totalt	Totalkväve		Total belastning 2002 ton tot-N/år	Procentuell fördelning
		Mätvärden	Schablon ¹		
ARV >2000	33	30	3	1523	82%
ARV <2000	63	47	16	93,7	5%
Industri	13	13	0	210	11%
Flygfält ²	3	3	0	40,3	2%

¹ För reningsverk har totalkvävehalten satts till 0,0029*antalet anslutna personer

² Belastningen har beräknats som 47 % av förbrukad mängd urea

Enskilda avlopp har hämtats från 1995 uppdelade av SCB på standardavrinningsområden. För delade områden har en arealviktnings skett. Uppgifterna från SCB omfattar antalet åretruntboende samt fritidshus fördelat på följande grupper: anslutna till kommunala reningsverk, boende med enskilt avlopp, boende där avlopp saknas och boende för vilka reningsuppgift saknas. Fastigheterna har fördelats på

⁴ EMIR står för Emissionsregister och används för informations- och ärendehantering av data från miljöfarlig verksamhet på länsstyrelserna.

delavrinningsområden. Utsläppen från enskilda avlopp har beräknats med schabloner (se bilaga).

4.3 Recipientdata

I den nationella TRK användes från Östergötland data från 24 mätstationer för kalibrering och data från 13 mätstationer för validering. I regionaliserad TRK samlades data in från totalt 57 mätstationer. Av dessa var 3 stycken sjöpunkter som inte utnyttjades, data från ytterligare 9 mätstationer kunde inte användas endera för att punkten var svårdefinierbar eller också låg illa till i förhållande till delområdesgränser. För Motala Ström har data från 39 mätstationer använts, vilket är 8 fler än för TRK-projektet. Av dessa 39 ligger 7 stationer långt från delområdesgränsen, men har använts ändå för validering mot halter utan större problem. Kvävemodellen har inte kalibrerats om beroende på recipientdata, utan den justering av modellparametrarna som gjorts är orsakad av en ny modellversion (HBV-NP), som användes för att klara scenarioberäkningen.

4.4 Förändringar i HBV-N modell och filstrukturer

Inom VASTRA pågår scenarioberäkningar för både kväve och fosfor. De har tagit fram ett strukturerat sätt att hantera dessa beräkningar, som rationaliserar resultatframtagningen. Det innebär att det finns bättre källfördelningsprogram, och möjlighet att lättare ta fram resultat (t.ex. bakgrundsbelastning). Dessa beräkningar görs dock utifrån en annan modellversion (HBV-NP) med något andra indatafiler för kväve än de som använts för nationella TRK. Ytterligare en fördel är att i den modellversionen kan man lägga in våtmarker i avrinningsområden, som endast berör en del av arealen och inte hela det lokala plus uppströms kommande vatten. Vi gjorde bedömningen att det var enklare att använda den nya modellversionen HBV-NP än att ta fram egna rutiner för resultatberäkning. En fil har tillkommit som hanterar skogsläckagehalterna, något som det gamla programmet hade inlagt i programkoden. Dessutom har en parameter för våtmarksretention tillkommit till modellparametrarna. I VASTRA-versionen finns dessutom möjlighet att beräkna kostnad med olika alternativ, men denna del ingår inte i detta projekt.

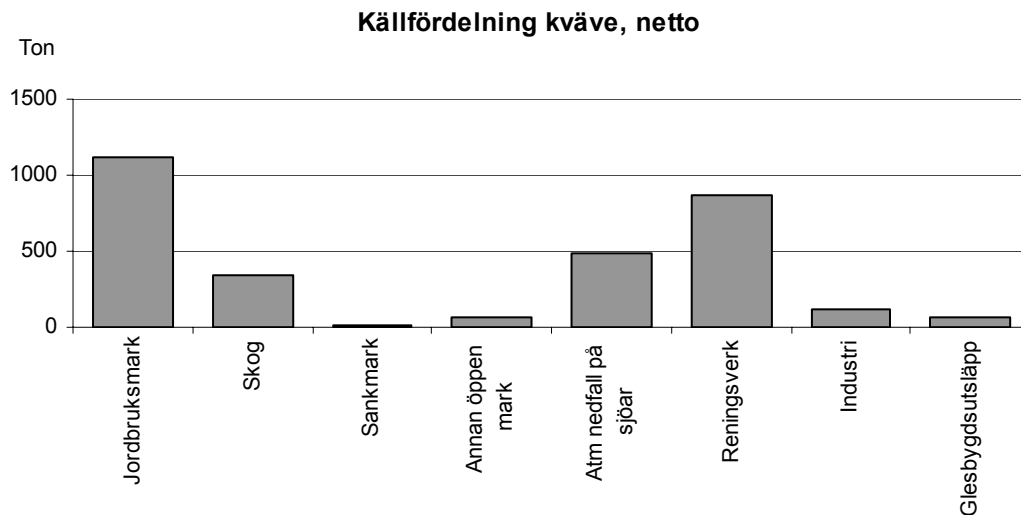
Förändringen från de större TRK-områdena till de mindre standardavrinningsområdena innebar att en ny struktur och nya filer skapades för HBV och HBV-N beräkningarna, som baserades på den SVAR-version som valts. Fler avbördningskurvor för sjöar har tagits fram. Markanvändningen baserades på det nationella TRK underlaget liksom typhalterna, utsläpp från enskilda avlopp och atmosfärsnedfallet på sjöar. Övriga punktutsläpp hänförs till 2002 års data.

Den nya HBV-N versionen har en något annorlunda sjörutin, vilket krävde en extra översyn av kalibreringen av sjörutinen.

4.5 Resultat

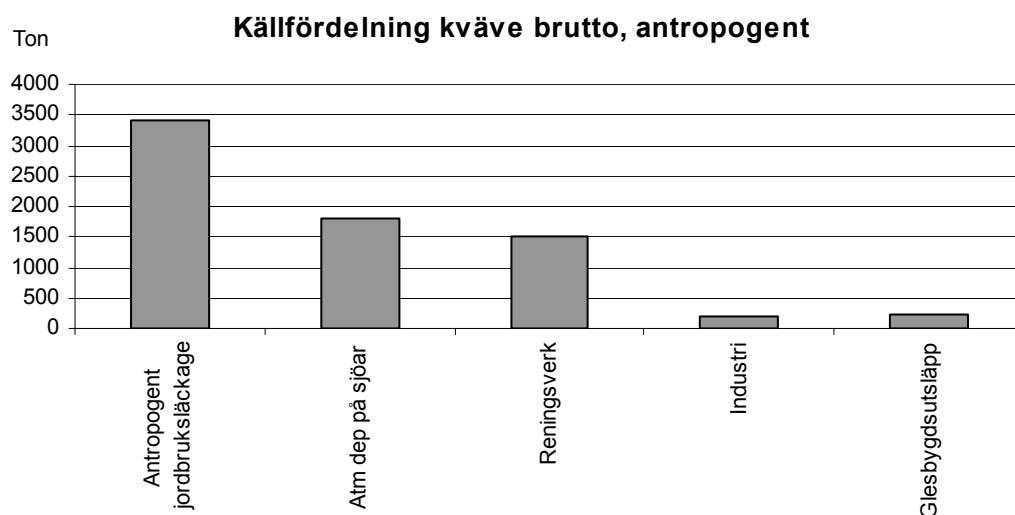
Kväveberäkningarna har baserats på utsläppsuppgifter från punktkällor från 2002 och jordbruksmarkläckaget är baserat på 1999 års grödor och skördar (SOILNDB-beräkningar från TRK). En 10-årsperiod (1993-2002) har använts för normalisering.

Resultaten bildar underlag för en karakterisering av samverkansområdet. HBV-N beräkningarna visar att kvävetransporten till havet (nettobelastningen) för perioden 1993-2002 var 3 090 ton/år för Motala Ström, 175 ton/år för Söderköpingsån, 45 ton/år för Vindån, 35 ton/år för Storån samt 509 ton/år för kustområdet från Kilaåns utlopp till Storåns utlopp. I figur 3 visas källfördelning av nettobelastningen av Motala Ström till havet.



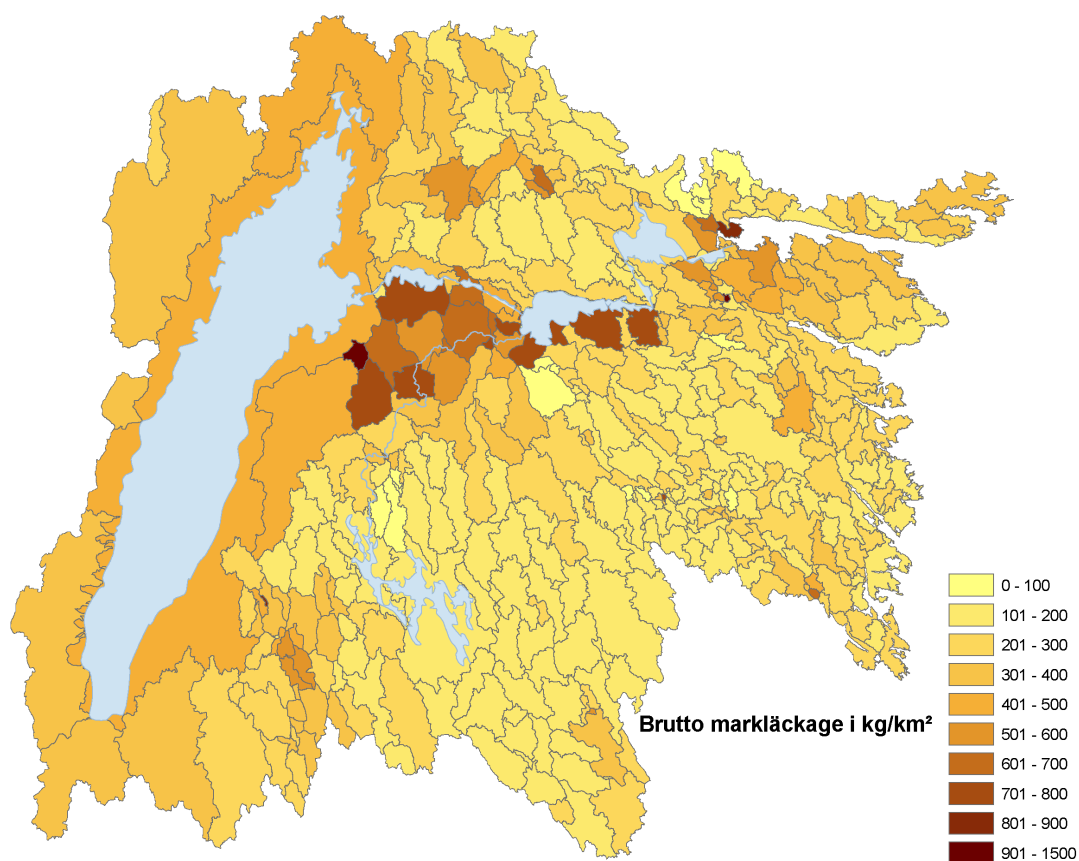
Figur 3. Källfördelning för nettobelastningen i Motala Ström.

I figur 4 återfinns en källfördelning av det antropogena bidraget till bruttobelastningen i Motala Ström.

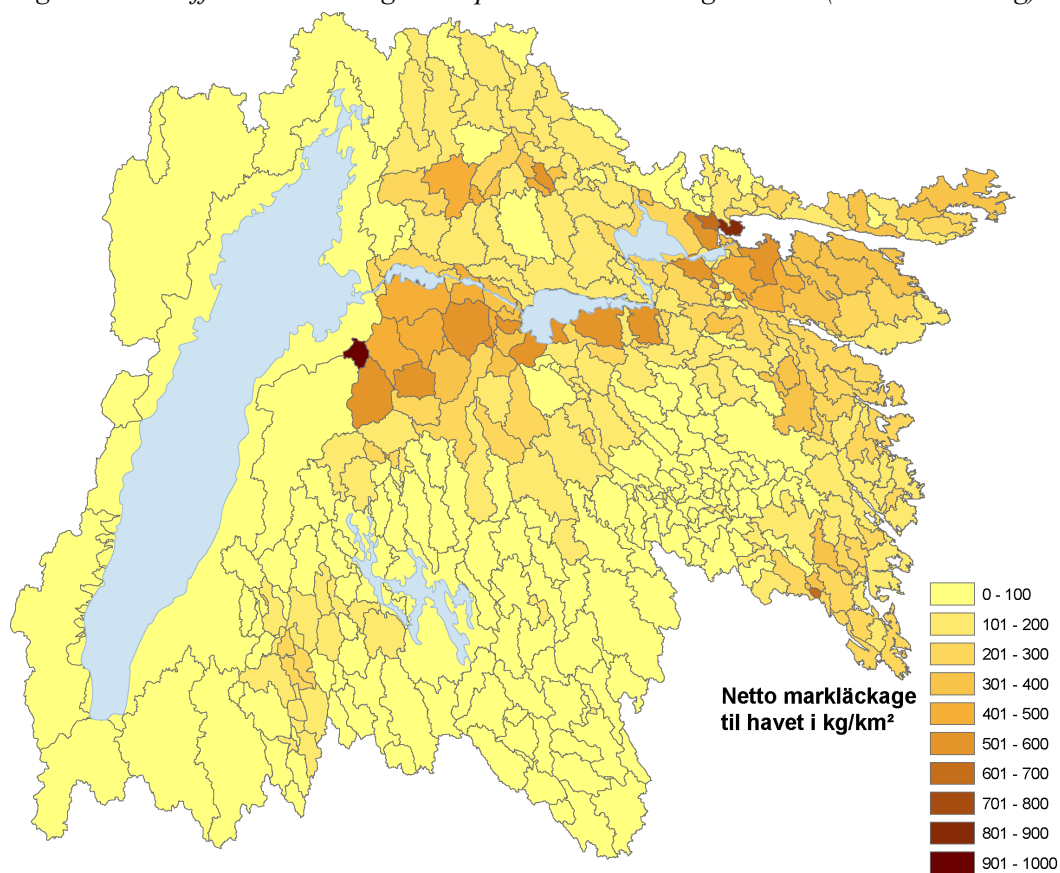


Figur 4. Källfördelning för den antropogena delen av bruttobelastningen i Motala Ström.

Figurerna 5 och 6 visar brutto- och nettomarkläckaget för samverkansområdet. Med nettomarkläckaget menas den del av markläckaget som efter retention når havet från respektive delavrinningsområde. Bruttomarkläckaget varierade mellan 100 och 1 000 kg/km² med det högsta läckaget på Östgötaslätten. Bidraget till nettobelastningen till havet från det diffusa markläckaget var lägre än 100 kg/km² och landareal i södra delar av samverkansområdet. Längs kusterna med liten retention varierade det i stort sett mellan 100 och 400 kg/km². På Östgötaslätten återfanns områden med nettomarkläckage med 500 till 1 000 kg/km² och landareal.

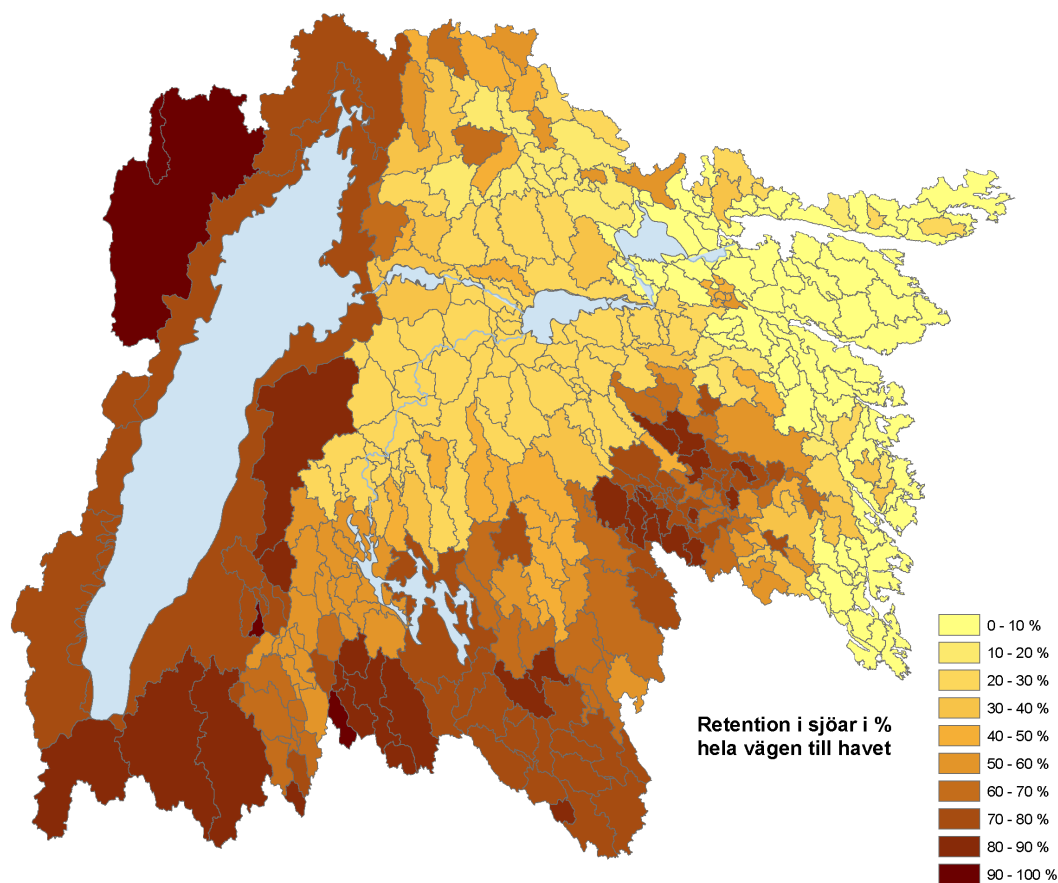


Figur 5. Det diffusa markläckaget i respektive delavrinningsområde (bruttobelastning)



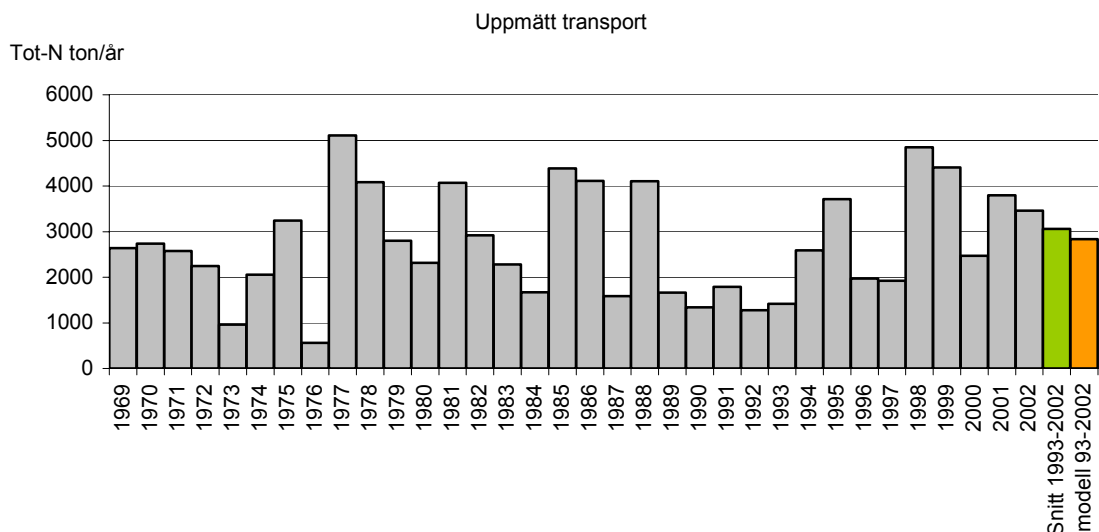
Figur 6. Det diffusa markläckaget i respektive delavrinningsområde som når havet (nettobelastning)

I samverkansområdet var kväveretentionen i sjöar och vattendrag ner till havet över 70 % för Vätterns tillrinningsområden. Uppströms större sjöar (Sommen, Åsunden m.fl.) var den större än 50 %, på Östgötaslätten var den över 30 %, medan den var noll längs kusten där sjöar saknas (se figur 7). Den lokala markretentionen, som enbart berör jordbruksläckaget och enskilda avlopp, låg kring ca 30 % och skall summeras till sjöretentionen.



Figur 7. Retention i sjöar och vattendrag

I figur 8 redovisas beräknade transporter i Motala Ströms utlopp för åren 1969 till 2002 samt medeltransporten för perioden 1993-2002. Dessa baseras på uppmätt dygnsvattenföring och månadshalter, som linjärinterpolerats mellan mättillfällena. I figuren redovisas även den simulerade transporten, som baserats på dagliga beräkningar.



Figur 8. Uppmätta och beräknade transporter i Motala Ström. Uppmätta transporter bygger på mätningar i GB06 Glans utlopp och omfattar inte tillskott från Norrköpings reningsverk. Den modularade transporten har reducerats med 256 ton vilket motsvarar Norrköpings reningsverk.

Resultaten från simuleringarna kan användas för att ta fram åtgärdsförslag och för att testa den långsiktiga effekten av dessa. Kartbilden över den del av markläckaget som når havet visar vilka områden som lämpar sig bäst för riktade insatser inom jordbruket, nämligen på Östgötaslätten syd om Motala Ströms inflöde i Roxen samt syd om sjön Roxen. Kustområdena på t.ex. Vikbolandet och söder om Slätbaken är också lämpliga åtgärdsområden.

Jämförelser mellan recipientdata och simulerade halter kan visa hur väl ansatta typhalter, arealer, schablonberäknade utsläpp m.m. stämmer med verkligheten. Som exempel kan nämnas att uppmätta vinterhalter i Lillån (Li14 i Motala Ströms recipientkontrollprogram) är betydligt högre än vad modellen genererar, samtidigt ligger sommarhalterna ofta lägre. En möjlig förklaring är inverkan från avisningskemikalier vid Malmens flygplats under begränsade perioder av vinterhalvåret. Modellen hanterar endast årsmängder som indata och fördelar dessa jämt över året. Det kan motivera att årsbelastningen i framtiden delas in i månadmängder i stället för år vid beräkningarna.

4.6 Scenarioberäkningar i Motala Ströms avrinningsområde

Scenariosimuleringar inom projektet har syftat till att testa Östergötlands läns regionala miljömål för kvävetransport till kustvatten. Scenarier har i första hand gjorts för att illustrera tekniken och möjligheterna med scenariosimuleringar inom TRKsystemet. Av resursskäl har scenarierna begränsats till Motala Ströms avrinningsområde.

Ett regionalt delmål för Östergötland län lyder:

2010 ska den vattenburna belastningen av kväve på länets kustvatten orsakad av mänsklig påverkan ha minskat med minst 30 % från 1995 års nivå till 3600 ton.

I våra scenarier antar vi att 1995 års nivå motsvarar resultaten från en standardkörning med 2002 års punktutsläpp och 1999 års jordbruksläckage, och att målet är att minska den antropogena årstransporten med 30 % från denna nivå.

Genom att införa olika åtgärder successivt med de mest prioriterade åtgärderna först och göra upprepade körningar ser vi vilka åtgärder som krävs för att nå en 30 %-ig

reduktion. I tabell 2 listas de utvalda successiva åtgärderna. I texterna nedan redovisas hur de har simulerats i HBV-N modellen.

Vi har antagit att dessa åtgärder är additiva, de vill säga att deras effekter kan adderas till varandra. Detta kan diskuteras framförallt på jordbrukssidan.

Tabell 2. Scenarioförslag i Motala Ström

Åtgärd	typ	prioritet
Åtgärder vid Linköpings reningsverk	Punktkälla	1
Samtliga reningsverk uppfyller avloppsdirektivet	Punktkälla	2
Samtliga enskilda avlopp är godkända	Enskilda avlopp	3
Våtmarker i jordbrukslandskapet	Diffust läckage	4
Reglerad dränering införs på lätta jordar	Diffust läckage	5
Höstgödsling flyttas till våren	Diffust läckage	6
Fånggröda	Diffust läckage	7

4.6.1 Utsläpp från punktkällor

4.6.1.1 Åtgärder vid Linköpings reningsverk

Linköpings reningsverk har krav på sig att uppnå utsläppsnivåer på 10 mg/l eller 70 % reduktion av totalkväve. Enligt ansökan till miljödomstolen ska en våtmark anläggas som minskar årsbelastningen med 233 ton N-tot/år.

Vid simuleringen har reningsverksutsläppet i HBV-Ns belastningsfil för detta delavrinningsområde reducerats med 233 ton/år och effekten beräknats vid Motala Ströms utlopp.

4.6.1.2 Samtliga reningsverk klarar kraven i avloppsdirektivet

Avloppsdirektivet (91/271/EEG) föreskriver att alla reningsverk som belastar ett område som är klassat som känsligt för kväve ska klara vissa utsläppskrav. Sverige har klassat hela Östersjön söder om Ålandshav som känslig för kväve vilket medför att samtliga reningsverk med >10 000 pe (anslutna personer) inom Motala Ströms avrinningsområde omfattas av kraven. Direktivet säger att alla reningsverk med >100 000 pe ej får överskrida 10 mg/l tot-N i utgående vatten och att alla reningsverk mellan 10 000 pe och 100 000 pe ej får överskrida 15 mg/l tot-N i utgående vatten.

Vid simuleringen multipliceras utgående vattenmängd från de berörda verken med aktuellt haltkrav enligt direktivet. HBV-Ns belastningsfiler för berörda delavrinningsområden har reducerats med mängderna enligt tabell 3. Nykvarn är Linköpings reningsverk och har redan reducerats i föregående scenarie. De reningsverk som idag klarar direktivets krav ligger kvar på dagens belastning.

Tabell 3. Nuvarande och beräknade utsläppsmängder från reningsverk inom Motala Ströms avrinningsområde om avloppsdirektivet skulle följas fullt ut.

Reningsverk	Antal pe	Vattenföring m3/år	Krav enl. direktivet tot-N ton/år	Förändring (ton/år)
NYKVARN LKPG	193000	16 820 000	168,2	-232,8
SLOTTSHAGEN NKPG	150000	16 048 266	160,5	-95,5
SIMSHOLMSVERKET JKPG	95000	11 555 020	173,3	0,0
HUSKVARNA	81000	5 097 506	76,5	-25,1
MJÖLBY (MJÖLKULLA)	62000	2 470 320	37,1	0,0
VIMMERBY	43000	1 542 399	23,1	-9,3
TRANÅS	42000	2 851 849	42,8	-11,4
KARSHULT MOTALA	40000	4 583 517	68,8	-13,8
AXSÅTER FINSPÅNG	35000	2 461 010	36,9	-16,3
NÄSSJÖ	34000	4 423 430	66,4	-8,6
ANEBY	24000	388 000	5,8	-3,5
SKÄRBLACKA	16357	1 525 349	22,9	0,0
BANKERYD	12000	808 747	12,1	-13,8
HABO	12000	652 151	9,8	-14,6
ÖDESHÖG	12000	735 670	11,0	0,0
ÅTVIDABERG (HÅCKLA)	11500	1 897 607	28,5	-2,4
KARLSBORG	11000	1 567 000	23,5	0,0
SÖDERKÖPING	10000	928 141	13,9	-5,1

4.6.1.3 Samtliga enskilda avlopp är godkända

De enskilda avloppen från glesbygdsboende och fritidshus förbättras så att 100 % av de enskilda avloppen blir godkända (mot 60 % idag enligt TRK beräkningen). Belastning per person och reningsgrad hålls konstanta.

I HBV-N modellen hanteras enskilda avlopp som markläckage och läggs in via belastningsfil på varje enskilt delområde. Scenarioberäkningen innebar att en ny uppsättning av belastningsfiler laddades för alla avrinningsområden innan en ny simulering gjordes.

4.6.2 **Diffust läckage från jordbruksmark**

4.6.2.1 Anläggning av våtmarker

Anläggning av våtmarker är ett sätt att mildra de negativa effekterna av läckaget som sker från åkermarken. Våtmarker kan vara av olika typer men bygger alla på principen att få vattnet att röra sig långsammare genom jordbrukslandskapet. Då vattnets hastighet dämpas får de naturliga reningsprocesserna i vattnet längre tid på sig att verka. Kväve försvinner ur vattnet på tre sätt: genom upptag i våtmarkens vegetation, genom att döda växter och djur faller till botten och bygger upp våtmarkens sediment samt genom denitrifikation.

Enligt Östergötlands miljömålsprogrammet ska 750 ha våtmark anläggas i länet. Syftet ska vara att minska kvävebelastningen från främst åkermark. Fram till 2002 har 350 ha redan anlagts. Våtmarken vid Linköpings reningsverk (100 ha) räknas som reduktion av punktkälla och tas inte med här. Det innebär att 400 ha våtmark återstår. Av den ytan har 270 ha placerats i Motala Ströms avrinningsområde.

Dessa våtmarker placerades i de 20 delavrinningsområden som, enligt standardköringen, har högst belastning av jordbruksläckage till havet. Våtmarken antas

avvattna 65 % av avrinningsområdet och varje våtmark har ansatts till 0,52 % av det egna avrinningsområdets area. Dessa antaganden kan anses höga men var en förutsättning för att 270 ha våtmark skall rymmas inom de 20 delavrinningsområdena. Våtmarken antas ha ett medeldjup på 1 m. Med en avrinning på 190 mm/år (beräknad i TRK för Östgötaslätten) ger detta en medelomsättningstid på 6 dygn.

Simuleringen i HBV-N modellen har skett genom införande av våtmarksarean i markanvändningsfilerna för respektive område. Våtmarksretentionen är beroende av våtmarksarea, temperatur, kvävekoncentration och en fri parameter. Beräkningen sker på daglig basis. Den fria parametern har ansatts efter tidigare modellstudier kopplade till mätdata i södra Sverige (Arheimer and Wittgren 1994, 2002).

4.6.2.2 Reglerad dränering på lätta jordar

Metoden innebär att man reglerar grundvattenytan genom att reglera hur mycket vatten som ska rinna ut genom dräneringsledningarna. Om man begränsar avrinningen under vintern och därigenom låter grundvattenytan stå högt under den tiden kan en del kväve som skulle ha urlakats istället avgå som ofarlig kvävgas. Detta sker praktiskt genom att bygga ytterligare brunnar till systemet. Åtgärden kan användas på lätta jordar inom slättområden med en lutning på max 2 %.

Undersökningar på lätta jordar i Halland visar att effekten av reglerad dränering främst blir en minskad avrinning (70-90 %). Dessa resultat kan inte direkt överföras till förhållandena i Östergötland. Den kombinerade effekten av åtgärden på avrinning och haltökning kan omräknas till en haltreduktion för aktuella grödor.

Åtgärdssimuleringen har utförts genom att reducera SOILNDB modellens haltresultat med 20 % för lätta jordar (sand t.o.m. silt loam) och för alla grödor utom vall, bete, mindre vanligt förekommande grödor och träd i utlakningsregion 40 (Östgötaslätten). I HBV-N modellen utförs detta genom att ändra i jordbrukets typhaltfil för regionen. Någon hänsyn till begränsningen på marklutning har dock inte gjorts.

4.6.2.3 Höstgödsling på våren

Sprider man stallgödsel på hösten kan det dröja upp till ett halvår innan kvävet kan tas upp av någon gröda. Under den tiden kan mycket hända med kvävet. I bästa fall är marken frusen och mycket av kvävet finns i så fall kvar till våren. I praktiken utlakas emellertid en mycket stor del av det kväve som sprids med stallgödsel på hösten. Därför ger vårspridning av stallgödsel i växande gröda betydligt mindre risk för läckage.

Problemet med vårspridning är bl.a. att markens bärighet är dålig och risken för packskador, framförallt på lerjord är stor på våren.

Genom att justera typhalterna från aktuella grödor kan en ändrad gödselstrategi simuleras. Beräkningen av dessa justeringar kan ske med SOILNDB modellen. I detta projekt har vi av resursskäl valt att göra en procentuell reduktion av typhalter som bygger på resultat från motsvarande simuleringar i Skåne, Halland och Blekinge. (Kyllmar m.fl. 2002). Reduktionen av typhalten man uppnådde i södra Sverige viktades mot hur stor andelen av varje gröda som höstgödslades på Östgötaslätten (utlakningsregion 40). Reduceringen varierade mellan 5 och 40 % med de högsta reduceringarna för höstgrödor (tabell 4).

Tabell 4. Reduktion av typhalt för utlakningsregion 40 vid flyttning av höstgödsling till våren

Gröda	Typhalts reduktion
vårkorn	5%
höstvet	38%
vall	22%
sockerbetor	-
höstoljevaxter	40%
träda	-
havre	5%
vårvet	5%
råg	38%
höstkorn	38%
våroljevaxter	17%
potatis	-

I HBV-N modellen utförs detta genom en justering i jordbrukets typhalter för aktuell utlakningsregion.

4.6.2.4 Fånggrödor

Under hösten kan stora mängder kväve frigöras i marken. Om marken är obevuxen löper detta kväve stor risk att lakas ut. Genom att odla en fånggröda tas en stor del av kvävet upp i växtmaterialet istället för att urlakas. Behovet av fånggrödor är störst på läckagebenägna jordar i södra delen av Sverige, där det milda klimatet kan tillåta att kväve frigörs i marken långt in på senhösten. I odlingssystem med stor andel vårstråsäd kan insådda rajgräsfånggrödor minska läckaget betydligt. Eftersådda fånggrödor kan odlas efter grödor som skördas tidigt och/eller där det är svårt att så in fånggrödan. En sådan gröda är t.ex. potatis.

Beräkningen av dessa justeringar kan ske med SOILNDB modellen. I detta projekt har vi av resursskäl valt att göra en procentuell reduktion av typhalter, som bygger på resultat från motsvarande simuleringar i Skåne, Halland och Blekinge (Kyllmar m.fl. 2002) för alla grödor utom vall och för alla förekommande jordar. Reduceringen varierar mellan 40 och 50 % beroende på gröda (tabell 5).

Tabell 5. Reduktion av typhalt för utlakningsregion 40 vid införande av fånggröda

Gröda	Typhalts reduktion
vårkorn	50%
höstvet	42%
vall	0%
sockerbetor	-
höstoljevaxter	48%
träda	-
havre	50%
vårvet	50%
råg	42%
höstkorn	42%
våroljevaxter	50%
potatis	50%

I HBV-N modellen utförs detta genom en justering i jordbrukets typhalter för utlakningsregion 40.

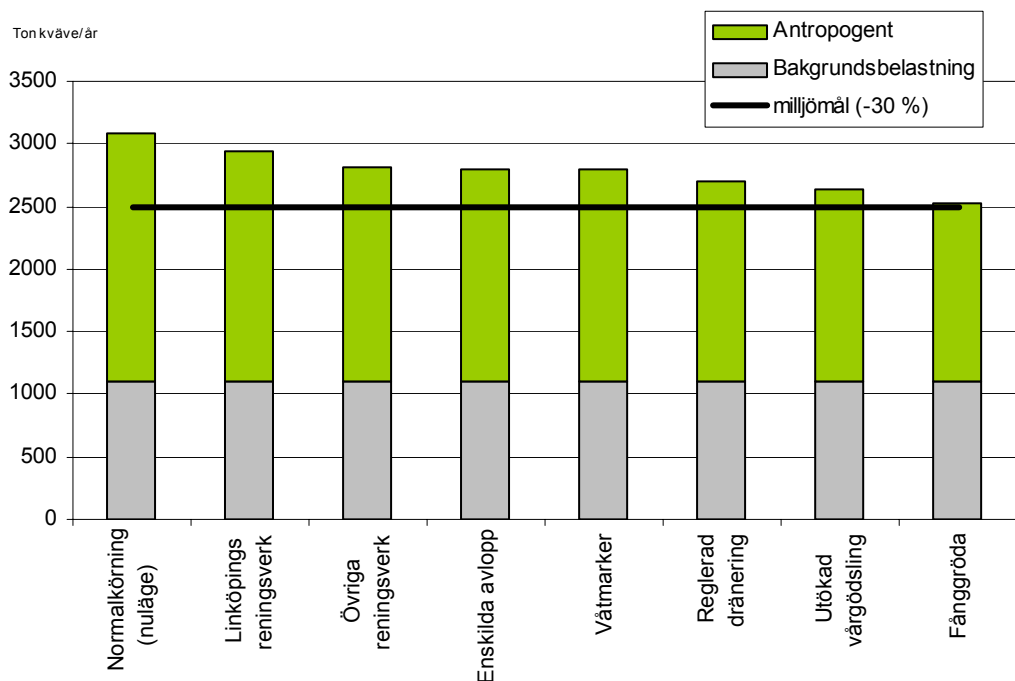
4.7 Resultat från scenarioberäkningar för Motala Ströms avrinningsområde samt diskussion

Ursprungsbelastningen från Motala Ström för perioden 1993-2002 är 3 090 ton/år. Denna belastning kan fördelas på bakgrundsnettobelastning (där hänsyn tagits till att retentionen förändras vid förändrad belastning), 1 100 ton/år, och antropogena nettobelastningen, 1 990 ton/år. I den antropogena belastningen finns inkluderat atmosfärsnedfall av kväve, som vi valt att inte förändra i något scenario.

I tabell 6 och i figur 9 redovisas resultat från de successivt utförda olika åtgärderna.

Tabell 6. Resultat från standard och successivt utförda scenarioberäkningar för Motala Ströms avrinningsområde

	Ton kväve från Motala ström/år			Kumulativ reduktion av nettobelastning	Kumulativ reduktion av antropogen belastningen
	Nettobelastning	Antropogen belastning	Minskning per åtgärd		
Ursprungsbelastning	3091	1990	-	-	-
Linköpings reningsverk	2939	1838	152	5%	8%
Övriga reningsverk	2806	1705	133	9%	14%
Enskilda avlopp	2803	1703	2	9%	14%
Våtmarker	2791	1690	13	10%	15%
Reglerad dränering	2695	1594	96	13%	20%
Utökad vårgödsling	2634	1533	61	15%	23%
Fånggröda	2524	1422	110	18%	28%



Figur 9. Beräknade totala transporter ut ur Motala Ström vid normalkörning och successivt kombinerade scenarier som har testats inom projektet.

De antagna reduceringarna av kväveutsläpp från reningsverk ger en minskning av nettobelastningen på 285 ton i Motala Ströms mynning efter retention i sjöar. Bruttobelastningen minskade samtidigt med 414 ton/år. Däremot har förbättringen av enskilda avlopp mycket liten effekt på kvävebelastningen på havet.

Uppgifterna om hur effektiva våtmarker är för kvävereducering varierar kraftigt. Det råder en stor osäkerhet och vissa delar av året kan de mycket väl avge mer kväve än som kommer in (Tonderski m.fl. 2002). Det är viktigt att skilja på resultat från våtmarker med hög belastning och reglerat flöde såsom våtmarker efter reningsverk med de som hanterar naturliga flöden från områden med lägre belastning och varierat flöde. I vår simulering har vi nyttjat erfarenheter från modellsimuleringar som gjorts tidigare, som baserats på mätdata från små dammar i Skåne och Halland (Arheimer and Wittgren 1994, 2002). Effekten av en enskild våtmark i våra beräkningar hamnar på mellan 30 och 160 kg/ha våtmark och år. Storleksmässigt motsvarar de framräknade effekterna de som beräknades i VASTRAs pågående scenarioräkningar i Rönneås avrinningsområde. Den totala effekten vid Motala Ströms mynning av våtmarkerna uppgår till 13 ton.

Den reglerade dräneringen får större effekt vid mynningen, 96 ton/år. Det goda resultatet vid försöksfält med reglerad dränering visar att uttransporterna av kväve genom dräneringsvattnet minskar med upp till 70 %. Om delar av denna minskning beror på att uttransporten sker under dräneringsrören, i grundvattnet, har regleringens effekt överskattats. Fler studier behövs för att belägga effekterna och se om de är långsiktigt hållbara. Det är mycket tveksamt om effekten blir så hög som simulerats på grund av att marken trots reglering torkar ut i det avrinningsfattigare Östergötland än i försöksområdena. Det finns även en risk att arealen lämplig mark har överskattats då inte sluttningsförhållanden har tagits med i beräkningen.

En överflyttning av höstgödsling till vårgödsling ger ytterligare 61 ton. I denna simulering har antagits att all höstgödsling inom Östgötaslätten flyttas till vårgödsling. Lerjordar kan vara svåra att vårgödsla. Risken för packskador är stor, när den tunga vårgödseln skall ut på våta vårjor. Simuleringen kan därför vara en överskattning av möjligheterna till vårgödsling på lerjordar.

En övergång till ökad andel fånggrödor ger 110 ton/år vid Motala Ströms mynning. Denna simulering har antagit att effekten av fånggrödor är additiv med tidigare åtgärder inom jordbruket (reglerad dränering och utökad vårgödsling). Detta antagande kan medföra en överskattning av fånggrödans effekt.

Scenarioräkningarna visar att det krävs stora åtgärder både i utsläpp från punktkällor och inom jordbruksskötseln för att nå det regionala målet. Beräkningarna av åtgärdseffekten inom jordbrukssektorn är mycket osäkra. Ansatserna bygger på några få små försöksytor i sydligaste Sverige med korta och ibland ofullständiga mätdata. Det är tveksamt om dessa resultat kan flyttas till andra delar av Sverige och om de tål att skalas upp i denna omfattning.

5 Erfarenheter från projektet

Projektet visar vad som krävs vid en anpassning av TRK-beräkningen från nationell till en regional nivå. Åtgärderna rör både kväve och fosfor, men det kan tillkomma ytterligare anpassningar för fosfor när bättre fosformodeller finns framtagna. Dessutom har regionala krav för scenarioräkning för kväve studerats.

Själva beräkningen är ett expertsystem, men det är mycket viktigt med ett samarbete mellan användarna från t.ex. vattendistriktet och utförarna. Det är viktigt att tillsammans bestämma vilka förändringar i systemet som skall göras, insamling av ytterligare data och vilka eventuella åtgärder som man vill studera närmare.

SVARs områdesindelning finns redan framtagen och den förbättras successivt. Vill man göra en finare indelning krävs manuellt arbete dels att ta fram den och dels att dela upp markanvändning och punktutsläpp från TRK beräkningen till respektive delar.

Komplettering av punktutsläpp är tidsödande och det handlar mycket om att lokalisera vad som finns och ansätta schabloner. Inom SMED& SLU har ett projekt Mindre punktkällor studerat detta närmare.

Många punktkällor har en tydlig inomårsvariation, behovet av att hantera punktkällor på månadsbasis bör ses över.

Jordbruksläckaget svarar i regel för en stor del av de antropogena bidraget. Andelen jordbruksmark har en fin upplösning i med blockkartorna och IAKS databasen, medan jordartskartan har en mycket grov upplösning. Det bör utifrån de ingående mätningarna göras en finare upplösning för de jordbruksintensiva slätterna. Det är angeläget att jordbrukskarteringen görs finare och speciellt gäller detta på sikt för fosforberäkningar.

En stor begränsning i scenariosimuleringarna är att modellerna inte kan simulera förändringar i markens pooler utan visar hur effekten slår när systemet har kommit i jämvikt. I verkligheten kan det dröja många år innan effekterna får genomslagskraft i marken, i vattendragen och i sjöarna.

Underlagsdata till scenariorna av åtgärder inom jordbrukssektorn bygger på småskaliga och kortvariga försök, och det kan vara tveksamt om dessa kan skalas upp och effekterna flyttas, t.ex. från nederbördsrikare sydliga trakter till Östergötland. Mer studier över effekter av olika åtgärder behövs och även uppföljning av effekter i större områden.

6 Referenser

- Arheimer, B. and Brandt, M. 1998. Modelling Nitrogen Transport and Retention in the Catchments of Southern Sweden. *Ambio* 27:471-480.
- Arheimer, B. and Wittgren, H.B. 1994. Modelling the Effects of Wetlands on Regional Nitrogen Transport. *Ambio* 23:378-386.
- Arheimer, B. and Wittgren, H.B. 2002. Modelling nitrogen removal in potential wetlands at the catchment scale. *Ecol. Eng.* 19:63-80.
- Bergström, S. and Forsman, A. 1973. Development of a conceptual deterministic rainfall-runoff model. *Nordic Hydrology*, 4, 147-170.
- Bergström, S. 1992. The HBV model – its structure and applications. SMHI Report Hydrology (RH) No 4.
- Brandt, M. och Ejhed, H. 2003. TRK. Transport – Retention – Källfördelning. Belastning på havet. Naturvårdsverket 5247.
- Eriksson, J., Andersson, A., Andersson, R. 1999. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket Rapport nr 4778.
- Johansson B. 2002. Estimation of areal precipitation for hydrological modelling in Sweden. Earth Sciences Centre, Göteborg University A76.
- Johnsson, H., Larsson, M., Mårtensson, K., Hoffman, K. 2002. SOILNDB: A decision support tool for assessing nitrogen leaching losses from arable land. *Environmental Modelling & Software* 17:505-517.
- Johnsson, H. och Mårtensson, K. 2003. Kväveläckage från svensk åkermark. Beräkningar av normalutlakning för 1995 och 1999. Naturvårdsverket Rapport 5248.
- Kyllmar, K., Johnsson, J., Mårtensson, K. 2002. Metod för bestämning av jordbrukets kvävebelastning i mindre avrinningsområden samt effekter av läkagereducerande åtgärder. *Ekohydrologi* 70.
- Olsson, H. och Årnfelt, E. 2003. Kustzonssystemet i regional miljöanalys. SMHI Oceanografi, nr 74.
- Sonesten, L. Wallin, M. och Kvarnäs, H. 2003. Kväve och fosfor till Väner och Västerhavet. Transporter, retention och åtgärdsscenarioer inom Göta älvs avrinningsområde. Institutionen för miljöanalys, SLU.
- SMHI 1994. Avrinningsområden i Sverige. Del 3. Vattendrag till egentliga Östersjön och Öresund. SMHI Hydrologi nr 50.
- SMHI 1996. Avrinningsområden i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet. SMHI Hydrologi nr 70.
- SMHI 1998. Avrinningsområden i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet. SMHI Hydrologi nr 71.
- SMHI 2000. Avrinningsområden i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken. SMHI Hydrologi nr 82.
- Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J., och Oscarsson, H. 2002. Våtmarksboken. Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker. VASTRA rapport 3.

Bilaga. Manual för anpassning av TRK-systemet från nationell till regional nivå samt scenarieberäkningar

1 Allmänt

En regionalisering av det nationella TRK-systemet innebär ett nära samarbete mellan i första hand en utförare och en regional part t.ex. en länsstyrelse eller vattenmyndighet. I denna sammanställning antas att den regionala parten är beställare av regionaliseringen. Manualen är i första hand ett hjälpmedel för den regionala parten. Inför en regionalisering är det viktigt att fastställa syftet, eftersom det kan påverka upplägget.

I denna regionala anpassning har vi beskrivit hur regionala data kan tas fram för en beräkning av den totala kvävebelastningen, den antropogena delen och scenarier med HBV-N modellen. Ett liknande system är under utveckling för fosfor inom VASTRA. Det finns andra modeller som beräknar belastning och retention (Kvarnäs modell, WATSHMAN) med liknande behov. Denna manual riktar i första hand på tillämpningar av kväveberäkningar, men typen av regionala data för fosfor är relativt likartade.

2 Mål med regionaliseringen

En regionalisering av TRK har flera användningsområden. Systemet kan användas inom miljömålsarbetet, karakterisering inom vattendirektivet, framtagning av opåverkade förhållanden, för underlag och prioriteringar av åtgärder m.m. Vid en regionalisering är det viktigt att formulera mål och syften med regionaliseringen, eftersom det påverkar indata till modellen och hantering av resultaten.

Ska regionaliseringen användas för att göra scenarier krävs att scenarierna redan planeras vid uppsättningen. Scenarierna kan påverka såväl den geografiska indelningen som vilka indata som behövs.

3 Val av tidsperiod

Beräkningarna görs i normalfallet för en period om minst 10 år för att få en normalisering av avrinningen, men med typhalter från jordbruksmark och punktkällor för ett enskilt år. Resultat för ett enskilt år (med det årets avrinning) kan dock tas fram ur beräkningarna. Vid val av tidsperiod bör representativiteten av indata och förekomsten av extremår beaktas.

4 Indelning i delavrinningsområden (beräkningsenheter)

Rekommenderad indelning vid regionaliseringen är standardavrinningsområden efter den SVAR version som använts vid den nationella TRK beräkningen, dvs. den officiella versionen det året med tillägg av delavrinningsområden för vattenföringsstationer. Det är mycket viktigt att man uppmärksammar vilken version av SVAR som använts. Länsstyrelserna använder i regel en SVAR version, som inte omfattar delavrinningsområden för vattenföringsstationer.

I speciella fall kan det vara motiverat att dela standardavrinningsområden. Det kan t.ex. gälla stora sjöar som bryts ut, eller områden som har ojämnt fördelad markanvändning i området och där nya våtmarker kan vara aktuella. En delning av befintliga avrinningsområden ger ett merarbete. Jordbruksarealen uppdelad på grödor och jordart, utsläpp från enskilda avlopp och övrig markanvändning måste fördelas på dessa delade områden. Delningen skapar även en ny version i SVAR. Hur uppdelning av standardavrinningsområden i mindre avrinningsområden ska hanteras i SVAR diskuteras för närvarande mellan SMHI och NV.

5 Markanvändning

Markanvändningen i nationella TRK-beräkningen är beräknad på standardavrinningsområden. Det krävs dock en fördelning av markanvändningen i områden som delats. Detta kan ske med arealviktnings eller bedömning för respektive område.

Den nationellt använda jordartskartan för åkermark är grov och beräkningarna av det diffusa markläckaget kan förbättras om en finare regional jordartskarta kan tas fram. Jordartskartan skall vara anpassad till den jordartsklassning som sker i SOILNDB beräkningarna. För fosforberäkningar är en finare regional jordartskarta för all markanvändning viktig.

6 Typhalter

De nationellt framtagna typhalterna kan normalt användas. Inom SMED/SLU tas för närvarande fram bättre typhalter för kalfjäll, myr och skog i norra Sverige. Likaså sker ett förbättringsarbete avseende jordbruksläckageberäkningarna med SOILNDB i vissa regioner och deras hantering vid markläckageberäkningen.

Önskas simulerat jordbruksläckage för ett specifikt år, som inte överensstämmer med den nationella TRK-beräkningen, krävs nya SOILNDB-beräkningar av SLU och framtagning av jordbruksarealen samt grödor för detta år. Detta innebär även en justering av all markanvändning per standardavrinningsområde vid regionaliseringen.

7 Avrinning

Avbördningskurvor för utloppssjöar i standardavrinningsområdena läggs in. Avrinning per standardavrinningsområde liksom vattenföringen längs vattensystemet valideras och kalibreras om av utföraren.

8 Punktkällor

Vid beräkningarna delas punktkällor in i tre grupper: avloppsreningsverk, industrier och enskilda avlopp. I den nationella TRK-beräkningen saknas många industriutsläpp samt andra mindre utsläpp. Vid en regionalisering rekommenderas att punktkällorna från den nationella uppsättningen kompletteras med dessa utsläpp. Utsläppsdata från ett helt annat år alternativt en genomsnittlig utsläppsmängd för modellperioden kan väljas om så önskas. Undvik extremår då t.ex. bräddningar i reningsverk kan vara stora. För närvarande (2004) läggs alla punktutsläpp in som årsutsläpp som fördelas ut jämnt under året. För många utsläpp varierar dock dessa under året (t.ex. reningsverk) och i framtiden finns önskemål om en fördelning i tiden.

Uppgifter om punktutsläpp från avloppsreningsverk och industrier erhålls till största delen genom miljörapporter från tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter. Utsläppsdata från miljöfarlig verksamhet lagras av Länsstyrelserna i EMIR. För de verksamheter som uppnår vissa tröskelvärden skall, sedan 2001, miljörapporten innehålla en emissionsdeklaration. Tröskelvärdena för de för regionaliseringen intressanta parametrarna framgår av tabell 1. I emissionsdeklarationen rapporteras utsläppta mängder på årsbasis. Emissionsdeklarationen lagras av Länsstyrelsen i EMIR. I de fall där länsstyrelsen inte är tillsynsmyndighet skall ansvarig tillsynsmyndighet skicka emissionsdeklarationen till Länsstyrelsen för datalagring i EMIR.

Tabell 1. Parametrar och tröskelvärden i emissionsdeklarationen

	N-tot	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P-tot	PO ₄ -P
Tröskelvärde i emissionsdeklaration ton/år	6	-	1	0,1	-

Avsaknaden av rapporteringskrav för nitrat är beklaglig. En uppdelning i oorganiska och organiska kvävefraktioner behövs vid retentionsberäkningen, eftersom processerna som styr dessa, skiljer sig mellan de olika fraktionerna.

För varje punktkälla ska följande uppges:

- Namn
- Anläggningsnummer i EMIR
- Utsläppskoordinaterna.
- Årligt utsläpp i ton/år

För scenarieräkningar kan följande behövas:

- Typ av källa (behövs för att styra åtgärder i scenarier)
- Antal anslutna vid reningsverk och vattenflöde (styr åtgärder i scenarier och används för att ta fram utsläpp för verk där utsläppsdata saknas)

Eventuellt övriga uppgifter som behövs för specifika scenarier.

Parametrar som bör rapporteras för varje punktkälla är totalkväve och oorganiskt kväve (där sådan finns). För fosfor behövs totalfosfor och fosfat. Fosfat saknas dock i stor utsträckning i EMIR, men finns nästan alltid som en driftparameter på de större reningsverken. Där uppdelning i fraktioner saknas används schabloner vid simuleringen.

Det är viktigt att utsläppskällan hamnar i rätt geografiskt område. I EMIR finns två typer av koordinater, anläggningens koordinater och utsläppskoordinater. Utsläppskoordinaterna är mycket viktiga för beräkningarna, men här finns brister i underlaget och en manuell kontroll måste ske för att kontrollera att uppgifterna stämmer.

8.1 Utsläpp från kommunala avloppsreningsverk

Utsläppsdata från tillståndspliktiga B-anläggningar (>2 000 pe⁵(anslutna personekvivalenter)) hämtas från EMIR. Data omfattar i de flesta fall årsutsläpp (ton/år) av totalkväve, nitrat och ammonium. Förutom tillståndspliktiga reningsverk finns ett stort antal mindre reningsverk där dataunderlaget i EMIR är bristfälligt.

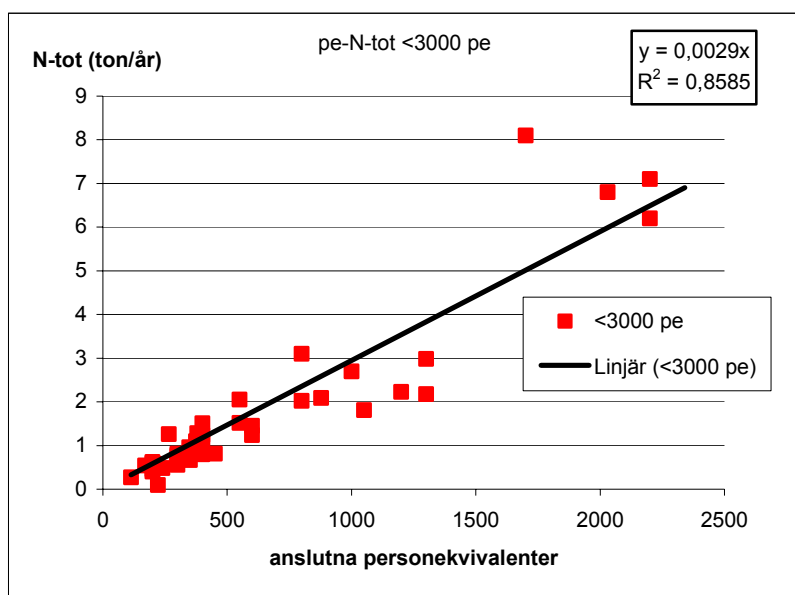
Information om landets kommunala avloppsreningsverk och deras storlek kommer att finnas tillgängligt via en databas som skall sammanställas av SMED (Uppdatering av fasta teknikuppgifter för reningsverk, preliminär rapport 2003). Informationen i

⁵ Antalet personekvivalenter (förkortas pe) är ett mått på belastningen på ett reningsverk

databasen bygger på en inventering som gjordes 1999 och den omfattar uppgifter om antal personer, reningsteknik, geografiska koordinater m.m. Databasen omfattar alla av SCB kända reningsverk av B och C-typ. Det bedöms att tämligen få reningsverk med fler än 200 anslutna personer saknas i basen. Cirka 100 reningsverk med mindre än 200 anslutna personer finns också med.

Tillgången till data i EMIR från de icke tillståndspliktiga reningsverken i SCBs material varierar kraftigt mellan olika län, men kan i de flesta fall hämtas direkt från miljörapporter på kommunernas miljökontor eller genom direkt kontakt med enskilda reningsverk.

I de fall utsläppsdata för enskilda reningsverk saknas, kan en schablonmässig beräkning som bygger på antalet anslutna personer användas. En linjär regression mellan antal anslutna pe (anslutna, inte vad tillståndet medger) och årsutsläpp av tot-N skapas för samtliga verk <3 000 pe för vilka data finns. Den framräknade schablonen kan användas för att komplettera data där utsläppsuppgifter saknas. Ett exempel visas för reningsverken i Motala Ströms avrinningsområde, där en regressionsfaktor 0,0029 erhöles (figur 1). Anledningen till att endast reningsverk med mindre än 3 000 pe har valts i schablonberäkningarna är att reningseffektiviteten är sämre för mindre reningsverk och att brister i utsläppsdata huvudsakligen påträffas här.



Figur 1. Linjärt samband mellan antal anslutna pe (1999) och årsutsläpp 2002 i Motala Ströms avrinningsområde, som använts för beräkning av totalkväve i utsläpp från kommunala avloppsreningsverk, där utsläppsdata saknas.

8.2 Utsläpp från industri m.m.

Till industrier räknas förutom ren tillverkningsindustri även förbränningsanläggningar, värmeverk, avfallsupplag, flygfält, fiskodlingar m.fl. verksamheter som genererar näringsämnesutsläpp.

Utsläppsdata från tillståndspliktiga industrier ska återfinnas i EMIR. I de fall inte Länsstyrelsen är tillståndsmyndighet kan dock ännu brister finnas i inrapporteringen av data från emissionsdeklarationer.

Flygfält som använder UREA som avisningskemikalie kan vara stora punktkällor för kväveutsläpp. Inom Motala Ströms avrinningsområde är de största

industripunktkällorna militära flygfält. Det förekommer dock brister i rapporteringen av utsläpp orsakade av avisningskemikalier och dessa ingår inte alltid i emissionsdeklarationerna.

Halterna av oorganiska kvävefraktioner i belastningen från industrier kan vara svåra att få fram. Oftast tvingas man utnyttja generella schabloner.

8.3 Utsläpp från fiskodlingar

Fiskodlingar hanterades inte i den nationella TRK-beräkningen. Fiskodlingar är en relativt liten källa för kväveutsläpp, men har större betydelse om fosfor ska simuleras. Utsläpp från fiskodlingar hanteras som punktkällor med utsläpp i de sjöar där de är belägna. Fiskodlingar i havet behöver endast tas med i de fall de ingår i scenarier eller belastningen på havet skall beräknas.

Eftersom de flesta fiskodlingar är kassar som ligger direkt i recipienten så går det inte att mäta förlusterna av näringsämnen till vattnet. Utsläpp av näringsämnen från fiskodlingar beräknas i stället från uppgifter om produktion och foderförbrukning. I EMIR finns utsläppsdata och information om tillståndspliktiga anläggningar. Produktionsuppgifter, givna tillstånd m.m. registreras i dagsläget i ett flertal separata databaser. Under 2003 påbörjades ett gemensamt fiskodlingsregister för hela landet som skall vara tillgängligt via länsstyrelsernas gemensamma nätverk LST-NET. Närmare information om beräkning av utsläpp från fiskodlingar finns Johnsson (2000) och Olsson och Årnfelt (2003).

8.4 Enskilda avlopp

Uppgifterna om enskilda avlopp för 1995 finns framtagna för standardavrinningsområden enligt TRKs SVAR version. För kväve är enskilda avlopp en relativt liten källa och de nationellt framtagna uppgifterna kan användas. För delade områden vid regionaliseringen arealviktas enskilda avlopp eller görs en rimlig bedömning.

Vid önskemål om nya beräkningar baseras de på antalet anslutna personer och eventuellt nya framtagna schabloner. För eventuella scenarioberäkningar är det lämpligt att göra beräkningarna i t.ex. ett EXCEL-ark för att lätt kunna ändra dessa och skapa nya indatafiler till beräkningarna.

Uppgifterna från SCB omfattar antalet åretruntboende samt fritidshus fördelat efter avloppslösning:

- anslutna till kommunala reningsverk
- boende med enskilt avlopp
- boende där avlopp saknas
- boende för vilka reningsuppgift saknas.

I den nationella TRK har beräkningen utförts på följande sätt:

Utsläpp från anslutna till kommunala reningsverk behandlas som en punktkälla från dessa. Naturvårdsverkets skattningar har använts vilket innebär att kväveutsläppen har satts till 13,5 g N/person och dygn. 60 % av enskilda avlopp har antagits vara godkända och 40 % ej godkända. Reduktionen av kväve varierar beroende på bl.a. anläggningens typ och kvalitet. Reduktionen har antagits i medeltal vara 47,5 % för godkända avlopp och för ej godkända avlopp 7,5 %. Dessutom har antagits för boende, där uppgift saknas, att 5,7 % saknar rening och att resterande har enskilt avlopp och följer ovanstående reducering. För fritidshus saknas uppgift om antal personer och

utnyttjandegrad. I nationella TRK har antagits att fastigheten bebos av 2 personer 1 månad om året.

I ett SMED/SLU projekt (Ekstrand m.fl. 2004. Slutrapport. Beräkningsmetodik för mindre punktkällor.) har nya uppgifter om utsläpp från enskilda avlopp tagits fram baserat på kommunuppgifter om reningsteknik och schabloner för de olika anläggningstypernas reningsgrad. Nya siffror på nyttjandegraden av enskilda avlopp har även tagits fram.

9 Atmosfärsdeposition på sjöar

I nationella TRK beräknas det atmosfäriska nedfallet på sjöar med MATCH-modellen. Beräkning behöver i regel inte göras om vid en regionalisering.

10 Recipientdata

Recipientdata används för kalibrering och validering av HBV-N modellen. För varje station ska namn, koordinaterna, parametrar och mättillfälle rapporteras. Parametrar som ska ingå är totalkväve och där det finns oorganiskt kväve ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$). För fosfor behövs totalfosfor, partikulärt fosfor och löst fosfor (fosfat). Stationerna som används i modellen ska uppfylla följande krav:

- Endast stationer i sjöutlopp eller strömmande vatten
- Stationerna ska ligga nära delavrinningsområdets nedre gräns
- Mätserien bör minst omfatta 3 år inom modellperioden
- Frekvensen för totalkväve ska vara minst 6 prover per år
- Data skall vara kvalitetssäkrade

11 Beräkningen

Beräkningarna sker med HBV-N modellen och summeringen av kvävebelastningen sker normalt på huvudavrinningsområden (som mynnar i havet). Summeringar till större sjöar eller för biflöden kan dock även ske. Varje kustvattendrag hanteras i HBV-N modellen som ett eget område.

12 Datahantering

Uppsättningen, driften och resultatrapporteringen från en regionalisering underlättas av ett smidigt system för hantering av data. Ett gemensamt enkelt åtkomligt webbaserat projektledningssystem kan rekommenderas.

En klar specifikation på vilka resultat som ska rapporteras och i vilka format bör tas fram tidigt i planeringen av projektet.

13 Scenarier

Med scenariosimuleringar kan effekten av olika åtgärder bedömas. Det är viktigt att bestämma efter vilken princip scenarierna ska köras, var och en för sig eller successivt med ackumulerande effekt, d.v.s. varje ny åtgärd läggs på effekten av den tidigare.

Simuleras varje föreslagna åtgärd för sig behöver man inte bedöma om åtgärderna är kompatibla, men man kan inte med automatik summera ihop effekterna av olika åtgärder. Läggs varje åtgärd på de tidigare utförda, måste dels en prioritetsordning

bestämmas, vilka åtgärder som skall göras först, och dels måste åtgärderna vara genomförbara samtidigt.

13.1 Scenarier för punktkällor

Scenarier som innebär ändrade indata från punktkällor är relativt enkla att sätta upp, men de data som samlas in om punktkällorna kan behöva utökas (t.ex. vattenflöde i reningsverk). Om effekter av ändrade utsläppskrav, t.ex. införandet av avloppsvattendirektivet, ska simuleras krävs att vattenflödet samt storleken (antal anslutna personekvivalenter) samlas in för reningsverken. Ska åtgärder simuleras, som är kopplade till viss reningsteknik, måste även information om reningsteknik samlas in.

13.2 Scenarier för enskilda avlopp

Scenarier för enskilda avlopp har relativt liten inverkan på kvävebelastningen, men har större betydelse om fosfor modelleras. Scenarier kan skapas genom att antagen reningsgrad alternativt schabloner ändras. Det kan även ske genom ett antagande om större anslutning till kommunala reningsverk. Förändringar kan göras för hela regionen, för enstaka kommuner och avrinningsområden.

13.3 Scenarier för markläckage

Scenarier där markanvändningen förändras kan skapas genom att fördelningen av olika markslag eller grödor ändras inom avrinningsområdena, t.ex. potatis blir vall eller höstspannmål blir vårspannmål. Här förändras bara förhållandena mellan de ingående grödorna medan typhalterna från SOILNDB enligt senaste TRK-uppsättning behålls. Vill man simulera ändrad bruksdrift, t.ex. att höstgödslingen flyttas till våren eller att fånggröda sås in i vissa grödor kan det ske genom att nya typhalter tas fram med hjälp av SOILNDB simuleringar. Alternativet är att anta nya typhalter ifrån tidigare utförda körningar, resultat från fältförsök och expertbedömningar. Det är viktigt att kontrollera att de planerade åtgärderna på jordbruksmark är kompatibla om scenarierna ska bygga på varandra.

13.4 Scenarier för våtmarker

Scenarier som innebär att man anlägger våtmarker förutsätter att man har en strategi för var våtmarkerna ska anläggas, hur stora de kan göras och hur stora arealer de skall avvattna. Följande uppgifter måste bestämmas:

- Areal våtmark som ska anläggas
- Placering av våtmarkerna. Lämpliga områden är de med högst netto- alt. bruttobelastning eller där det är tekniskt mest lämpligt. Finns det redan planerade våtmarker som ska ingå kan det krävas förändringar i modellens geografiska indelning vid uppsättningen.
- Våtmarkens areal och medeldjup
- Beräknat lokalt tillrinningsområde till respektive våtmark så att en genomsnittlig omsättningstid på minst 2 dygn erhålls (se t.ex. Todinski m.fl. 2002).

13.5 Scenarier för ändrad atmosfäriskt nedfall på sjöar

Minskning i det atmosfäriska nedfallet kan simuleras genom att en rimlig förändring i % antas eller genom en förnyad MATCH-simulering.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien HYDROLOGI har tidigare utgivits:

- | | |
|--|---|
| <p>1 Bengt Carlsson (1985)
Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena.</p> <p>2 Martin Häggström och Magnus Persson (1986)
Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser.</p> <p>3 Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO (1986)
Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985.</p> <p>4 Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman (1986)
Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering - Ett pilotprojekt.</p> <p>5 Martin Häggström (1986)
Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985.</p> <p>6 Barbro Johansson (1986)
Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt.</p> <p>7 Maja Brandt (1986)
Areella snöstudier.</p> <p>8 Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström (1987)
PULS-modellen: Struktur och tillämpningar.</p> | <p>9 Lennart Funkquist (1987)
Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar.</p> <p>10 Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet (1987)
Application of the HBV model to Bolivian basins.</p> <p>11 Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet (1987)
Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model.</p> <p>12 Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov (1987)
De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter.</p> <p>13 Göran Lindström (1987)
Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn.</p> <p>14 Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström (1987)
Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd.</p> <p>15 Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist (1987)
Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987.</p> <p>16 Martin Häggström och Magnus Persson (1987)
Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser.</p> |
|--|---|

- 17 Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin (1987)
Skogsskador - klimat.
- 18 Maja Brandt (1987)
Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser.
- 19 Martin Häggström och Magnus Persson (1988)
Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser.
- 20 Todor Milanov (1988)
Frys förluster av vatten.
- 21 Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega (1988)
Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin.
- 22 Mats Moberg och Maja Brandt (1988)
Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde.
- 23 Martin Gotthardsson och Sten Lindell (1989)
Hydrologiska stationsnät 1989. Svenskt Vattenarkiv.
- 24 Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega (1989)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Río Cauca.
- 25 Gun Zachrisson (1989)
Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder.
- 26 Martin Häggström (1989)
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven.
- 27 Martin Häggström and Göran Lindström (1990)
Application of the HBV model for flood forecasting in six Central American rivers.
- 28 Sten Bergström (1990)
Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 - 1989.
- 29 Urban Svensson och Ingemar Holmström (1990)
Spridningsstudier i Glan.
- 30 Torbjörn Jutman (1991)
Analys av avrinningens trender i Sverige.
- 31 Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont (1991)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Río Cauto en Cuba.
- 32 Erik Arnér (1991)
Simulering av vårflöden med HBV-modellen.
- 33 Maja Brandt (1991)
Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven.
- 34 Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren (1991)
Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland.
- 35 Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO (1991)
Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst.
Rapport från studieresa i USA
1991-04-22--30.
- 36 Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman (1992)
Hydrologiska stationsnät
1992/Hydrological network. Svenskt Vattenarkiv.
- 37 Maja Brandt (1992)
Skogens inverkan på vattenbalansen.
- 38 Joakim Harlin, Göran Lindström, Mikael Sundby (SMHI) och Claes-Olof Brandesten (Vattenfall Hydropower AB) (1992)
Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av hel älv.
- 39 Sten Lindell (1993)
Realtidsbestämning av arealnederbörd.
- 40 Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken.
- 41 Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet.
- 42 Svenskt Vattenarkiv (1993)
Vattenföring i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön.
- 43 Svenskt Vattenarkiv (1994)
Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet.

- 44 Martin Häggström och Jörgen Sahlberg (1993)
Analys av snösmältningsförlopp.
- 45 Magnus Persson (1993)
Utnyttjande av temperaturens persistens vid beräkning av volymsprognoser med HBV-modellen.
- 46 Göran Lindström, Joakim Harlin och Judith Olofsson (1993)
Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer.
- 47 Bengt Carlsson (1993)
Alkalinitets- och pH-förändringar i Ume-älven orsakade av minimitappning.
- 48 Håkan Sanner, Joakim Harlin och Magnus Persson (1994)
Application of the HBV model to the Upper Indus River for inflow forecasting to the Tarbela dam.
- 49 Maja Brandt, Torbjörn Jutman och Hans Alexandersson (1994)
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden 1961 - 1990 av nederbörd, avdunstning och avrinning.
- 50 Svenskt Vattenarkiv (1994)
Avrinningsområden i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön och Öresund.
- 51 Martin Gotthardsson (1994)
Svenskt Vattenarkiv. Översvämningskänsliga områden i Sverige.
- 52 Åsa Evremar (1994)
Avdunstningens höjdberoende i svenska fjällområden bestämd ur vattenbalans och med modellering.
- 53 Magnus Edström och Pia Rystam (1994)
FFO - Stationsnät för fältforskningsområden 1994.
- 54 Zhang Xingnan (1994)
A comparative study of the HBV model and development of an automatic calibration scheme.
- 55 Svenskt Vattenarkiv (1994)
Svenskt dammregister - Södra Sverige.
- 56 Svenskt Vattenarkiv (1995)
Svenskt dammregister - Norra Sverige.
- 57 Martin Häggström (1994)
Snökartering i svenska fjällområdet med NOAA-satellitbilder.
- 58 Hans Bertil Wittgren (1995)
Kvävetransport till Slätbaken från Söderköpingsåns avrinningsområde
- 59 Ola Pettersson (1995)
Vattenbalans för fältforskningsområden.
- 60 Barbro Johansson, Katarina Losjö, Nils Sjödin, Remigio Chikwanha and Joseph Merka (1995)
Assessment of surface water resources in the Manyame catchment - Zimbabwe.
- 61 Behzad Koucheiki (1995)
Älvtemperaturers variationer i Sverige under en tioårsperiod.
- 62 Svenskt Vattenarkiv (1995)
Sänkta och torrlagda sjöar.
- 63 Malin Kanth (1995)
Hydrokemi i fältforskningsområden.
- 64 Mikael Sundby, Rikard Lidén, Nils Sjödin, Helmer Rodriguez, Enrique Aranibar (1995)
Hydrometeorological Monitoring and Modelling for Water Resources Development and Hydropower Optimisation in Bolivia.
- 65 Maja Brandt, Kurt Ehlert (1996)
Avrinningen från Sverige till omgivande hav.
- 66 Sten Lindell, Håkan Sanner, Irena Nikolushkina, Inita Stikute (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Latvia
- 67 Sten Lindell, Bengt Carlsson, Håkan Sanner, Alvina Reihan, Rimma Vedom (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Estonia
- 68 Sara Larsson, Rikard Lidén (1996)
Stationstäthet och hydrologiska prognoser.
- 69 Maja Brandt (1996)
Sedimenttransport i svenska vattendrag exempel från 1967-1994.
- 70 Svenskt Vattenarkiv (1996)
Avrinningsområden i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet.
- 71 Svenskt Vattenarkiv (1996)
Svenskt sjöregister. 2 delar

- 72 Sten Lindell, Lars O Ericsson, Håkan Sanner, Karin Göransson SMHI
Malgorzata Mierkiewicz , Andrzej Kadlubowski, IMGW (1997)
Integrated Hydrological Monitoring and Forecasting System for the Vistula River Basin. Final report.
- 73 Maja Brandt, Gun Grahn (1998)
Avdunstning och avrinningskoefficient i Sverige 1961-1990. Beräkningar med HBV-modellen.
- 74 Anna Eklund (1998)
Vattentemperaturer i sjöar, sommar och vinter - resultat från SMHIs mätningar.
- 75 Barbro Johansson, Magnus Edström, Katarina Losjö och Sten Bergström (1998)
Analys och beräkning av snösmältningsförlopp.
- 76 Anna Eklund (1998)
Istjocklek på sjöar.
- 77 Björn Bringfelt (1998)
An evapotranspiration model using SYNOP weather observations in the Penman-Monteith equation
- 78 Svenskt Vattenarkiv (1998)
Avrinningsområden i Sverige. Del 2
Vattendrag till Bottenhavet.
- 79 Maja Brandt, Anna Eklund (1999)
Snöns vatteninnehåll Modellberäkningar och statistik för Sverige
- 80 Bengt Carlsson (1999)
Some facts about the Torne and Kalix River Basins.
A contribution to the NEWBALTIC II workshop in Abisko June 1999.
- 81 Anna Eklund (1999)
Isläggning och islossning i svenska sjöar.
- 82 Svenskt Vattenarkiv (2000)
Avrinningsområden i Sverige. Del 1.
Vattendrag till Bottenviken.
- 83 Anna Eklund, Marie Gardelin, Anders Lindroth (2000)
Vinteravdunstning i HBV-modellen - jämförelse med mätdata
- 84 Göran Lindström, Mikael Ottosson Löfvenius (2000)
Tjäle och avrinning i Svartberget – studier med HBV-modellen
- 85 Bengt Carlsson och Göran Lindström (2001)
HBV-modellen och flödesprognoser
- 86 Josef Källgården (2001)
Snow distribution in a mountainous region. A remote sensing study.
- 87 Johan Andréasson, Anders Gyllander, Barbro Johansson, Josef Källgården, Sten Lindell, Judith Olofsson, Angela Lundberg (2001)
Snötaxering med georadar - Bättre vårflödesprognoser med HBV-modellen?
- 88 Deliang Chen, Barbro Johansson (2003)
Temperatures höjdberoende – En studie i Indalsälvens avrinningsområde.
- 89 Agne Lärke, Håkan Sanner, Anna Johnell (2003)
Utvärdering av SMHI:s prognos- och varningstjänsts verksamhet under flödena januari t o m mars 2002 i sydvästra Sverige
- 90 Barbro Johansson, Johan Andreasson och Johan Jansson (2003)
Satellite data on snow cover in the HBV model. Method development and evaluation
- 91 Charlotta Pers (2003)
BIOLA – BIOgeochemical LAke Model Manual
- 92 Carl Granström (2003)
Utvärdering av SMHIs prognos- och varningstjänsts verksamhet under flödet i området runt Emån juli 2003
- 93 Carl Granström (2003)
Modell för prognos av tidpunkt och karaktär för islossningen i Torne älv.



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01