RAPPORT

Slutrapport för projektet Verktyg och handlingsplan för kostnadseffektiva åtgärder för att minska övergödningen i Magelungen, Drevviken och Flaten

För Miljöförvaltningen, Stockholms stad

Mikael Olshammar, Ida Westerberg

2008-01-15

Arkivnummer: U2076

Version A

Svenska Miljöinstitutet

Box 21060, SE-100 31 Stockholm
Valhallavägen 81, Stockholm
Tel: +46 (0)8 598 563 00
Fax: +46(0)8 598 563 90
www.ivl.se

Box 5302, SE-400 14 Göteborg
Aschebergsgatan 44, Göteborg
Tel: +46 (0)31 725 62 00
Fax: + 46 (0)31 725 62 90

Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att ta fram underlag till en handlingsplan med kostnadseffektiva åtgärder för att minska halterna av fosfor i Magelungen från höga till måttliga höga halter och i Drevviken från mycket höga till höga halter. För Flaten var målsättningen att bibehålla de numera låga fosforhalterna efter den större restaureringsinsatsen år 2000. Handlingsplanen skulle bygga på modellering av tillförseln av fosfor från olika källor inom hela Tyresåns sjösystem. Då de aktuella sjöarna bedömdes vara väl undersökta ingick ingen provtagning i projektet. En förutsättning för projektet var att modelleringen skulle byggas på befintliga data.

Under projektets gång har en databas över tillgängliga mätadata för de aktuella sjöarna byggts upp. Mätdata samt kartor finns tillgängliga via "Watshman – Tyresåns interaktiva karta" på Tyresåsamarbetets hemsida: http://www.tyresan.se/. Denna webb-kartapplikation har byggts upp inom projektet.

Bra markanvändningsdata och höjddata är mycket viktigt för transportmodellering av fosfor. Inom projektet har ett enhetligt markanvändningsskikt tagits fram för hela området utgående från klassificeringen i Stockholms stads Vattenprogram och en högupplöst topografisk karta har använts. Särskilt för vägarna kan dataunderlaget betraktas som i hög grad fullständigt och enhetligt över hela området. De vattendragsdata och den avrinningsområdesindelning som användes i projektet är också en stor förbättring jämfört med tidigare data.

Utifrån mätdata, kartmaterial samt klimatdata har en källfördelningsmodell byggts upp mha modellverktyget SWAT och databasen Watshman. Modelleringen av fosfor visar att enskilda avlopp samt vägar står för en stor del av belastningen på sjöarna inom Tyresåns sjösystem även om variationen mellan sjöarna är stor.

En handlingsplan för att uppnå uppsatta mål för Magelungen och Drevviken bör därför fokusera på att reducera antalet enskilda avlopp eller förbättra reningen för dessa. Denna åtgärd är till en del redan genomförd, då den använda databasen över enskilda avlopp inte är uppdaterad på länge. Ytterligare dagvattenrening kan också vara en kostnadseffektiv metod att minska fosforbelastningen. För att uppnå uppsatta mål för sjöarna Magelungen och Drevviken räcker det nog dock inte med åtgärder i avrinningsområdena utan även direkt åtgärder i sjöarna kommer krävas. Flaten bedöms dock kunna bevara sin goda status med de åtgärder som redan är planerade.

För att ytterligare förbättra källfördelningsberäkningarna och underlaget till handlingsplanen bör databasen över enskilda avlopp uppdateras och en sjömodell introduceras, vilket i sin tur kräver kompletterande mätningar av vattenkvalitet och sediment i de sjöar som skall studeras. Den i projektet framtagna modellen för beräkningar av primärbelastningen på sjöarna betraktas som fullgod för uppgiften.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 1
1 Inledning 3
2 Bakgrund 3
3 Syfte 4
4 Områdesbeskrivning 4
5 Metodik 7
6 Data 8
7 GIS-data 8
7.1 Höjddata och avrinningsområden 8
7.2 Markanvändning 9
7.3 Jordarter 10
7.4 Mätdata 12
7.4.1 Enskilda avlopp 12
7.4.2 Meteorologiska data 14
8 Systembeskrivning 14
9 Kalibrering och validering 17
9.1 Vattenföring 17
9.2 Fosfor 20
10 Källfördelningsberäkning 22
10.1 Tyresåns avrinningsområde 23
10.2 Magelungens avrinningsområde 26
10.3 Drevviken, Kvarnsjön-Lissma och Trylens avrinningsområde 28
10.4 Flaten 29
11 Boxmodell 31
12 Pågående och tänkbara åtgärder 32
13 Diskussion 36
13.1 Vattenföringsberäkning 36
13.2 Källfördelningsberäkning 36
13.3 Resultatdiskussion källfördelningsberäkning 37
13.4 Resultatdiskussion boxmodell och åtgärdsscenarier 38
14 Referenser 39
Appendix I – Kalibrering och validering av vattenflöde 40
Appendix II – Kalibrering och validering av fosfor 45
Appendix III – Markanvändningsklassning i SWAT och dataursprung 1
Appendix IV – Data levererade till projektet 4

1 Inledning

Denna rapport beskriver arbete utfört och resultat uppnådda i projektet ”Verktyg och handlingsplan för kostnadseffektiva åtgärder för att minska övergödningen i Magelungen, Drevviken och Flaten”. Beställare för projektet är Miljöförvaltning, Stockholms stad och projektet finansieras av ”Miljömiljarden” och till en mindre del av IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

2 Bakgrund

Tyresåsamarbetet startade 1993 och är ett samarbete mellan de sex kommuner som ligger i Tyresåns avrinningsområde (Botkyrka, Haninge, Huddinge, Nacka, Stockholm och Tyresö), Stockholm Vatten AB samt Länsstyrelsen i Stockholms län. Under 1995-1996 analyserade Tyresåsamarbetet (då kallat Tyresåprojektet), i samarbete med bl a IVL, sjösystemets aktuella och historiska situation och tog fram förslag på mål och åtgärder rörande Tyresån. Det övergripande målet anges som ”*Tyresåns höga naturvärde ska bevaras och utvecklas, samtidigt med en växande befolkning och verksamhet inom avrinningsområdet.*”

En av åtgärderna som föreslogs i rapporten ”Tyresån, - mål och åtgärder” (Tyresåprojektet,1996) var att utreda och beskriva trösklar och dammar som är viktiga för vattenstånd och vattenföring. Detta gjordes under 2001 och 2002 av VAI VA-projekt AB. Resultaten från utredningen presenteras i rapporten ”Dammar, trösklar och andra vattenföretag inom Tyresåns avrinningsområde” (Länsstyrelsen i Stockholms län & VAI VA-PROJEKT AB, 2002).

Utredningen visar att ett stort antal vattenföretag som dammar, sjösänkningsföretag, ändring av sjöarnas trösklar etc. har skett genom åren.

IVL har i uppdraget, ”Kväve och fosformodellering i Svartån, Tyresån och Sagån”, åt Tyresåsamarbetet utvecklat ett GIS-baserat miljöinformationssystem kallat Watshman (Watershed Management System) för att hantera eutrofieringsfrågor i avrinningområden. Detta projekt avslutades 2002, se (Zakrisson, J., mfl. 2004).

I den versionen av Watshman kombinerades mätvärden från vattenkemiska provtagningar med data över punktutsläpp och modellberäkningar av arealäckage och transport i mark och vatten. Syftet med systemet var dels att erbjuda ett verktyg för att strukturera och hantera mätdata samt att beräkna källfördelningen av kväve och fosfor i olika delar av ett avrinningsområdet. Systemet innehåller även ett enkelt scenariohanteringsverktyg för att jämföra effekter av olika tänkbara åtgärder mot kväve och fosforläckage.

Trots att syftet med Watshman var att tillhandahålla ett enkelt användarvänligt modellingsverktyg åt handläggare på kommuner inom Tyresåsamarbetet anses systemet komplicerat av användarna varför det kommit till liten användning.

3 Syfte

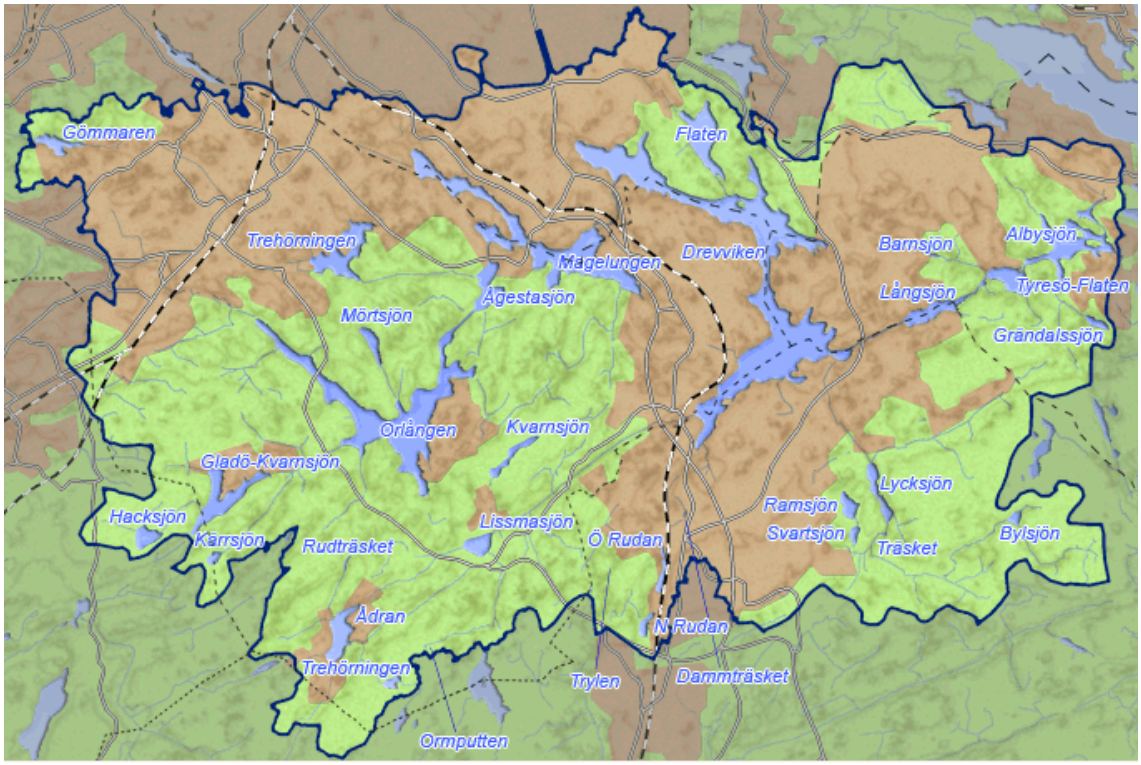
Syftet med detta projekt har varit att ta fram en handlingsplan som pekar ut de mest kostnadseffektiva åtgärderna för att minska halterna av fosfor i Magelungen från höga till måttligt höga halter och i Drevviken från mycket höga till höga halter. För Flaten är målsättningen att bibehålla de numera låga fosforhalterna efter den större restaureringsinsatsen år 2000.

Projektet syftar också till att vidareutveckla det i tidigare projekt framtagna Watshmansystemet så att kartor, beräkningsresultat och mätdata i databasen blir dynamiskt tillgängliga över Internet. På detta sätt skall kommuner i området och allmänhet på ett enkelt sätt få tillgång till miljödata som rör hela Tyresåområdet. I systemuppdateringen ingår också att uppdatera Watshman med en mer fysikalisk hydrologi- och belastningsmodell för att systemet skall kunna ge bättre källfördelningsberäkningar och åtgärdsmodelleringar.

4 Områdesbeskrivning

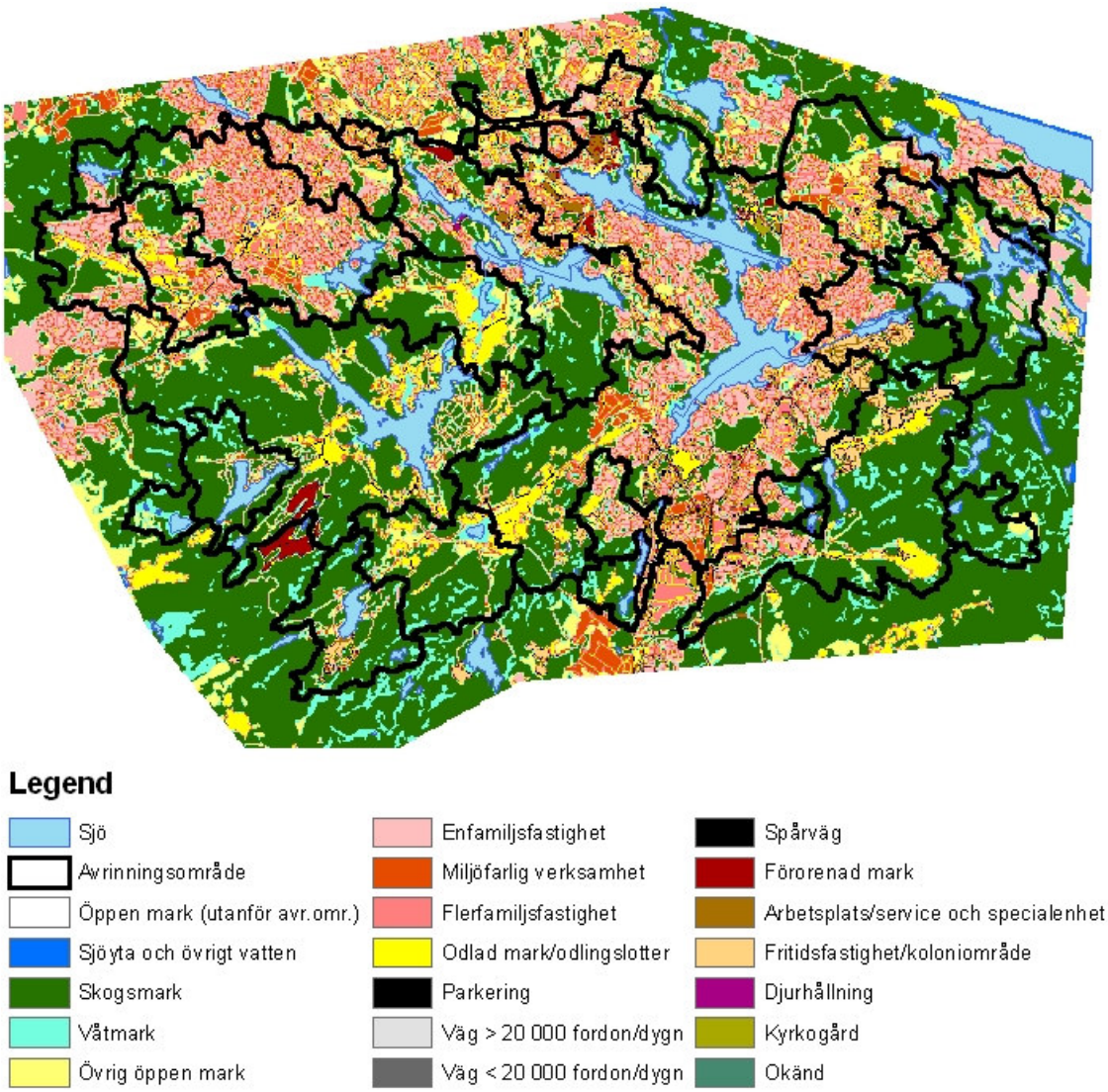
Tyresåsystemet är ett av Stockholmsområdets största sjösystem, ett cirka 220 km² stort avrinningsområde med drygt 30 sjöar. De högst belägna sjöarna ligger på drygt 75 meter över havet. Inom avrinningsområdet bor cirka 235 000 människor (Tyresån Mål och åtgärder, 1996) och området berör sex kommuner; Botkyrka, Huddinge, Stockholms stad, Haninge, Tyresö och Nacka.

Figur 1. Satellitbild över Tyresåns avrinningsområde. Källa: hitta.se



Figur 2. Sjöar i Tyresåns avrinningsområde. Källa: www.tyresan.se

Markanvändningen inom området domineras av skog som täcker nästa halva avrinningsområdet medan bebyggda områden utgör ca en fjärdedel. Åkermark och annan öppen mark utgör 14% medan vatten och våtmarker utgör ca 10% av områdets yta. Se Figur 3 och Figur 5.



Figur 3. Fördelning av markanvändning inom Tyresåns avrinningsområde. Områdets totala yta är ca 220 km^2.

Tyresåsystemet är idag reglerat av dammar vid Gömmarens, Trehörningens, Kvarnsjöns och Tyresö-Flatens utlopp, vid Nyfors, Albysjön och i Fatburen. Regleringarna gjordes ursprungligen för vattenkraft och kvarnar, men idag finns enbart vattenkraftverket vid Uddby kvar. Magelungen, Drevviken, Långsjön i Tyresö, Orlången, Trehörningen och Ågestasjön sänktes under senare hälften av 1800-talet. Betydande reduceringar av Magelungens och Flatens tillrinningsområden har gjorts under 1900-talet. (Zakrisson, J., mfl. 2004).

I delar av området som exempelvis vid Ågestasjön och Lissmaån är de stora vattenstånds-variationerna en förutsättning för att bibehålla de höga naturvärdena. Nivåskillnaderna mellan de stora sjöarna är små och det är på många håll möjligt att relativt lätt ändra den praktiskt verksamma tröskelns läge och form. (Länsstyrelsen i Stockholms län & VAI VA-PROJEKT AB, 2002)

Vattenkvaliteten i Tyresåns sjösystem är utsatt för stark mänsklig påverkan. Eutrofiering är det dominerande problemet i stora delar av området, även om somliga skogssjöar i de sydöstra delarna

är mer hotade av försurning. Den största belastningen av kväve och fosfor härrör från enskilda avlopp och dagvatten. Inga större punktutsläpp finns idag i området. Tidigare fanns avloppsreningsverk vid Trehörningen i Huddinge kommun, men sedan 1970-talet leds spillvattnet istället till Henriksdals reningsverk. Detta innebar en betydande avlastning för nedströms liggande sjöar. Magelungens fosforhalter i ytvattnet har exempelvis minskat med ca 90% sedan avledningen (Zakrisson, J., mfl. 2004). Trehörningen har, liksom flera andra sjöar i området, restaurerats.

Under år 2000 utfördes i Flaten en framgångsrik behandling av sjöns bottnar med aluminiumklorid, vilken binder fosfor till sig. Detta har lett till betydligt förbättrad vattenkvalitet i sjön.

5 Metodik

För att ta fram en handlingsplan för Tyresåns avrinningsområde, vilken kan leda till att uppsatta kvalitetsmål för fosfor i berörda sjöar nås, måste först källorna till fosforbelastningen identifieras och kvantifieras. För detta behövs en modell som tar hänsyn till hydrologi och närsaltsbelastning. Kraven på denna modell kan sammanfattas i följande punkter:

- Modellen skall dynamiskt kunna beskriva vattnets och fosfors kretslopp
- Modellen skall beräkna både diffusa utsläpp och punktkällor
- Modellen skall vara distribuerad eller semidistribuerad, dvs ha fullständig eller delvis geografisk representation.
- Modellen skall kunna använda tillgänglig data
- Modellen skall kunna utvärdera effekter av olika åtgärder i området
- Modellen skall kunna modellera vattenkvalitet i sjöar och vattendrag

Eftersom den tidigare versionen av Watshman inte uppfyller dessa krav på ett tillfredställande sätt bestämdes att en ny beräkningsmodell skulle inkorporeras i Watshman för dessa belastningsberäkningar. Valet av modell föll på den amerikanska modellen SWAT - Soil and Water Assessment Tool (Arnold *et al.*, 1998, Neitsch *et al.*, 2002[a], Neitsch *et al.*, 2002[b]), vilken IVL i ett EU-projekt anpassats till svenska förhållanden (TWINBAS, 2007). Beräkning av belastning från punktkällor (utgörs endast av enskilda avlopp i Tyresåns avrinningsområde) sker som tidigare direkt i databasen. För en detaljerad beskrivning av databasen, se Appenix III - Förvaltningsplanen Watshman Tyresån.

SWAT-modellen är en semidistribuerad, fysikaliskt baserad modell som tar hänsyn till bland annat olika marklager, grundvatten, ytavrinning, fosforfraktioner i mark och vatten, biomassetillväxt hos grödor, gödsling mm. Avrinningsområden utgör den minsta geografiskt fördelade enheten i modellen, inom varje avrinningsområde utgörs modellens minsta enhet av en HRU (Hydrologic Response Unit) som är en unik kombination av jordart och markanvändning. I modelleringens första skede kalibreras och valideras det simulerade vattenflödet mot uppmätt flöde, varefter den simulerade mängden fosfor kalibreras och valideras mot uppmätta värden. Avrinning och fosforläckage från varje HRU kan sedan erhållas från modellen som grund för källfördelningsberäkningar. Det är även möjligt att köra olika åtgärdsscenarier med modellen, t ex anläggning av skyddszoner runt jordbruksfält.

SWAT har även en inbyggd enklare modul för modellering av närsaltstransport (inkluderande retention och internbelastning) i sjöar och vattendrag. Eftersom det inte fanns tillräckligt med mätdata för områdets sjöar och vattendrag (mätningar av sedimenttransport i vattendrag samt simultana fosforhalts- och vattenflödesmätningar vid in- och utlopp till fler sjöar) har denna modul dock ej kunnat användas utan SWAT har endast använts för att beräkna den primära belastningen på varje sjö i avrinningsområdet. Den största skillnaden mellan SWAT-modellen och den modell som ingick i förra WATSHMAN-versionen är att modellen inte baseras på schablonhalter utan är processbaserad och tar hänsyn till fosfors omsättning i naturen.

6 Data

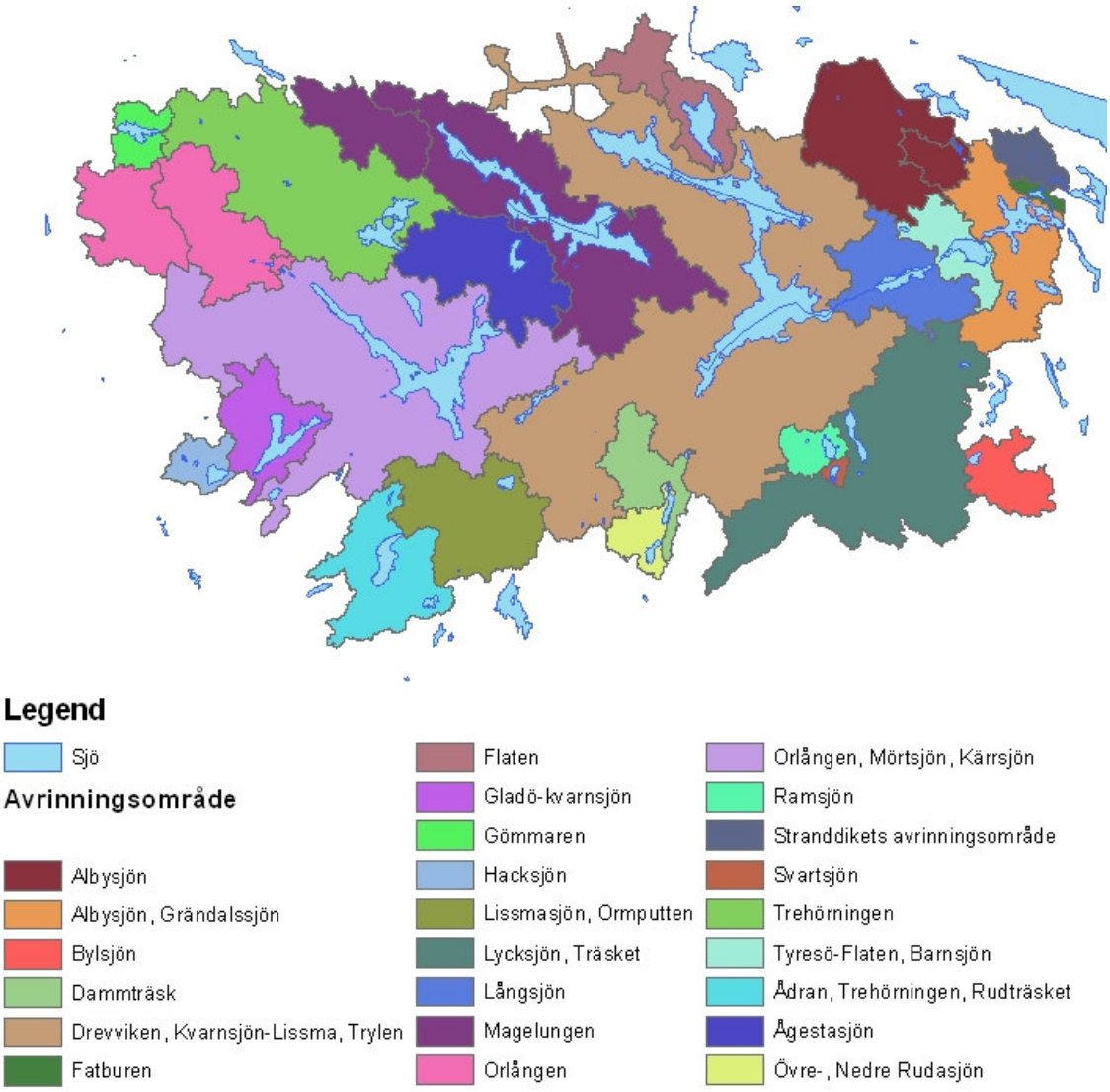
Modellen sattes upp för perioden 1998-2005, eftersom datainsamlingen påbörjades i slutet av 2005 är inte alla tidsserier kompletta för det sista året. Modelleringsperioden delades upp i en kalibreringsperiod (1998-2001) och en valideringsperiod (2002-2005).

7 GIS-data

7.1 Höjddata och avrinningsområden

Höjddata och vattendragsdata används i SWAT för att ta ut avrinningsområdenas gränser. De höjddata som användes i detta fall hade en upplösning på 5 x 5 meter och härrör från en laserscanning av området (Blominfo, 2005). Vattendragsdata baserades på hl-skiktet från fastighetskartan samt mer detaljerade data (dagvattenledningar, mindre åar, diken mm) i de kommuner där dessa data var tillgängliga (Tyresö, Haninge och Huddinge kommun).

Eftersom avrinningsområdenas gränser även påverkas av hur dagvattenledningar leder undan vatten, och inte enbart av topografin, användes data över sådana gränser i tätbebyggda områden och de gränser som topografin bestämmer i övriga områden. I de fall där avrinnings-områdesindelningen avvek i högre grad från den tidigare indelningen diskuterades detta med de berörda kommunerna. Förutom vissa gränsdragningar finns det framför allt tre skillnader mot den tidigare indelningen; att Glömstadalgångens avrinningsområde ingår i området, att ytterligare avrinningsområden lagts till inne i större delavrinningsområden vid kalibreringspunkter samt att några av de minsta sjöarnas avrinningsromåden inte kunnat beaktas utan att dessa uppgår i större avrinningsområden. Den indelning som slutligen erhölls från SWAT-modellen visas i Figur 4 nedan.



Figur 4. Avrinningsområdesindelning inom Tyresåns avrinningsområde.

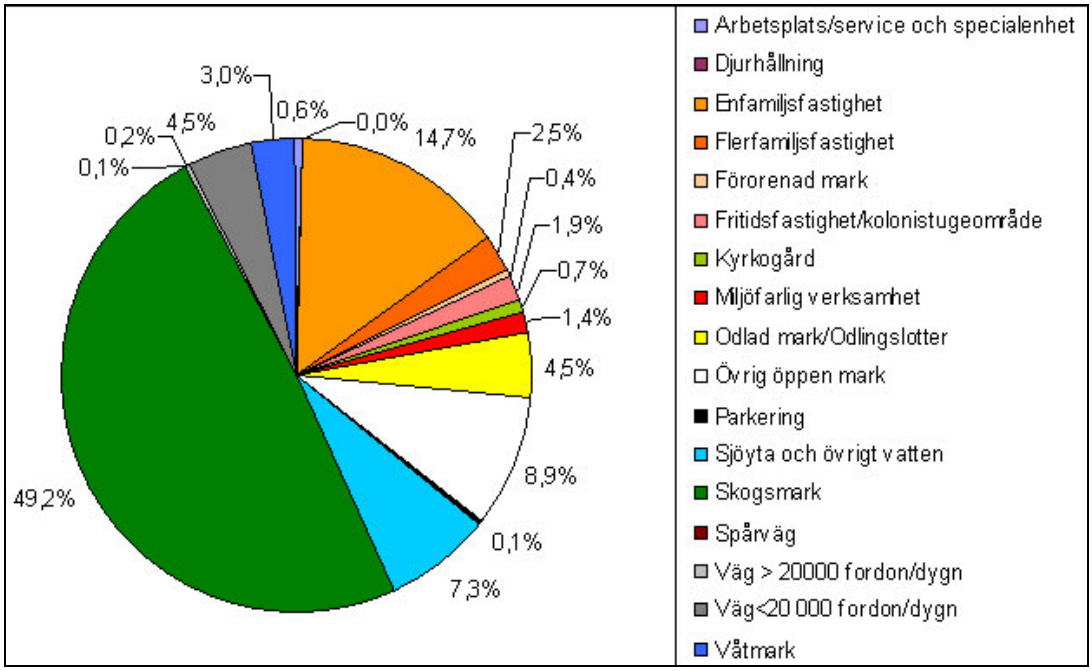
7.2 Markanvändning

Utgångspunkten för skapandet av markanvändningsskiktet (se Figur 3) var att i görligaste mån använda samma klassificering som den detaljerade markanvändningskarteringen för Stockholms kommun, eftersom denna kartering är kopplad till de läckagehalter för fosfor från urbana områden som finns i Vattenprogram för Stockholm 2000. De tillgängliga data med högst upplösning för respektive kommun/område har använts. Se tabellen SWAT_landuse_legend från databasen i Appendix III för en beskrivning av hur originaldata har klassificerats om vid skapandet av markanvändningsskiktet.

För Haninge kommun användes den markanvändningskartering med avseende på dagvatten som tagits fram för kommunen (se Appendix IV – Levererade data. . I det övriga området användes

fastighetskartan tillhandahållen av Tyresåsamarbetet. . Utbredningen av vägar sammanställdes utifrån de olika skikt som fanns för området, se Appendix IV. Ett mer detaljerat skikt över våtmarker i Huddinge kommun ingår även i markanvändningsskiktet, även om detta skikt inte är heltäckande för våtmarkerna i kommunen.

Jordbruksblocken från år 2000 med tillhörande grödor enligt Jordbruksverkets IAKS-databas användes för jordbruksmarken eftersom det i modellen inte var möjligt att ta hänsyn till hur blocken varierar i utsträckning och grödotyp mellan olika år. År 2000 bedömdes utgöra ett medelår gällande blockens utsträckning. En klassificering m.a.p. fosfor gjordes för de olika grödorna mellan åren 1998 och 2004 för att utröna om en statisk grödofördelning kunde antas. Andelen av de olika grödotyperna per avrinningsområde och år beräknades och variationerna mellan åren befanns vara sådana att det var rimligt att anta en statisk grödofördelning. Antagandet antogs vara rimligt särskilt med tanke på den relativt stora andelen av klassen ”okänd gröda”, samt att jordbruksmarken utgör en mindre del av markanvändningen i avrinningsområdet (5 %). Fördelningen av olika markanvändningstyper i avrinningsområdet visas i Figur 5.

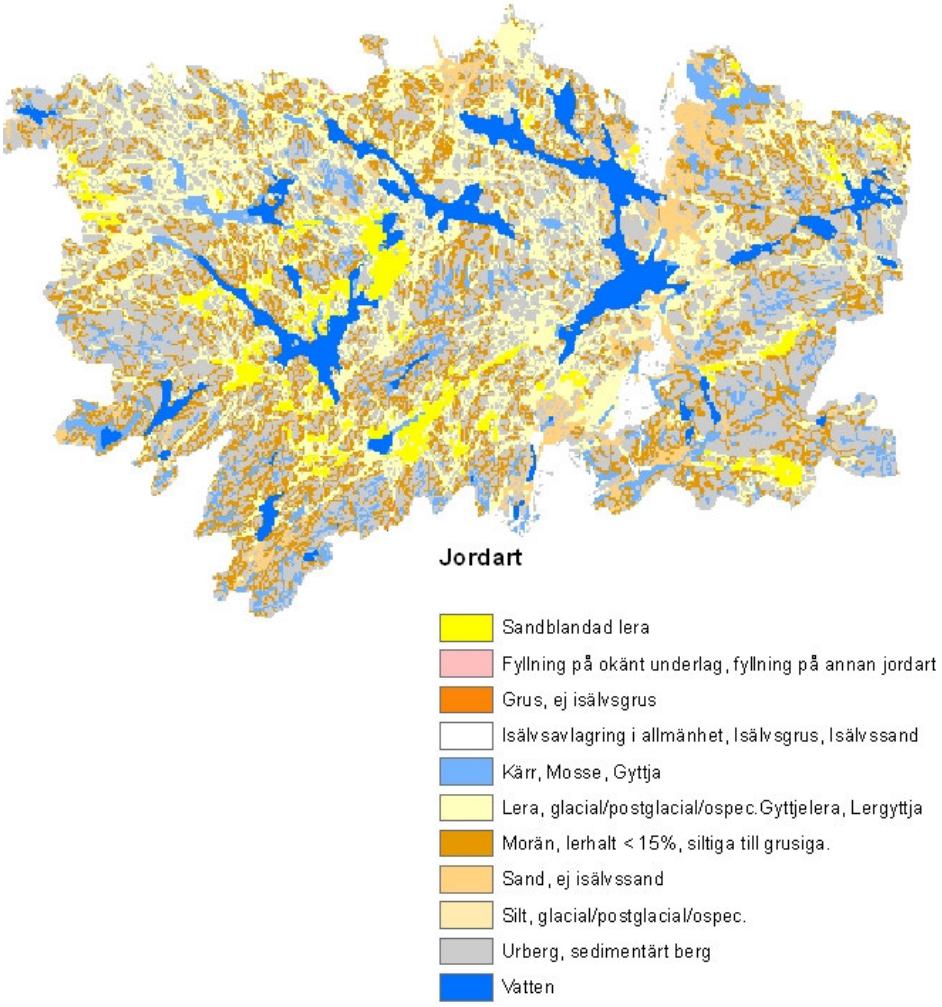


Figur 5. Fördelning av markanvändningstyper i Tyresåns avrinningsområde.

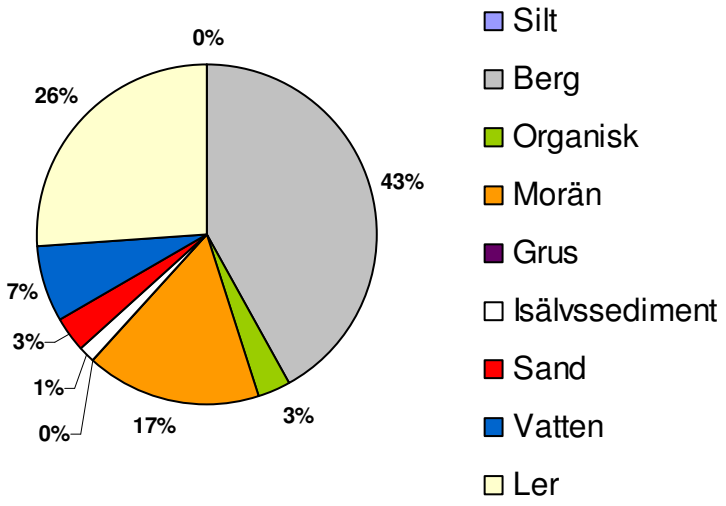
Markanvändningen rastrerades slutligen till samma upplösning som höjddatat (5 x 5 meter).

7.3 Jordarter

Jordartsdatat som också rastrerades till 5 x 5 meters upplösning kommer från SGU:s jordartskarta i 1:50 000 upplösning. Vattenklassen justerades efter markanvändningskartan så att alla vattenområden är entydiga i båda kartorna. Den största delen av avrinningsområdet utgörs av berg, lera och morän (se Figur 6 och Figur 7).



Figur 6. Jordartskarta över Tyresåns avrinningsområde, enligt SGU.



Figur 7. Fördelning av jordarter inom Tyresåns avrinningsområde enligt SGU omklassad för att passa SWAT-modellen.

7.4 Mätdata

7.4.1 Enskilda avlopp

Den beräkningsmodul och data för enskilda avlopp som finns i databasen togs fram i det föregående Watshman-projektet i Tyresån genom insamling av uppgifter ur kommunernas VA-register. (Zakrisson mfl, 2004), se Tabell 1 och Figur 8. Några av dessa fastigheter har sedan förra projektet anslutits till spillvattennätet men eftersom modellen kalibrerats med historiska mätdata har databasen inte uppdaterats inför källfördelningsberäkningen.

Tabell 1 – Antal enskilda avlopp totalt och uppdelat per reningsteknik i Tyresåns avrinningsområde

Reningsteknik	WC	BDT
Slamavskiljare	2 773	2 960
Slamavskiljare + infiltration	61	1 496
Slamavskiljare + markbädd		20
Okänd rening	1	
Tank	1 641	
Totalt	**4 476**	**4 476**

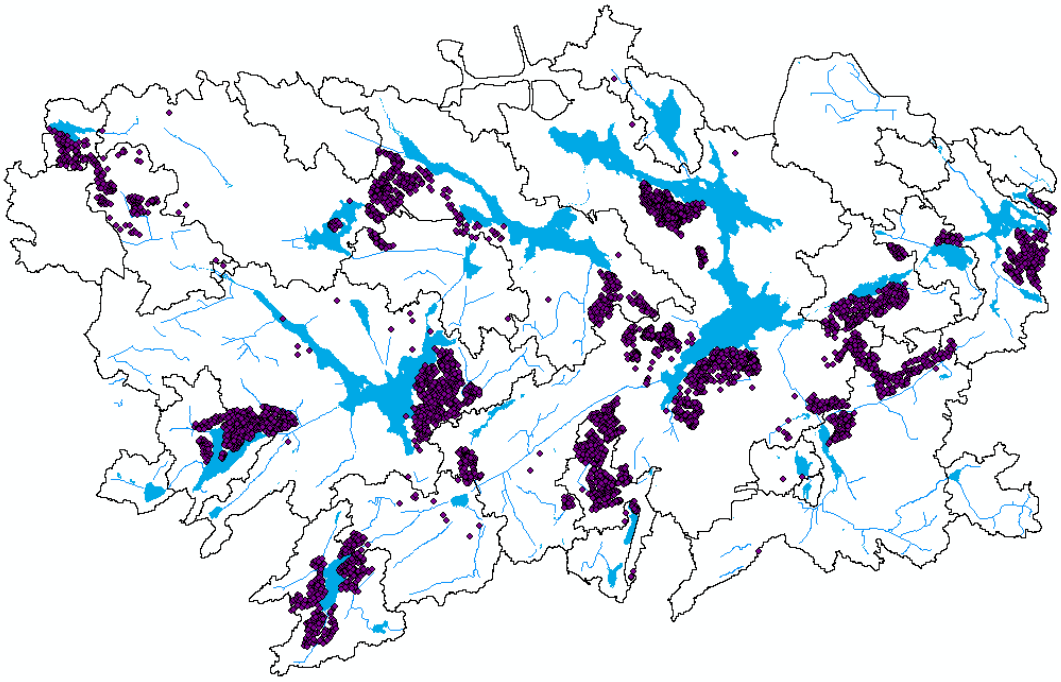
I Tabell 1 Tabell 2Tabell 3 redovisas antagen belastning per person och dag samt använda schabloner för reningseffektivitet hos de typer av reningsanläggningar som finns i området. Antalet personer per fastighet har hämtats ur befolkningsregistret. Nyttjandegraden för permanent boende har satts till 100% medan nyttjandegraden för fritidshus satts till 10-50% beroende på månad.

Tabell 2 – Antagen belastning per person och dag från BDT och WC

Belastning N-tot WC [g/person, dag]	Belastning N-tot BDT [g/person, dag]	Belastning P-tot WC [g/person, dag]	Belastning P-tot BDT [g/person, dag]	Referens
12,5	1	1,5	0,5	Småskalig avloppsrening, en exempelsamling. Formas 2002

Tabell 3 – Antagen rening av kväve och fosfor för olika reningstyper

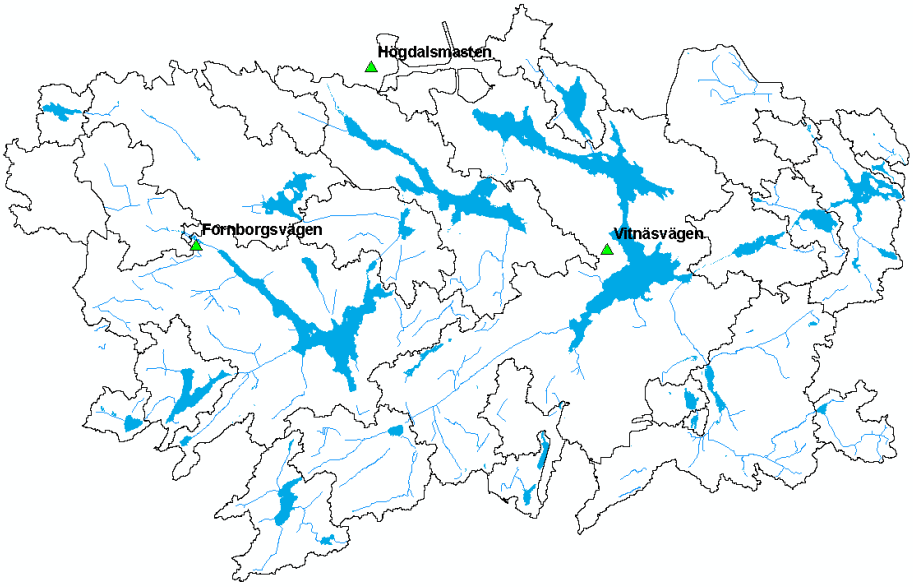
Reningstyp	Avskiljning N [%]	Avskiljning P [%]	Referens
Tank	100	100	Modellering av näringsämnen i Storsjön och dess tillrinningsområde. Länsstyrelsen Gävleborg, rapport 1998:13
Slamavskiljare	15	15	Modellering av näringsämnen i Storsjön och dess tillrinningsområde. Länsstyrelsen Gävleborg, rapport 1998:13
Slamavskiljare + infiltration	30	97	Småskalig avloppsrening, en exempelsamling. 2002 Formas
Slamavskiljare + markbädd	25	50	Småskalig avloppsrening, en exempelsamling. 2002 Formas
Okänd rening	15	15	Antagande slamavskiljare



Figur 8. Enskilda avlopp i Tyresåns avrinningsområde.

7.4.2 Meteorologiska data

Nederbördsdatat som användes i modellen kom från tre olika mätstationer (se Figur 9); Högdalen (SLB Analys), Fornborgsvägen (Stockholm Vatten) och Vitnäsvägen (Stockholm Vatten). Alla dataseten hade dataluckor, under de perioder där det uppenbart saknades data för en viss period användes data för den närmast liggande stationen med data för den aktuella perioden. Nederbördsdatat från Högdalenmasten innehöll även vissa dagar med orimligt höga regnmängder (ca 300 mm) för de dagar som bedömdes ha orimligt mycket regn användes data från de andra stationerna istället. Data över temperatur, vindhastighet, relativ fuktighet och solinstrålning kommer från Högdalenmasten. Dataluckor i temperatur och relativ fuktighetsdata har fyllts ut med data från andra SLB-stationer inne i Stockholm.



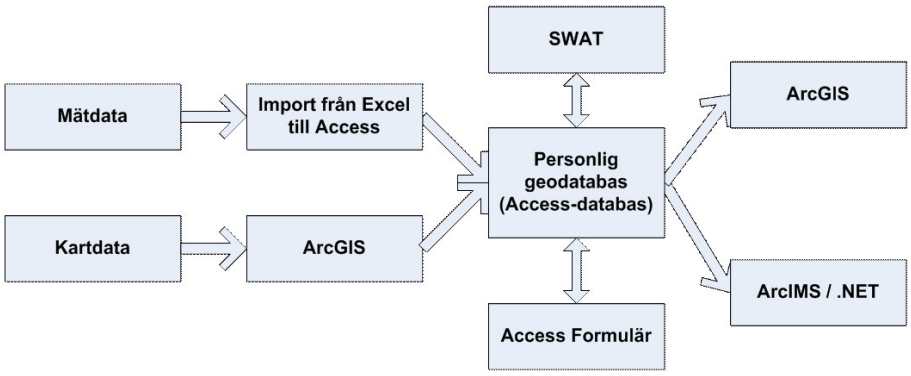
Figur 9. Meteorologiska stationer i Tyresåns avrinningsområde.

8 Systembeskrivning

Den tidigare versionen av Watshman hade en Accessdatabas för lagring av tabelldata medan GIS-data lagrades i Shape-filer. En Visual Basic/ MapObjects-applikation användes för belastningsmodellering och dataanalys. Många användare ansåg att detta system inte var användarvänligt samtidigt som belastningsmodellen som är baserad på läckageschabloner är i enklaste laget för åtgärdsscenarier.

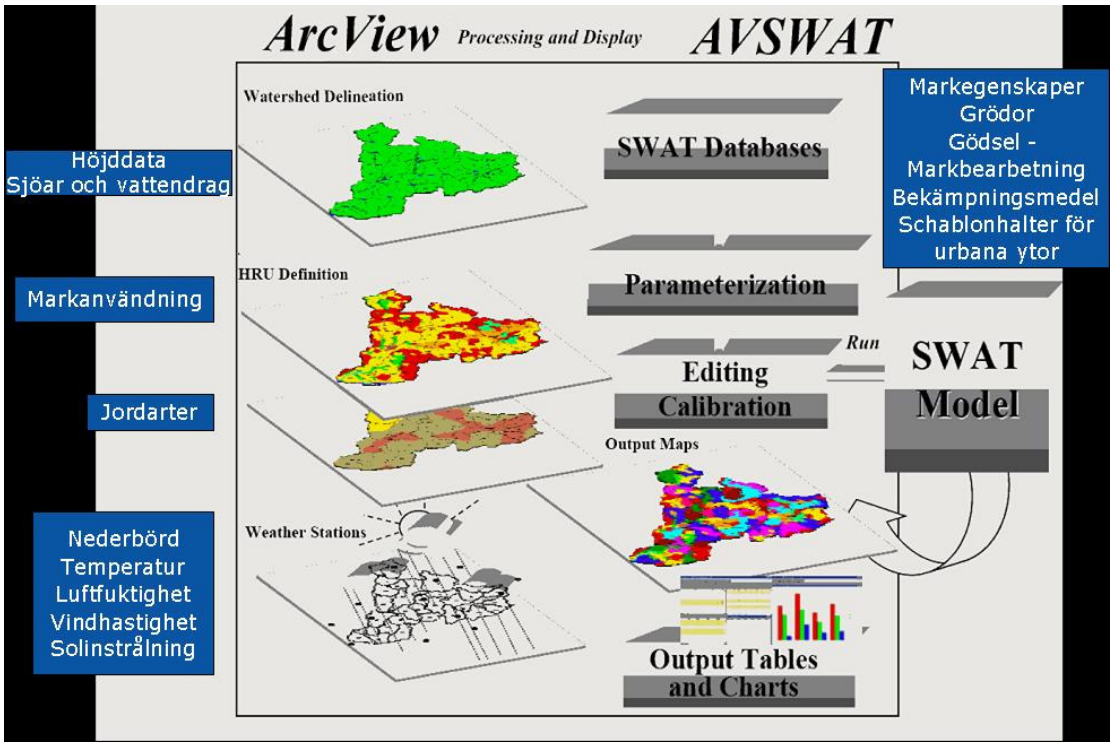
Den vidareutvecklade Watshman-versionen som tagits fram inom detta projekt har förbättrats på en rad punkter utgående från de erfarenheter som dragits från den tidigare versionen av Watshman och från de krav som definierats i projektbeskrivningen samt under projektets gång.

Datalagring sker fortfarande i en Microsoft Access-databas men den är av typen ESRI Geodatabas, vilket innebär att även GIS-data kan lagras i samma databas som tabelldata. För att administrera spatiella objekt i en Geodatabas används programvaran ArcMap från ESRI, se Figur 10.



Figur 10 - Systemkomponenter och dataflöde i Watshman Tyresån

Belastningsmodelleringen förbättrades genom introduktionen av modellen SWAT i systemet. För detaljerad beskrivning av SWAT se, http://www.brc.tamus.edu/swat/.

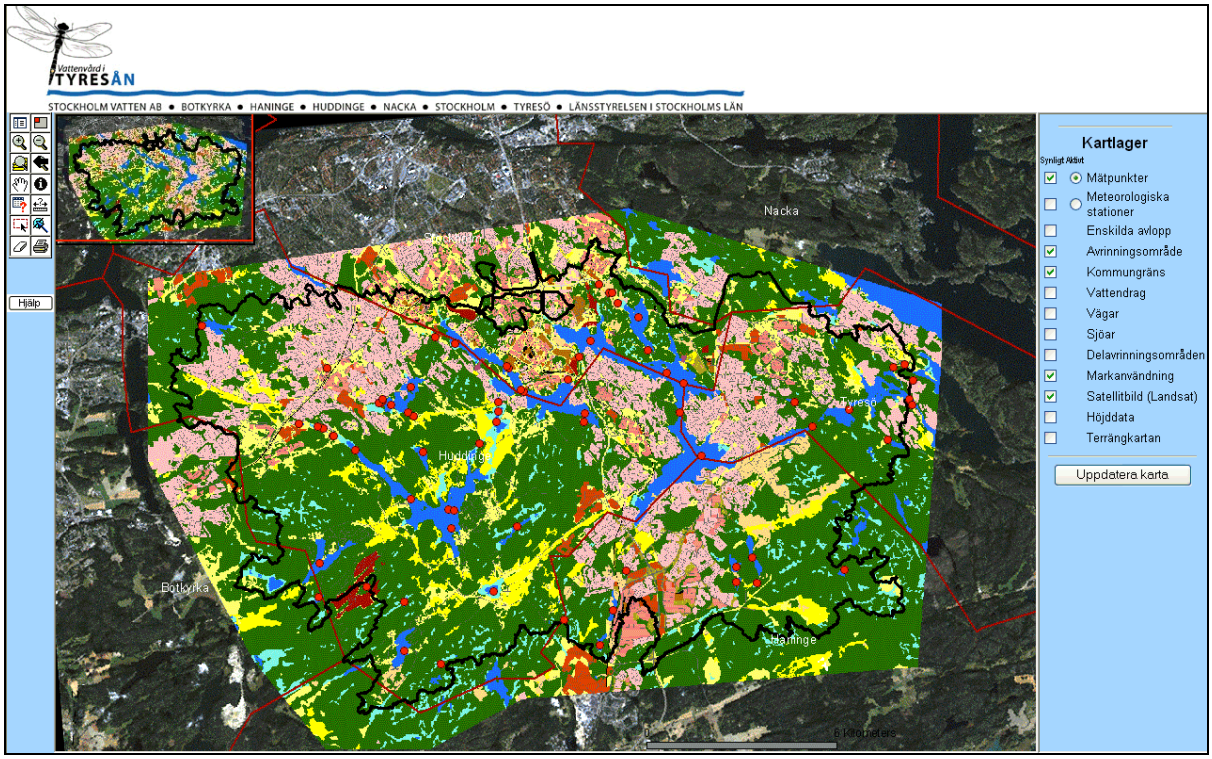


Figur 11 – Schematisk beskrivnig av SWAT

SWAT-modellen körs separat för beräkning av den primärbelastningen på sjöarna och utdata importeras in i Watshman-databasen för analys och presentation. I databasen sker även beräkningen av belastningen från de enskilda avloppen.

För att kunna publicera modelleringsresultat, mätdata och spatiell information från Watshman-databasen på Internet utvecklades i projektet en .NET-applikation (Microsoft-teknik för webbapplikationer) och en ArcIMS-applikation (ESRI produkt för publicering av kartor på

Internet, se www.esri.se). Båda dessa applikationer nås från Tyresåsamarbetets hemsida, http://www.tyresan.se/, se Figur 12. För mer information om Watshman, se Appendix III.

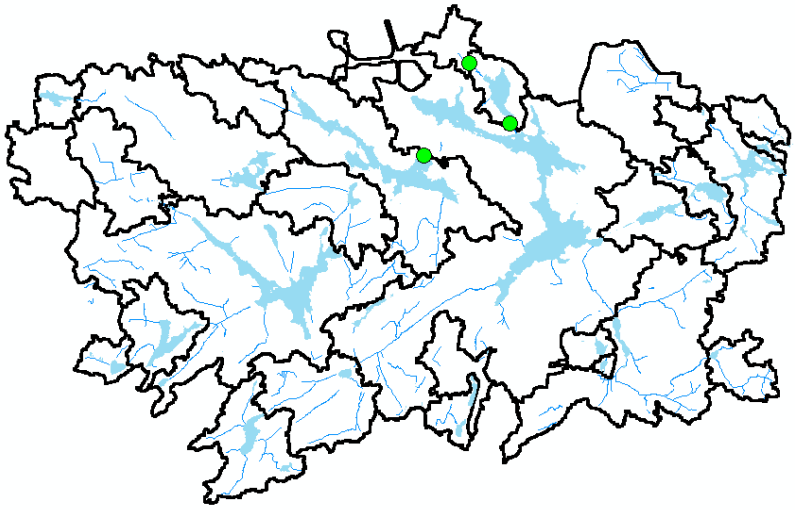


Figur 12 – Webgränssnitt för Watshman (ArcIMS-applikation)

9 Kalibrering och validering

9.1 Vattenföring

Modellen kalibrerades mot uppmätta vattenflöden i tre punkter (se Figur 13).

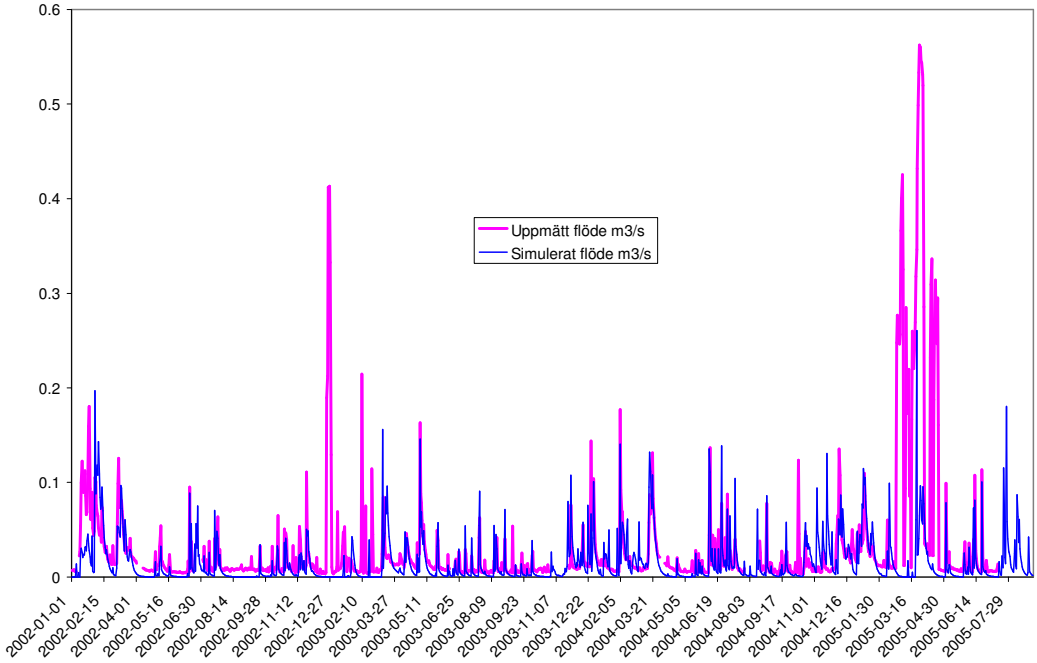


Figur 13. Kalibreringspunkter med vattenförings- och fosforhaltsmätningar.

Vattenföringsdata, se Appendix IV, med dagliga data för kalibrering av modellen var enbart tillgängliga i Flatens och Magelungens delavrinningsområden. Modellens parametrar är i första hand injusterade efter Flatens delavrinningsområde där det finns en kalibreringspunkt både för vattnet i tillloppsbäcken till Flaten (Flatendiket) och en i utloppsbäcken. En försvårande omständighet vid kalibreringen i Flatendikets tillrinningsområde är dock att grundvattendelaren löper utanför ytvattendelaren och att grundvattentillrinningsområdet således är större än ytvattentillrinningsområdet (Vattenprogram för Stockholm 2000) - något som inte varit möjligt att ta hänsyn till i modellen.

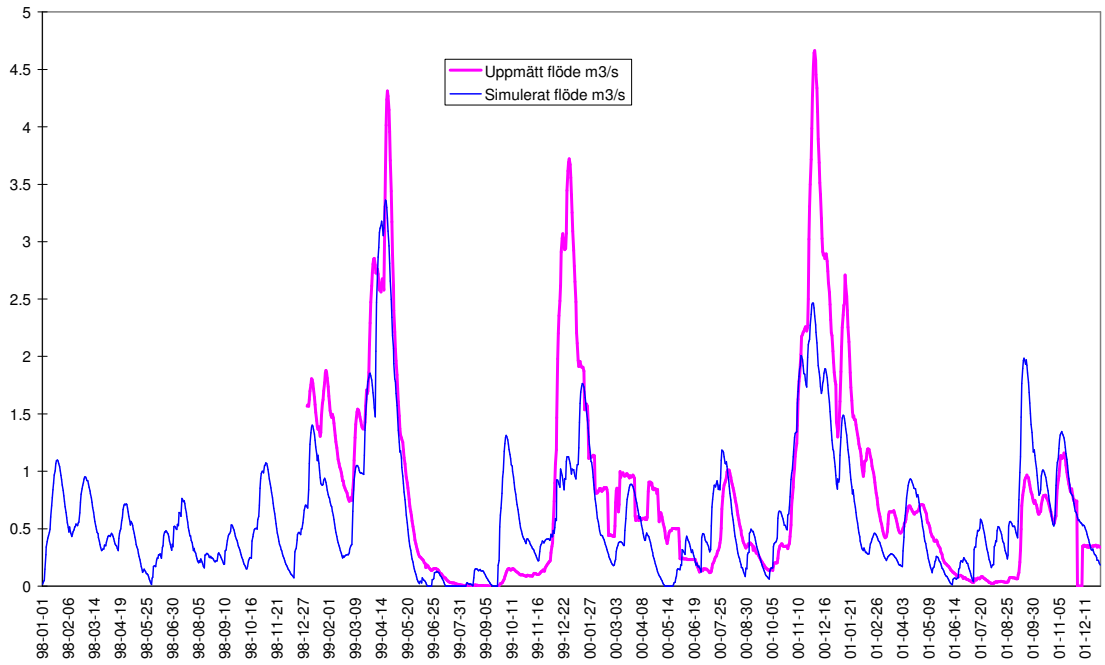
Mängden ytavrinning som bildas från en viss kombination av markanvändning och jordart i SWAT beror förutom av markanvändning och jordart också av markvattenhalt och tidigare nederbörd. I den här applikationen av SWAT användes en infiltrationsrutin med CN2 tal (från ett till 100, där 100 innebär att allt vatten går till ytavrinning) som ett mått på markens benägenhet att skapa ytavrinning. I modellens ekvationer samverkar CN2-talet, tidigare nederbörd och markvattenhalt till att bestämma mängden ytavrinning vid ett visst tillfälle. CN2-talen är kalibreringsparameterar som justeras mot uppmätt vattenföring. För urbana områden ligger de på 45 -80, för jordbruksområden på 32 -60 och för skog på 30-40 beroende på markanvändning och jordart.

Kalibreringen och valideringen mot uppmätt vattenföringsdata sker på dygnsbasis och i hydrografen för Flatendikets tillrinningsområde syns det dels att basflödet underskattas i modellen samt att det finns perioder vissa vintrar (jan-00, dec-02 och mars-05) då modellen missar höga flödestoppar (se Figur 25 i Appendix I och Figur 14 nedan).



Figur 14. Simulerat och uppmätt vattenflöde i Flatendiket under valideringsperioden..

Det är möjligt att dessa flödestoppar motsvarar en betydande grundvattentillströmning från det större grundvattentillrinningsområdet eftersom det inte faller några regnmängder innan dessa flödestoppar som motsvarar de höga flödena. Den stora andelen hårdgjorda ytor i Flatendikets tillrinningsområde avspeglas sannolikt i de snabbt övergående flödestoppar som återfinns i hydrografen (Figur 14). I kaliberingspunkterna nedströms Flaten och Magelungen har hydrografens karaktär ändrats till en jämnare kurva eftersom sjöarna utjämnar flödet (se Figur 15).



Figur 15. Simulerat och uppmätt vattenflöde i Forsån under kalibreringsperioden..

Representativiteten hos nederbördsdatat blir bättre längre nedströms i vattendragsnätet eftersom avrinningsområdet ökar i omfattning. I ett större avrinningsområde varierar nederbördsmängden i högre grad över området och lokala skillnader jämnas ut. I ett mycket litet avrinningsområde som Flatendikets blir det istället extra viktigt att nederbördsdatat är representativt. I SWAT-modellen används nederbördsdata från den närmast liggande stationen, vilket i Flatendikets fall var Högdalenmasten. Dessa data innehöll ett flertal dataluckor samt vissa orimligt höga värden, vilket minskar representativiteten hos data och försvårar anpassningen av modellen mot uppmätta data.

Som syns i figurerna ovan samt i hydrograferna för de övriga mätstationerna och tidsperioderna i Appendix I fattas vattenföringsdata för vissa perioder, vilket försvårar kalibreringen och beräkningen av statistiska utvärderingskriterier som Nash och Sutcliffes Reff-värde. På grund av förhållandena med grundvattentillrinningen samt dataluckorna i uppmätt vattenföring och uppmätt nederbörd har kalibreringen i Flatendiket fokuserats mer på att skildra vattenflödesdynamiken rätt än på att minimera volymfelet. Detta angreppssätt användes eftersom modellen ska användas för scenariemodellering, då det är viktigast att modellen ger en rimlig skildring av vattenflödesdynamiken. Det slutgiltiga volymfelet för det månadsvisa vattenflödet (summerat för alla åren under kalibrerings- respektive valideringsperioden) har ändå beräknats baserat på de månader där det inte fattas mer än fem dagar i de uppmätta tidsserierna för vattenflöde (se Tabell 4). Detta för att ge läsaren en uppfattning om storleken på det totala mängdfelet i vattenflödesberäkningen.

Tabell 4 - Volymfel

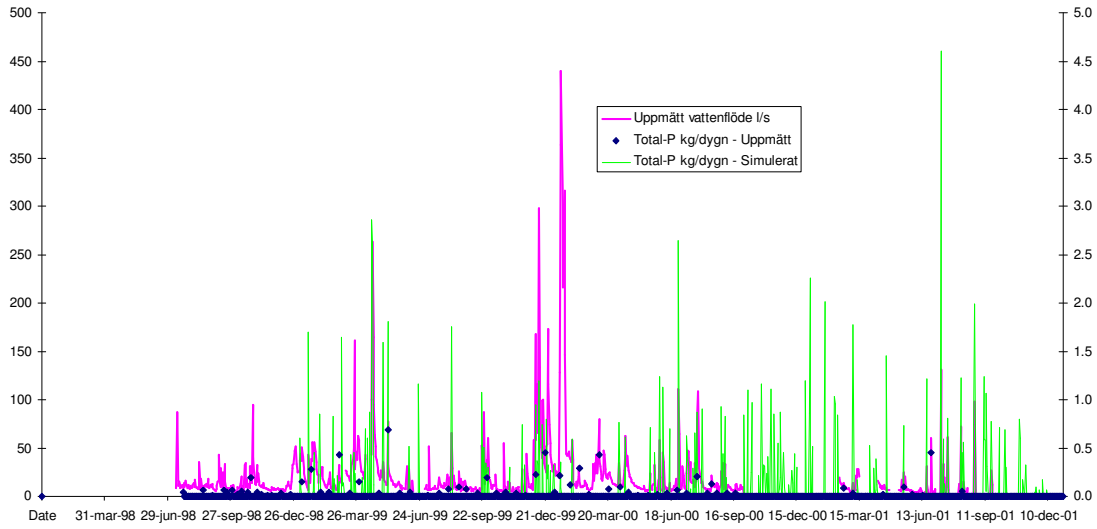
Mätstation	Volymfel_Q_Kalibrering	Volymfel_Q_Validering
Flatendiket	-49 %	-53 %
Flatens utlopp	-11 %	-44 %
Forsån	-21 %	-23 %

Månadsvisa summeringar för observerat och simulerat flöde redovisas i Appendix I.

9.2 Fosfor

Fosfor i jord är i hög grad partikelbundet, det reaktiva (lösliga) fosforet utgör en mindre del och det icke-reaktiva (partikulära) den dominerande delen (Ulén red, 2005). Fosforhalter i vattendrag kan variera stort med tiden, för att få ett representativt värde av fosformängden vid provtagningstillfället är därför flödesproportionell mätning att föredra (Ulén red, 2005).

De data som fanns tillgängliga för kalibrering av modellens fosforparametrar var momentana fosforhalts- och flödesmätningar vid Flatendiket (1-2 mätningar per 14 dagar) samt något färre mätningar vid Flatens utlopp och Forsån (Magelungens utlopp). De uppmätta halterna har multiplicerats med de uppmätta vattenflödena för att beräkna mängden fosfor per dygn. Eftersom fosfor kan variera stort med tiden är det mycket osäkert hur representativa de uppmätta momentana värdena är, vid kalibreringen har mängderna som beräknats utifrån uppmätta data linjärinterpolerats (se Figur 16 och Figur 35 i Appendix II).

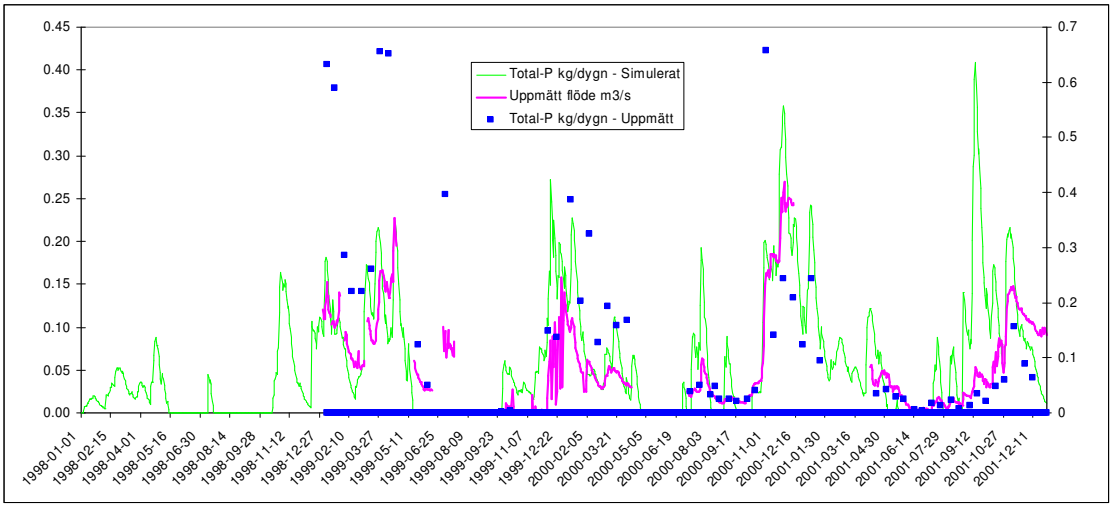


Figur 16. Uppmätt och simulerad totalfosformängd [l/s] samt vattenflöde under kalibreringsperioden i Flatendiket. Det högsta uppmätta värdet på 20 kg totalfosfor den 10:e juli 2001 har tagits bort i figuren för att bättre visa de övriga uppmätta värdena. Detta höga värde slår igenom i linjärinterpoleringen i Figur 35 i Appendix II – där halterna av uppmätt totalfosfor är höga under juli 2001. Simulerade värden visas inte för 1998 som är modellens uppvärmningsår.

I modellen sker en betydande fosforförlust den 6:e april 1999 i de avrinningsområden där modellen använder nederbördsvärden från stationen Fornborgsvägen – det föll hela 53.8 mm regn den dagen vilket i källfördelningsberäkningen gav en förlust motsvarande ca 85 % av fosforförlusterna från vissa markanvändningstyper det året. I Flatendiket uppmättes en fosforförlust på 20 kg den 10:e juli 2001. Dessa exempel visar på behovet av flödesproportionella mätningar för att korrekt kunna skatta mängderna fosfor som transporteras i vattendragen. De månatliga värdena från de flödesproportionella mätningarna vid Kolardammens inlopp (pkt 1) användes även för jämförelse vid kalibreringen de månader som flödesmätaren fungerat korrekt – dvs april-juli samt september-november 2001 (Appendix IV -Kontrollprogram Kolardammen, 2002). De månader som flödet

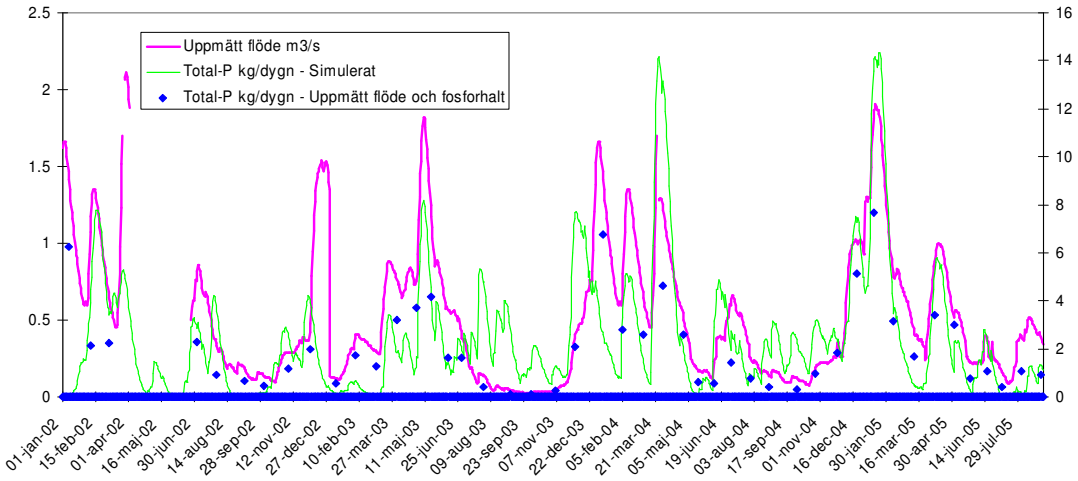
inte skilde mer än 34 % mellan observerat och kalibrerat varierade mängdfelet mellan -89 % och +12 %.

Vid utloppet från Flaten kalibrerades den totala mänden fosfor modellen ger för att beskriva tillståndet efter den fosforfällning som genomfördes år 2000, se Figur 17.



Figur 17. Simulerad och uppmätt fosformängd samt uppmätt flöde vid Flatens utlopp under kalibreringsperioden. 1998 räknas som modellens uppvärmningsperiod. År 2000 genomfördes en fosforfällning i Flaten för att minska fosforläckaget från sjöns sediment.

Den uppmätta och simulerade fosforhalten i Figur 17 ovan samt Figur 18 nedan visar att variationerna i fosforhalt är lägre vid utloppen från sjöarna än i Flatendikets tillrinningsområde. Dels utjämnas fosforhalterna i sjöarna och dels är tillrinningsområdets skala större, det sistnämnda innebär att modellen blir mer representativ eftersom lokala avvikelser får mindre betydelse.



Figur 18. Simulerad och uppmätt fosformängd samt uppmätt flöde vid Forsån under valideringsperioden. 2002 räknas som modellens uppvärmningsperiod.

Fosformängden som beräknades baserat på de linjärinterpolerade fosforhalts- och flödesmätningarna summerades per månad och mängdfelet beräknades för de månader där det inte fattas mer än fem dagar i den uppmätta vattenföringen (se Tabell 2).

Tabell 5. Volymfel och mängdfel

Mätstation	Volymfel_Q_Kalib	Volymfel_Q_Valid	Mängdfel_P_Kalib	Mängdfel_P_Valid
Flatendiket	-49 %	-53 %	- 53 %	-55 %
Flatens utlopp	-11 %	-44 %	-40 %	- 30 %
Forsån	-21 %	-23 %	+ 53 %	+ 33 %

Jämförelsen mellan de simulerade och de utifrån uppmätt data linjärinterpolerade värdena får dock anses osäker eftersom det är osäkert hur väl de linjärinterpolerade värdena representerar verkligheten.

10 Källfördelningsberäkning

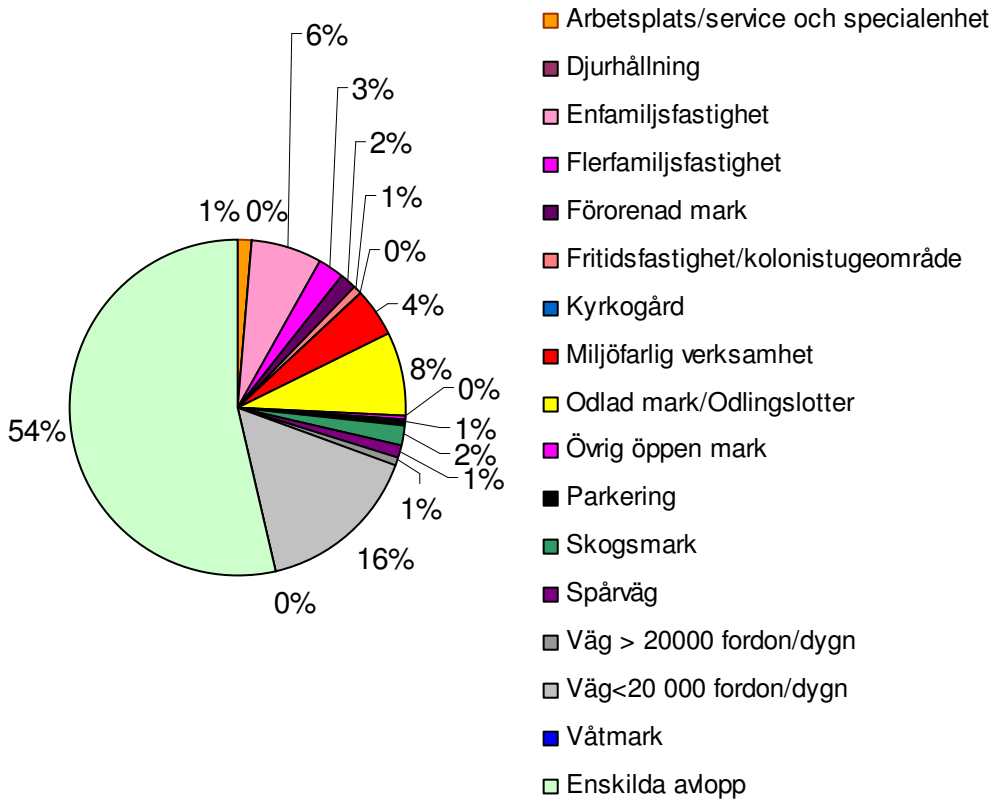
Källfördelningsberäkningarna är utförda i SWAT och anger nettobelastningen inklusive markretention för alla diffusa källor till vattendragen. För enskilda avlopp har nettobelastningen på sjöar och vattendrag beräknats i databasen och beräkningarna baseras på samma underlag som redovisats i tidigare rapport (Zakrisson mfl, 2004) frånsett att retentionen från utloppet på avloppsanläggningen till närmaste vattendrag eller sjö har förändrats. I det föregående projektet antogs generellt en retention på 20 % (Johansson & Kvarnäs, 1998). Vid beräkningarna i detta projekt viktades denna retention beroende på avståndet till närmaste sjö eller vattendrag så att 20 % retention gäller vid halva avståndet (400-500 m) räknat från de avlopp som ligger längst bort från närmaste sjö eller vattendrag. Retentionen minskar sedan linjärt mot vattendragen/sjöarna så att den är noll för de enskilda avlopp som ligger mellan 0 och 100 meter från närmaste vattendrag/sjö. På samma sätt ökar retentionen linjärt från 20 % vid 400-500 m till maximalt 45 % vid 900-1000 m från närmaste sjö eller vattendrag. Även om denna förändring av Watshman inte påverkar totalbelastningen från enskilda avlopp så mycket har den betydelser vid åtgärdsplanering, då det betyder att åtgärder på vattennära enskilda avlopp får större effekt än åtgärder på de som ligger långt bort.

Kalibreringen av hur mycket fosfor som läcker från jordbruksområden stöder sig på litteraturvärden för fosforläckage från olika grödotyper, dessa utgör dock en mycket liten del av Tyresåns avrinningsområde. För de urbana områdena bygger modelleringen på standardvärden från amerikanska studier med SWAT-modellen som här har anpassats efter svenska förhållanden med hjälp av schablonhalterna i Vattenprogram för Stockholm 2000. De användes först som jämförelse vid kalibreringen av källfördelningsberäkningen för de urbana områdena i Flatens tillrinningsområde (det är enbart i Flatens tillrinningsområde som markanvändningen enbart grundar sig på Markanvändning 2000 från Vattenprogrammet som schablonhalterna är kopplade till). Vid kalibreringen beräknades medelhalter för fosforläckage från de urbana markanvändningstyperna för åren 1999-2001 (1998 räknades inte med eftersom det är modellens uppvärmningsperiod) – dessa jämfördes sedan med halterna från Vattenprogrammet. De i Flatens tillrinningsområde kalibrerade värdena för de urbana områdena applicerades i ett andra skede sedan i hela avrinningsområdet. En ytterligare kalibrering gjordes därefter mellan fosforläckaget i hela området och värdena från Vattenprogrammet för att kontrollera att de resultat som modellen gav var rimliga i förhållande till schablonhalterna.

Källfördelningsberäkningarna redovisas som ett medelvärde för åren 1999, 2000, 2001, 2003 och 2004 eftersom åren 1998 och 2002 räknas som modellens uppvärmningsår under kalibrerings- respektive valideringsperioden.

10.1 Tyresåns avrinningsområde

Källfördelningsberäkningarna för totalfosfor för hela Tyresåns avrinningsområde beräknat som medelvärde för åren 1999, 2000, 2001, 2003 och 2004 gav en fördelning enligt Figur 19.

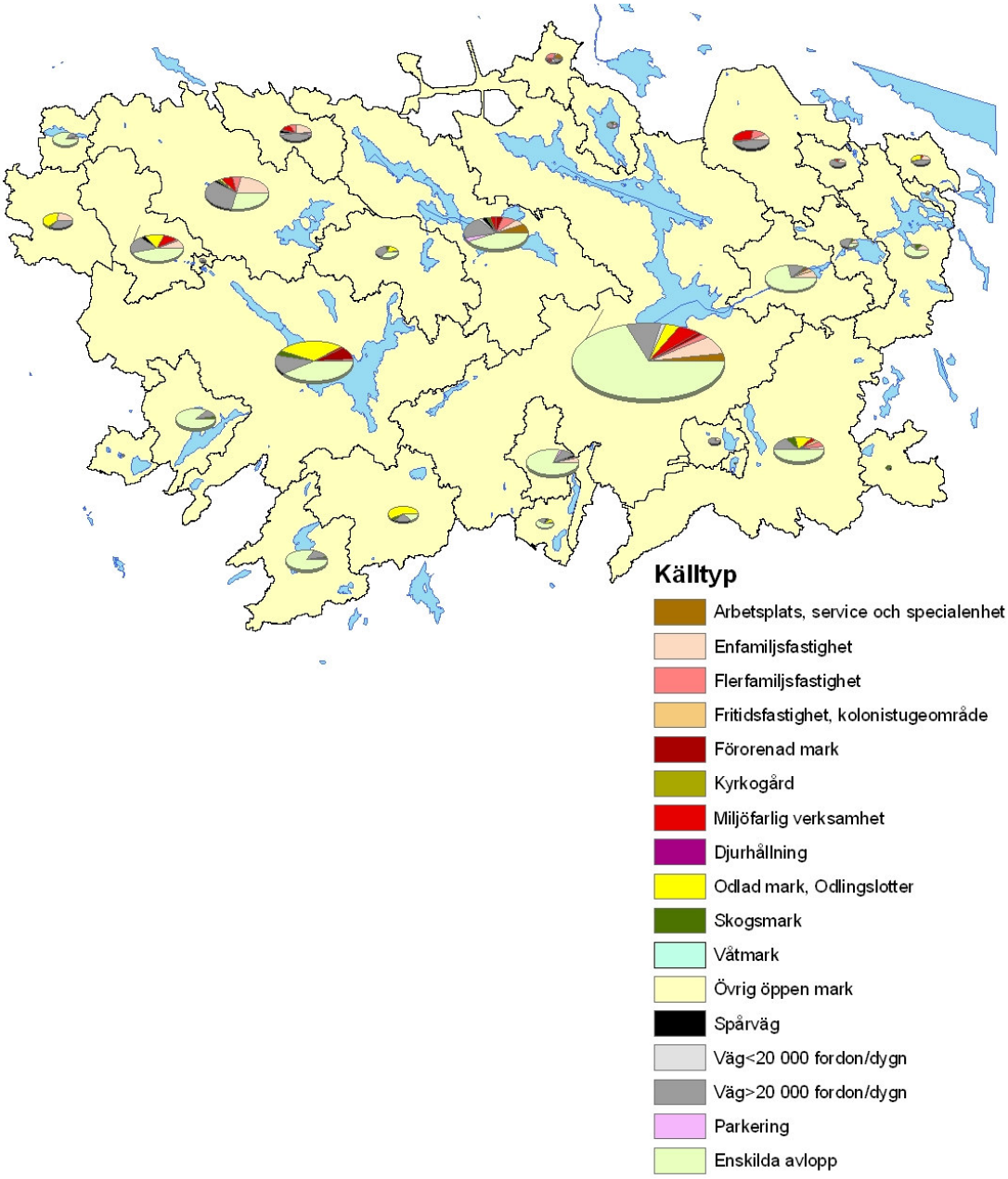


Figur 19. Källfördelningsberäkning för totalfosfor i hela Tyresåns avrinningsområde.

Tabell 6 - Källfördelning för totalfosfor för Tyresåns avrinningsområde

Markanvändning	Totalfosfor [Kg/år]
Arbetsplats/service och specialenhet	89
Djurhållning	3
Enfamiljsfastighet	395
Flerfamiljsfastighet	166
Förorenad mark	103
Fritidsfastighet/kolonistugeområde	38
Kyrkogård	14
Miljöfarlig verksamhet	276
Odlad mark/Odlingslotter	509
Övrig öppen mark	5
Parkering	39
Skogsmark	129
Spårväg	64
Väg > 20000 fordon/dygn	41
Väg<20 000 fordon/dygn	983
Våtmark	1
Enskilda avlopp	3 290
Totalt	**6 144**

Uppdelat per avrinningsområde blir källfördelningen enligt Figur 20 och Tabell 7 nedan.



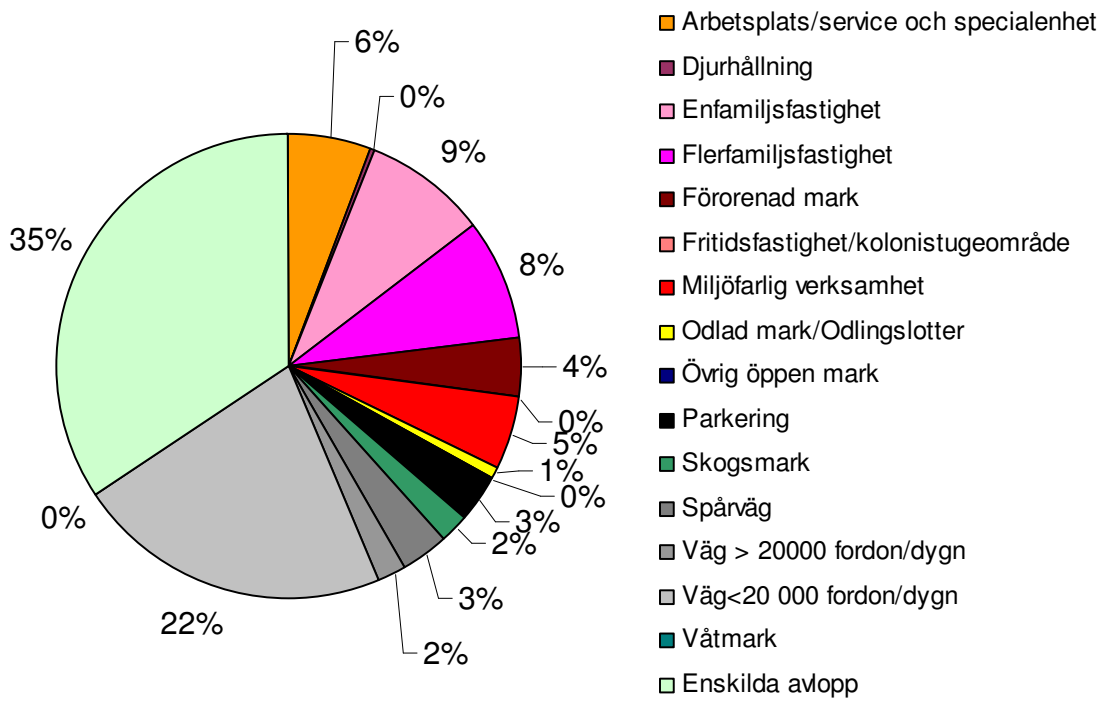
Figur 20 - Källfördelning per avrinningsområde

Tabell 7 - Källfördelning i Kg Ptot/år per avrinningsområde

Sjö	Arbetsplats, service och specialenhet	Djurhållning	Enfamiljsfastighet	Flerfamiljsfastighet	Fritidsfastighet&kolonistugeområde	Förorenad mark	Kyrkogård	Miljöfarlig verksamhet	Odlad mark&Odlingslotter	Parkering	Skogsmark	Spårväg	Våtmark	Väg<20 000 fordon/dygn	Väg>20 000 fordon/dygn	Övrig öppen mark	Enskilda avlopp	Totalt
Albysjön			15,9	21,7				43,7	0,0		3,7		0,0		79,8	0,3		**165**
Albysjön, Grändalssjön			7,7		0,4				1,5		6,7		0,0		5,6	0,1	37,4	**60**
Bylsjön											4,1		0,1			0,1		**4**
Dammträsk	1,7		10,6	3,3	1,7		0,1	1,9	1,0	5,0	1,6	5,6	0,0		26,1	0,0	221,9	**281**
Drevviken, Kvarnsjön-Lissma, Trylen	52,1	1,1	137,9	35,7	12,0	30,4	10,7	117,7	89,8	11,0	22,8	14,7	0,2	28,3	240,8	1,3	1597,7	**2 404**
Fatburen			1,0								0,4		0,0		0,6	0,0		**2**
Flaten	4,7		1,9	8,3	3,1	1,4	0,0	1,9	0,3	3,0	2,7		0,0	2,8	11,3	0,2	0,6	**42**
Gladö-kvarnsjön									0,2		4,1		0,1		16,2	0,1	143,1	**164**
Gömmaren			2,1								1,4		0,0		7,5	0,0	57,4	**68**
Hacksjön											0,6		0,0			0,0		**1**
Långsjön			17,8		8,8		0,1	3,0	1,1		3,9		0,0		39,6	0,0	197,0	**271**
Lissmasjön, Ormputten									52,9		4,9		0,1		21,7	0,1	12,3	**92**
Lycksjön, Träsket	0,2		5,8	13,6	8,8		2,5	8,4	37,1	1,0	19,9		0,3		35,1	0,2	129,3	**262**
Magelungen	30,4	2,2	46,1	44,0	0,0	21,7		27,3	3,9	17,0	11,2	17,5	0,1	9,6	117,9	0,7	182,9	**532**
Orlången			42,9	6,7				27,5	83,7		4,4	8,4	0,0		83,5	0,3	130,9	**388**
Orlången, Mörtsjön, Kärrsjön			0,3	6,9		49,2		9,6	210,2		18,3	5,8	0,1		75,3	0,7	262,5	**639**
Övre-, Nedre Rudasjön			0,0	0,2	0,5			0,1	3,8		1,2	2,1	0,0		5,8	0,0	19,7	**33**
Ramsjön			2,6		0,1		0,1				0,9		0,0		11,1	0,0	0,0	**15**
Stranddikets avrinningsområde			6,5					2,7	9,0		0,6		0,0		16,5	0,1		**35**
Svartsjön					0,2				0,1		0,3				0,1	0,0		**1**
Trehörningen			91,6	24,8				32,8	4,6	1,0	4,2	9,7	0,0		128,8	0,3	118,9	**417**
Tyresö-Flaten, Barnsjön			3,2	0,5					0,1		2,9		0,0		17,5	0,1	8,6	**33**
Ådran, Trehörningen-Hanveden, Rudträsket					2,7						4,6		0,1		22,9	0,0	150,2	**181**
Ågestasjön			1,0						9,7		3,2		0,1		19,7	0,2	19,9	**54**
Totalt	**89**	**3**	**395**	**166**	**38**	**103**	**14**	**276**	**509**	**38**	**129**	**64**	**1**	**41**	**983**	**5**	**3 290**	**6 144**

10.2 Magelungens avrinningsområde

Källfördelningsberäkningarna för Magelungens avrinningsområde beräknat som medelvärde för åren 1999, 2000, 2001, 2003 och 2004 visar att de enskilda avloppen stod för den enskilt största fosforbelastningen (35 %) följt av vägar med en trafik av mindre än 20 000 fordon/dygn, se Figur 21.



Figur 21. Källfördelningsberäkning för totalfosfor i hela Magelungens avrinningsområde.

Tillsammans utgör dessa källor mer än hälften av belastningen på Magelungen från det primära tillrinningsområdet. Bruttobelastningen i mängd totalfosfor per markanvändningstyp redovisas i Tabell 8.

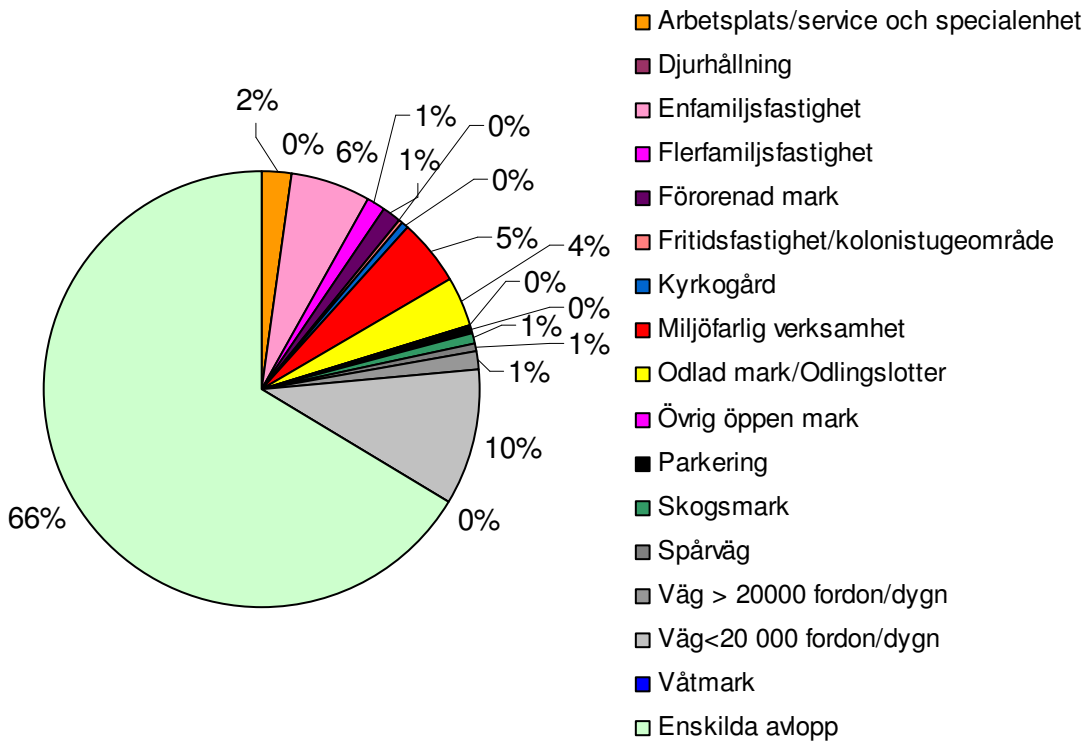
Tabell 8 - Källfördelning för totalfosfor i Magelungens avrinningsområde

Markanvändning	Totalfosfor [Kg/år]
Arbetsplats/service och specialenhet	30
Djurhållning	2
Enfamiljsfastighet	46
Flerfamiljsfastighet	44
Förorenad mark	22
Fritidsfastighet/kolonistugeområde	0
Miljöfarlig verksamhet	27
Odlad mark/Odlingslotter	4
Övrig öppen mark	1
Parkering	17
Skogsmark	11
Spårväg	17
Väg > 20000 fordon/dygn	10
Väg < 20 000 fordon/dygn	118
Våtmark	0

Enskilda avlopp	183
Totalt	**532**

10.3 Drevviken, Kvarnsjön-Lissma och Trylens avrinningsområde

Källfördelningsberäkningarna för Drevviken, Kvarnsjön-Lissma och Trylens avrinningsområde beräknat som medelvärde för åren 1999, 2000, 2001, 2003 och 2004 gav en fördelning mellan olika markanvändningstyper enligt
Figur 22.



Figur 22. Källfördelningsberäkning för totalfosfor Drevviken, Kvarnsjön-Lissma och Trylens avrinningsområde. Beräkningen baseras på ett medelvärde för åren medelvärde för 1999, 2000, 2001, 2003 och 2004.

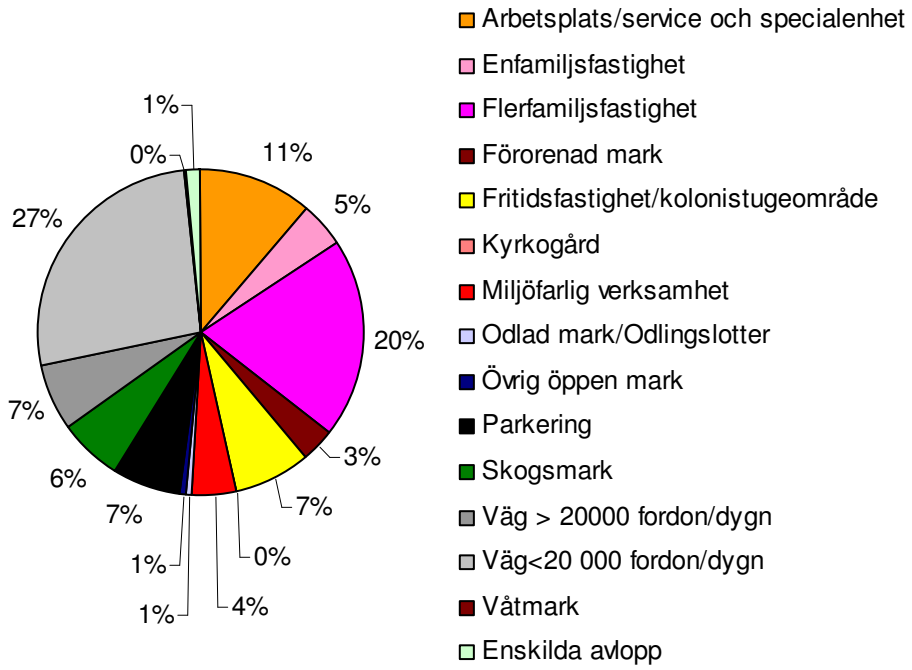
De enskilda avloppen står för huvuddelen av belastningen på Drevviken följt av vägar med en trafikintensitet av mindre än 20 000 fordon/dygn.

Tabell 9 - Källfördelning för Drevviken, Kvarnsjön-Lissma och Trylens avrinningsområde

Markanvändning	Totalfosfor [Kg/år]
Arbetsplats/service och specialenhet	52
Djurhållning	1
Enfamiljsfastighet	138
Flerfamiljsfastighet	36
Förorenad mark	30
Fritidsfastighet/kolonistugeområde	12
Kyrkogård	11
Miljöfarlig verksamhet	118
Odlad mark/Odlingslotter	90
Övrig öppen mark	1
Parkering	11
Skogsmark	23
Spårväg	15
Väg > 20000 fordon/dygn	28
Väg < 20 000 fordon/dygn	241
Våtmark	0
Enskilda avlopp	1 598
Totalt	2 404

10.4 Flaten

Källfördelningsberäkningarna för Flatens avrinningsområde beräknat som ett medelvärde för åren 1999, 2000, 2001, 2003 och 2004 visar att vägar står för den enskilt största källan till fosfor, men även att bebyggda områden (inräknat parkering) står för runt hälften av fosforbelastningen på Flaten, se Figur 23.



Figur 23. Källfördelningsberäkning för totalfosfor i Flatens avrinningsområde. Beräkningen baseras på ett medelvärde för åren medelvärde för 1999, 2000, 2001, 2003 och 2004.

Mängden fosfor som belastar Flaten från de olika markanvändningstyperna redovisas i Tabell 10.

Tabell 10 - Källfördelning för Flatens avrinningsområde

Markanvändning	Totalfosfor [Kg/år]
Arbetsplats/service och specialenhet	5
Enfamiljsfastighet	2
Flerfamiljsfastighet	8
Förorenad mark	1
Fritidsfastighet/kolonistugeområde	3
Kyrkogård	0
Miljöfarlig verksamhet	2
Odlad mark/Odlingslotter	0
Övrig öppen mark	0
Parkering	3
Skogsmark	3
Väg > 20000 fordon/dygn	3
Väg<20 000 fordon/dygn	11
Våtmark	0
Enskilda avlopp	1

Totalt	**41**

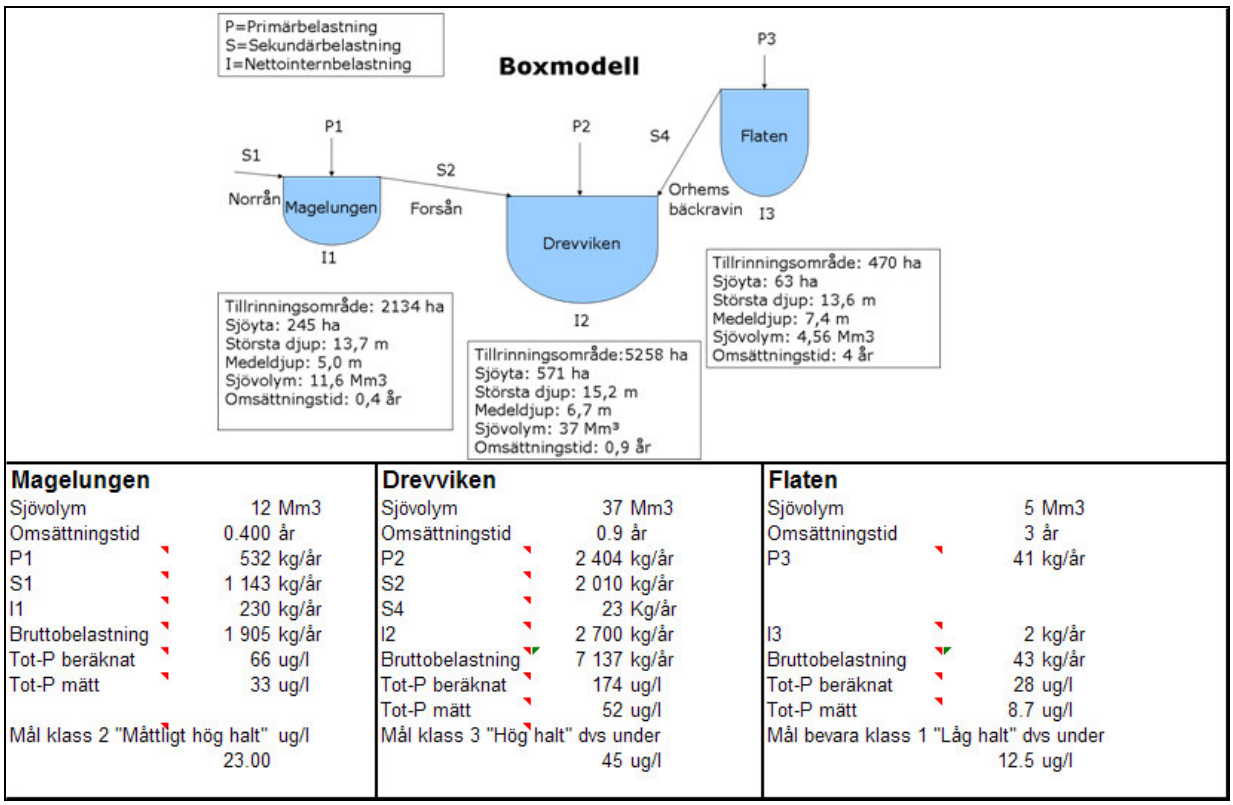
11 Boxmodell

För att kunna uppskatta effekten av minskad fosforbelastning på en sjö behövs omfattande mätningar av vattenkvalitet på olika platser, djup och tidpunkter under året samt sedimentprovtagningar utöver kunskap om sjöns fysiska utformning, omsättningstid etc.

Med dessa indata kan en sjömodell sättas upp som mha klimatdata och belastningsdata predikterar vattenkvalitet, algtillväxt och fisktillgång,. Exempel på denna typ av modell är Aquatox, se http://www.epa.gov/waterscience/models/aquatox/ . I detta projeket finns inte tillgång till alla dessa data och inte heller ingår det i projektets mål att sätt upp en sjömodell varför en betydligt enklare boxmodell använts i syfte att grovt uppskatta hur mycket belastningen måste minska på Flaten, Magelungen och Drevviken för att dessa sjöar skall uppnå respektive vattenkvalitetsmål. Ingångsparametrar till boxmodellen bestäms på följande vis:

- Den primära belastningen från tillrinningsområdet (P) erhålls från källfördelningsberäkningen utförd i detta projekt.
- Belastningen från uppströms belägna sjöar (S) uppskattas med hjälp av mätningar från Vattenprogrammet.
- Nettointernbelastningen (I) hämtas i fall den finns uppskattad från Vattenprogrammet.
- Bruttobelastningen beräknas som P+S+I
- Beräknad fosforkoncentration på årsbasis (Tot-P beräknat) beräknas som Bruttobelastning*Omsättningstid/Sjövolym (förutsätter totalomblandning).
- Uppmätt totalfosforkoncentration (Tot-P mätt) utgörs av medelvärdet i ytvatten augusti 2002-2004 enligt Vattenprogrammet.
- Önskad bruttobelastningsminskning beräknas antagande av en konstant relation mellan ytvattenkoncentration och totalomblandad koncentration. Den förutsätter också konstant internbelastning. Detta är mycket grova förenklingar, då en minskning av fosforkoncentrationen i den fria vattenpelaren med största sannolikhet kommer leda till ökat läckage från sedimenten. Denna dynamik är dock mycket svår att uppskatta. Boxmodellen tar inte heller hänsyn till årstidsvariationen i biologiskt fosforupptag.

Dessa antaganden ger enligt boxmodellen nedan att belastningen på Magelungen skulle behöva minska med 560 Kg P/år, Drevviken 640 Kg P/år och för Flaten behövs ingen minskning i nuläget för att behålla sjöns önskade status. Dessa värden skall ses som indikativa !



Figur 24 - Boxmodell för Magelungen, Dreviken och Flaten

12 Pågående och tänkbara åtgärder

Ett projektmål har varit att ta fram kostnadseffektiva åtgärdsförslag baserade på ett vetenskapligt underlag som skall leda till att Magelungen, Drevviken och Flaten når uppsatta vattenkvalitetsmål. Utgående från källfördelningsmodellen har ett antal genomförda (efter kalibreringsperioden), pågående eller planerade åtgärder utvärderats. Projektet har också utifrån källfördelningsberäkningen föreslagit ett antal nya åtgärder för att nå de uppsatta målen.

Eftersom fosfordynamiken i naturen är mycket komplex och dynamisk skall de i åtgärdsplanen redovisade förväntade effekterna av föreslagna åtgärder ses som indikativa. Projektet hävdar dock ändå att det är bättre att göra dessa förenklade överslagsberäkningar än inga alls. Det viktiga är att dessa antaganden redovisas och att de som tar beslut om åtgärder är medvetna om osäkerheterna.

Magelungen

För att minska fosforhalten i Magelungen från höga till måttligt höga halter till 2015 har effekten av följande åtgärder utvärderas:

Åtgärd	Uppskattning av borttaget P	Förväntad effekt av P-halt i sjö	Grov klassning av kostnad

Anslutning av samtliga enskilda avlopp i Magelungens avrinningsområde.	Databas-modellering visar att fosforbelastningen minskar med 183 Kg/år.	Denna åtgärd bör ge god effekt på P-halten i Magelungen, då belastningsminskningen utgör 30 % av den som krävs för att uppnå målkoncentration.	Låg kostnad för samhället. För fastighetsägarna (293 st) blir kostnaden 14,6 miljoner antagande 50 000 kr per anslutning.
Anslutning av samtliga enskilda avlopp uppströms Magelungen.	Databas-modellering visar att fosforbelastningen minskar med 733 Kg/år.	Svårt att uppskatta hur stor del av denna belastningsminskning som kommer Magelungen till del men det borde ha en avgörande effekt på tillförseln via Norrån som nu står för 1 143 Kg/år.	Låg kostnad för samhället. För fastighetsägarna (1 378 st) blir kostnaden 69 miljoner antagande 50 000 kr per anslutning.
Dagvattenrening i Trehörningen (Projekt B149 Trehörningen - rening av dagvatten)	Reduktionen beräknas enligt SWECO till 100 Kg/år.	Eftersom sjömodellen i SWAT inte kunnat användas pga brist på mätdata är det svårt att uppskatta effekten av denna åtgärd på Magelungen.	10 miljoner i investeringskostnad.
Muddring och sedimentbehandling i Fagersjöviken (Projekt 66 Magelungen och Kräppladiket)	Projektet skall främst utvärdera olika muddringsmetoder men kan även leda till minskad internbelastning, då ca 10% av Fagersjövikens botten skall muddras.	Om de översta 20 cm sediment muddras bort har både den lättnedbrytbara organiska fosforn och den labila fosforn avlägsnats, motsvarande drygt 5 g fosfor/m2 (Rydin, 2005), vilket bör leda till minskad internbelastning även om den är svår att uppskatta.	10 miljoner
Skörd av undervattensväxter	100-tals kilo fosfor från sedimenten uppskattas ha tagits bort under det tiotal år som verksamheten bedrivits enligt Stockholm Vatten.	Svårt att uppskatta hur utarmningen av sedimenten påverkat internbelastningen men åtgärden har flera positiva effekter som ökad fri vattenyta och syresättning.	Okänd kostnad
Minskad bräddning av avloppsvatten och rökgaskondensat till Magelungsdiket.	Rökgaskondensat från Högdalenverket bräddar i dagvatten-ledningen som leder till Magelungsdiket, enligt pågående IVL-projekt (ref Jonas Fejes).	Svårt att uppskatta effekten av åtgärden. Det bräddade avloppsvattnet är volymmässigt inte omfattande men fosfor-koncentrationerna i vattnet är höga (Fejes, J., Lindgren C., 2003)	Okänd kostnad
Dagvattenrening i	65 kg per år kommer	Borde ge viss effekt på	Okänd kostnad

norra delen av Magelungen främst från väg 271.	från vägdagvatten.	koncentrationerna i Magelungen, då 65 kg utgör 11% av önskad belastningsminskning.	

Att uppskatta den totala effekten av ovan beskrivna åtgärder är som sagt svårt men den sammanlagda belastningsminskningen bör ligga på minst de 560 kr per år som krävs enligt boxmodellen för att uppnå önskad vattenkvalitet.

Flaten

Flatens låga fosforhalter skall bevaras mha följande åtgärder:

Typ av åtgärd	Berört område	Uppskattning av borttaget P	Förväntad ffekt av P-halt i sjö	Grov klassning av kostnad
Rening av dagvatten	Dagvattnet från Tyresövägen och delar av Skarpnäck ska renas (Projekt B151 Flaten - rening av dagvatten)	Effekten på Flaten är ej utvärderad enligt Stockholm vatten. Eftersom vägdagvatten står för 34 % eller 14 Kg/år bör denna åtgärd dock ha god effekt.	Bör ge effekt men har ej kunnat kvantifieras.	5 000 000
Minskad belastning från koloniområde	Möjlighet till avlopp Listuddens koloniområde (projekt B109).	Effekten på Flaten är ej utvärderad enligt VERNA Ekologi AB	Viss effekt.	600 000

Dessa åtgärder leder sammantaget till en märkbar belastningsminskning på Flaten, vilken bör säkerställa att vattenkvaliteten även framgent uppfyller uppsatta mål.

Drevviken

För att minska fosforhalten i Drevviken från mycket höga halter till höga halter till 2015 föreslås följande åtgärder:

Typ av åtgärd	Berört område	Uppskattning av borttaget P	Förväntad effekt av P-halt i sjö	Grov klassning av kostnad
Åtgärder uppströms Forsån	De områden som omfattas av åtgärder för Magelungen.	Minst 564 kg.	Uppströms åtgärder kommer även få stor effekt på Drevviken. En minskning av belastningen via Forsån kring 500 kg/år motsvarar 30% av dagens sekundärbelastning eller nästan 90%	0 (för att inte dubbelräkna samma åtgärd).

			av den minskning som krävs för att uppnå önskad belastnings-minskning enligt boxmodellen.	
Anslutning av enskilda avlopp	Norrby 352 fastigheter	Databas-modellering visar att bruttobelastningen minskar med 353 Kg/år	Om konstant internbelastning antas innebär detta att belastningen på Drevviken minskar med 55% av den önskade belastnings-minskning som krävs för att nå målkoncentration enligt boxmodellen.	Låg kostnad för samhället. För fastighetsägarna (352 st) blir kostnaden 17,6 miljoner antagande 50 000 kr per anslutning.
Rening av dagvatten	Nordvästra Drevviken (Projekt B152 Drevviken - rening av dagvatten)	Projektet innebär att belastningen av fosfor från de till Drevviken mynnande dagvattenledningar na minskas med 30-40 % vilket motsvarar ca 26 kg av de totalt 75 kg per år som beräknas belasta Drevviken genom aktuella dagvattenledningar .	Märkbar effekt	5 miljoner
Åtgärder i Flatens avrinningsområde	Åtgärder i Flatens avrinningsområde	En belastnings-minskning kring max 10 kg/år kan förväntas av åtgärder i Flaten.	Ringa effekt på fosforhalten i Drevviken.	0 (för att inte dubbelräkna samma åtgärd).

Sammantaget bör dessa åtgärder leda fram till att Drevviken uppnår ”Hög halt” av fosfor dvs under 45 µg/l.

13 Diskussion

13.1 Vattenföringsberäkning

För att beräkna fosforläckage med en modell som SWAT är det viktigt att vattenföringen kan simuleras med hög noggrannhet, särskilt att dynamiken i vattenflödet simuleras på ett realistiskt sätt. Kalibreringen av vattenflödet i Tyresåns avrinningsområde fick främst inriktas på det sistnämnda, att simulera flödesdynamiken på ett rimligt sätt. Det berodde främst på att brister i kvaliteten på nederbördsdata och vattenföringsdata försvårade kalibreringen. De lämpligaste vattenföringsdata som fanns tillgängliga för kalibrering av modellen var de från Flatendikets avrinningsområde, det fanns dock flera problem med dessa data. Vattenföringsmätningarna innehöll dataluckor och i flertalet fall överrensstämde inte de flödestoppar som uppmätts under vår, sommar och höst med observerade regntillfällen. Detta beror sannolikt på tillrinning av grundvatten från området utanför avrinningsområdets gränser eller regndata som inte är representativa för området. Luckor förekom i alla nederbördstidsserier, orimligt höga regnmängder i en serie och för vissa stationer var det på grund av dataformaten svårt att för kortare tidsperioder avgöra om det handlade om en datalucka eller att ingen nederbörd hade fallit.

För att förbättra framtida beräkningar av vattenföringen (och då indirekt fosfortransporten) i området vore det önskvärt att ha vattenföringsstationer vid fler och större avrinningsområden än Flatendikets. Dessa mätpunkter skulle då kunna vara inloppet till Magelungen via Norrån, utloppet från hela avrinningsområdet, utloppet från Drevviken samt i Lissmaån vid inloppet till Drevviken

13.2 Källfördelningsberäkning

Läckage av fosfor i SWAT simuleras på ett processbaserat och dynamiskt sätt där många faktorer såsom jordart, lutning, nederbördsintensitet, temperatur, mm påverkar mängden fosfor som läcker från en viss typ av markanvändning. Modellen är specifikt utvecklad för att simulera de i naturen mest betydelsefulla processerna för fosfors omsättning i växter, mark och vattendrag. Det totala läckaget av fosfor i modellen kalibrerades främst mot mätvärden i Flatens och Kolardammens avrinningsområde. De absoluta fosformängderna underskattas i de flesta fall jämfört med linjärinterpolerade uppmätta data, vilka dock får anses som osäkra eftersom de baseras på få mätningar. Det låga antalet mätningar innebär t ex att ett högt momentant fosforvärde kan få stort genomslag vid linjärinterpoleringen. Fler flödesproportionella mätningar skulle bättre beskriva fosforläckagen, t ex i samband med flödestoppar.

Osäkerheten i kalibreringen av den simulerade fosformängden mot uppmätta fosformängder är direkt beroende av kvaliteten och tillgängligheten på fosformätdata. De mätvärden som fanns tillgängliga var med undantag av Kolardammens avrinningsområde alltför glesa och inte flödesproportionella.

Modelleringen av källfördelningen för de urbana områdena bygger på standardvärden från amerikanska studier med SWAT-modellen som här har anpassats efter svenska förhållanden med hjälp av schablonhalterna i Vattenprogrammet. Det medelläckage av fosfor från olika markanvändningstyper som modellen gav jämfördes med de schablonhalter som finns i Vattenprogrammet för olika områden (främst Flatens och hela Tyresåns avrinningsområde). För att förbättra framtida källfördelningsberäkningar i området vore det fördelaktigt att ha tillgång till

vattenföringsdata och flödesproportionella fosfordata från några mätpunkter i området som har olika markanvändning i mätpunktens tillrinningsområde. En möjlig mätpunkt skulle kunna vara Lissmaån vid inloppet till Drevviken. Ett annat sätt att förbättra fosforberäkningarna är att genom jämförelse med uppmätta sedimentdata förbättra erosionsberäkningarna (och därmed fosforberäkningarna) i modellen. Denna typ av data är generellt mycket svår att få tag på och det fanns inga sådana data tillgängliga i området.

Bra markanvändningsdata är mycket viktigt för modellberäkningarna. Genom att markanvändningsskiktet har gjorts enhetligt för hela området med utgångspunkt från klassificeringen från Vattenprogrammet, har ett mer representativt dataunderlag skapats för de delar av området som inte tillhör Stockholms kommun. Särskilt för vägarna kan dataunderlaget betraktas som i hög grad enhetligt över hela området. Det vattendragsdata och den avrinnings-områdesindelning som användes i modellen är också en stor förbättring jämfört med tidigare data.

Sammanfattningsvis kan fördelningen mellan olika källor som är kalibrerad mot halterna i Vattenprogrammet – i den utsträckningen anses giltig i hela området, medan det är svårare att med modellen förutsäga den totala mängden fosfor på grund av bristande jämfördata. Till skillnad från schablonhalter tar modellsimuleringarna hänsyn till de processer som styr fosforomsättningen och även lokala förhållanden (såsom lutning, jordart, mm) i avrinningsområdet, men de begränsas av tillgången på data.

13.3 Resultatdiskussion källfördelningsberäkning

Källfördelningsberäkningarna visar på stora skillnader inom Tyresåns avrinningsområde. I vissa delavrinningsområden som Drevviken och Magelungen dominerar belastningen från enskilda avlopp kraftigt. De mest belastande områdena för Magelungen, Drevviken och Flaten identifierades genom en jämförelse mellan källfördelningsberäkningen och markanvändningskartan. Generellt sett är det områden med många enskilda avlopp, vägar och/eller en- och flerfamiljsfastigheter som är de mest belastande för dessa sjöar.

Det är svårt att fullt ut jämföra källfördelningsberäkningarna i detta projekt med de som gjordes i förra Watshman-projektet då underlagsdata speciellt rörande markanvändning, höjddata och avrinningsområdesindelning förbättrats avsevärt. Detta projekt har eftersträvat att redovisa alla utsläpp utifrån den klassificering som använts inom Vattenprogrammet för Stockholm 2000 medan förra projektet utgick ifrån klasserna i gröna kartan.

Totalt redovisade förra projektet en bruttobelastning för fosfor på 23 ton medan detta projekt kommit fram till 6 ton/år. Denna radikala minskning kan förklaras på följande sätt:

- Avrinningen var i förra modelleringen för hög och eftersom den gamla modellen helt baserades på typhalter fick detta direkt genomslag i en hög belastning.
- Som konstaterats tidigare visar kalibreringsdata att SWAT-resultaten ligger något i underkant i absoluta tal jmf med linjärinterpolerade mätdata.
- I förra projektet användes en annan markanvändning där stora områden klassificerats som industrimark, vilket är en marktyp med hög läckageschablon. Dessa områden förekommer inte i samma omfattning i den nya och mer detaljerade markanvändningskartan.

13.4 Resultatdiskussion boxmodell och åtgärdsscenarier

Den boxmodell som använts i projektet som bas för åtgärdsscenarierna utgår ifrån en statisk verklighet och baseras dessutom på ingångsdata med olika tidsupplösning. Detta gör att den i rapporten predikterade effekten av olika åtgärdscenarier måste ses som indikativa, speciellt när det gäller vilken vattenkvalitet åtgärderna kommer ge upphov till i de olika sjöarna. Den inbördes relationen mellan de föreslagna åtgärdernas effekt bör dock ha högre säkerhet.

Ett annat område som skulle behöva undersökas ytterligare är sjöarnas dynamik dvs hur kommer internbelastningen förändras om koncentrationen i det fria vattnet minskar. För detta krävs utökad vattenprovtagning och fler sedimentundersökningar motsvarande de som gjorts i Fagersjöviken för att uppskatta mängden mobilt fosfor i sedimenten.

Utgående från de åtgärdsscenarier som utförts i projektet bör högsta prioritet vara att minska utsläppen från enskilda avlopp genom anslutningen till VA-nät eller genom krav på förbättrad rening. Förebyggande åtgärder eller åtgärder nära källan bör generellt prioriteras före reaktiva insatser i sjöarna även om detta kan komma att krävas för att uppnå uppsatta mål.

14 Referenser

Arnold, J. C., R. Srinivasan, R. S. Muttiah and J. R. Williams (1998). Large Area hydrologic modeling and assessment – Part I: model development. Journal of American Water Association 34(1): 73-89.

Fejes, J., Lindgren, C., (2003). Utredning om Högdalenverkets bidrag till recipientpåverkan i Mälaren och i Saltsjön från utsläppen av dagvatten från anläggning. Uppdrag av AB Fortum Värme ingående i projekt Högdalenverket MD dom 2002-06-10 Utredningsvillkor 1, Delprojekt 2.2.3.

Johansson & Kvarnäs (1998). Modellering av näringsämnen i Storsjön och dess tillrinningsområde. Länsstyrelsen Gävleborg, rapport 1998:13.

Neitsch, S. L., J. C. Arnold, J. R. Kiniry, J. R. Williams and K. W. King (2002a). Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation. Version 2000. Texas, Texas Water Resources Institute, College Station.

Neitsch, S. L., J. C. Arnold, J. R. Kiniry, J. R. Williams and K. W. King (2002b). Soil and Water Assessment Tool User's Manual. Version 2000. Texas, Texas Water Resources Institute, College Station.

Rydin, E.(2005), Rörlig fosfor i Fagersjövikens sediment, Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2005:19

TWINBAS (2007). Pollution pressure and impact analysis. Work package 5 report i EU-projekt 505287.

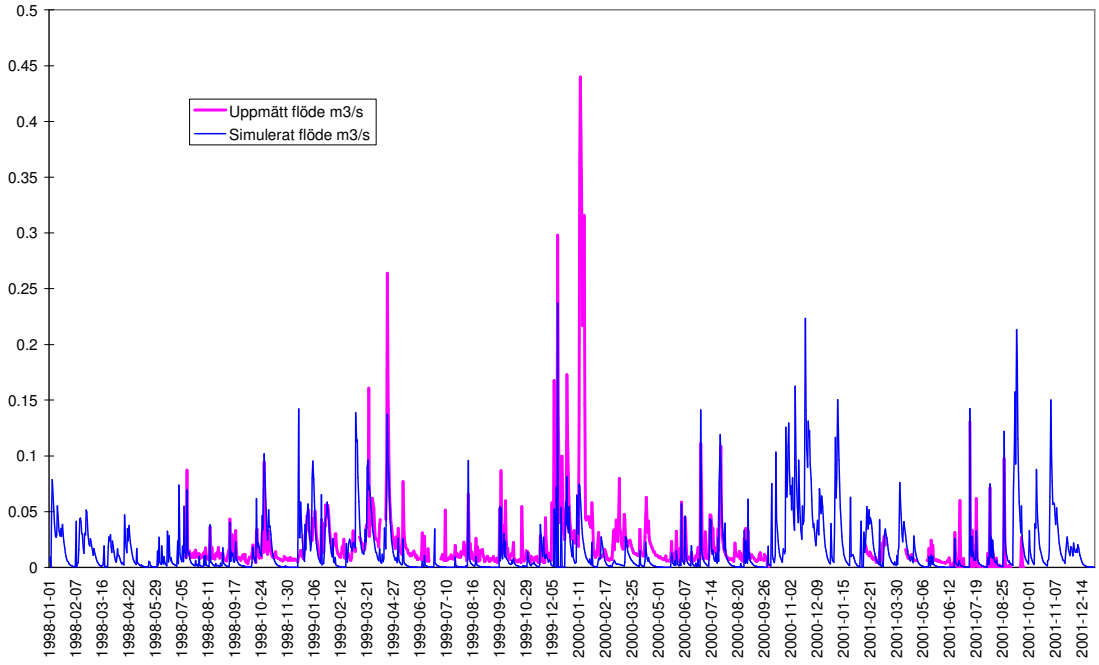
Tyresåprojektet (1996): Tyresån, - mål och åtgärder. Ett samarbete mellan Länsstyrelsen, Botkyrka, Haninge, Huddinge, Nacka, Stockholm och Tyresö kommuner.

Ulén, B. (Red.). (2005). Fosforförluster från mark till vatten – identifikation av kritiska källor och möjliga motåtgärder. Naturvårdsverket Rapport.

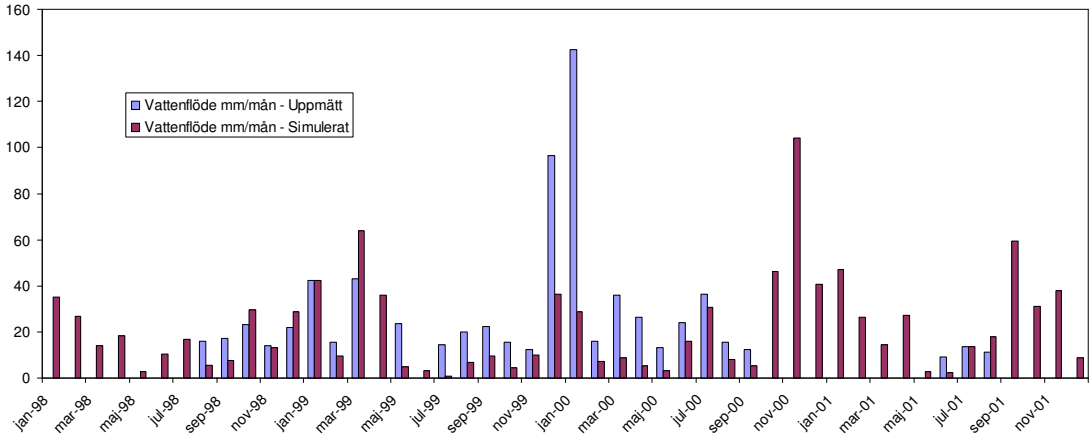
Vattenprogram för Stockholm 2000. Stockholm vatten AB, miljöförvaltningen m fl förvaltningar i Stockholm

Zakrisson, J., mfl. (2004). Kväve och fosformodellering i Svartån och Tyresån. IVL Rapport B 1551.

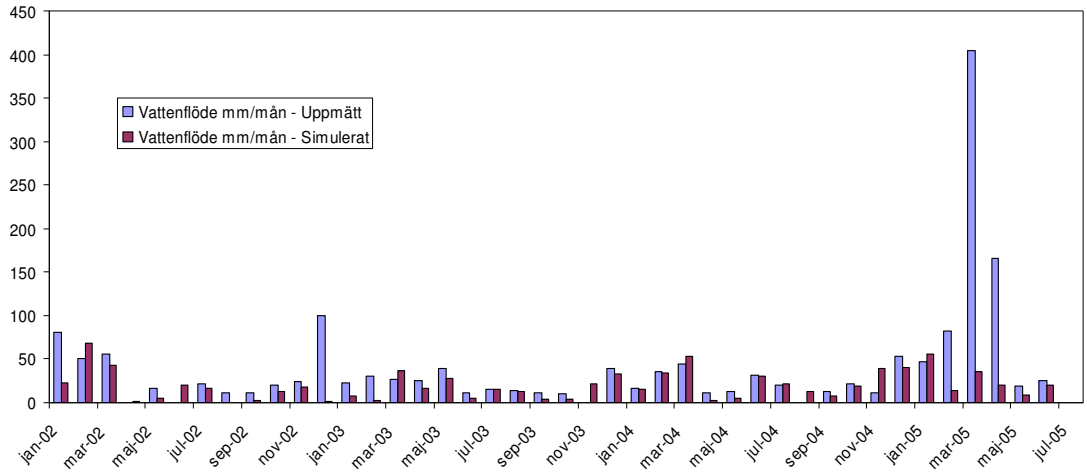
Appendix I – Kalibrering och validering av vattenflöde



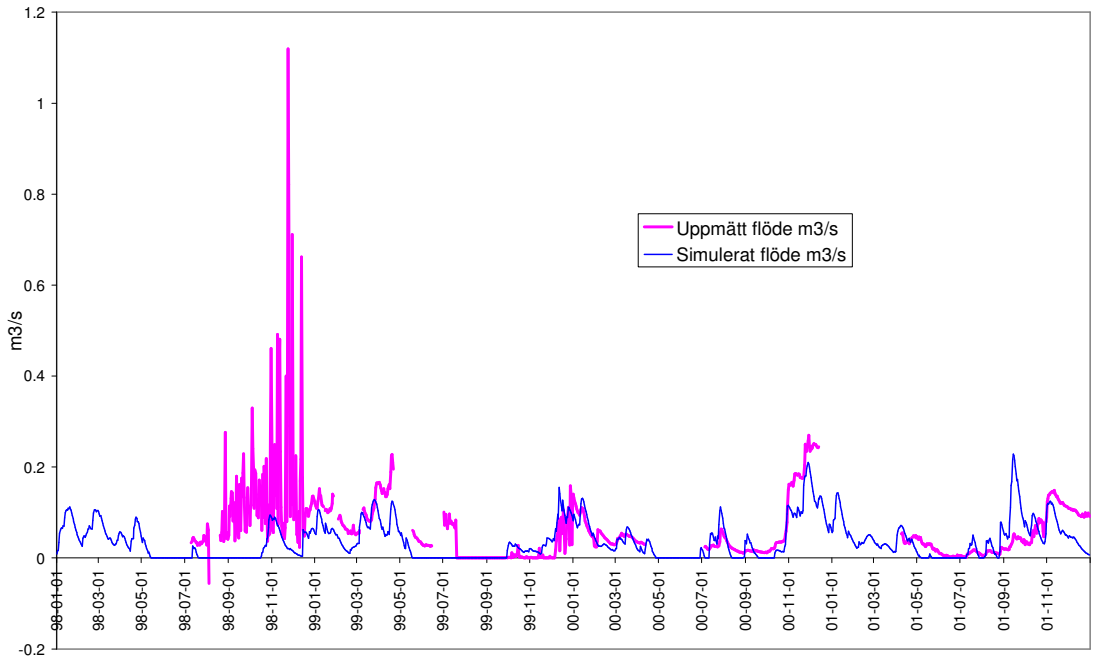
Figur 25. Simulerat och uppmätt vattenflöde i Flatendiket under kalibreringsperioden..



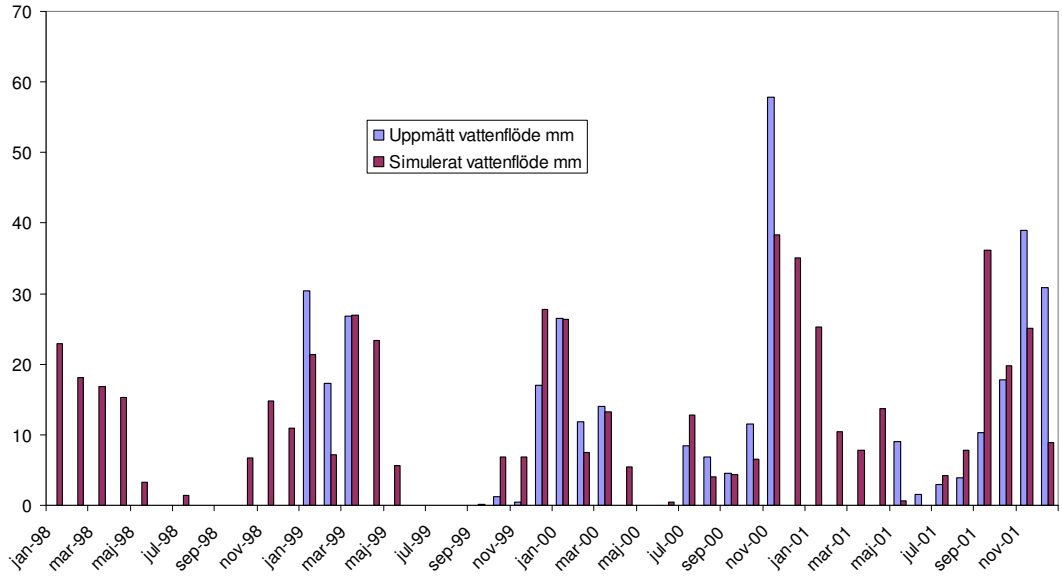
Figur 26. Simulerad och uppmätt vattenflöde i mm per månad vid Flatendiket under kalibreringsperioden. Uppmätta värden visas endast för månader där det inte fattas mer än 5 dagar. 1998 räknas som modellens uppvärmningsår.



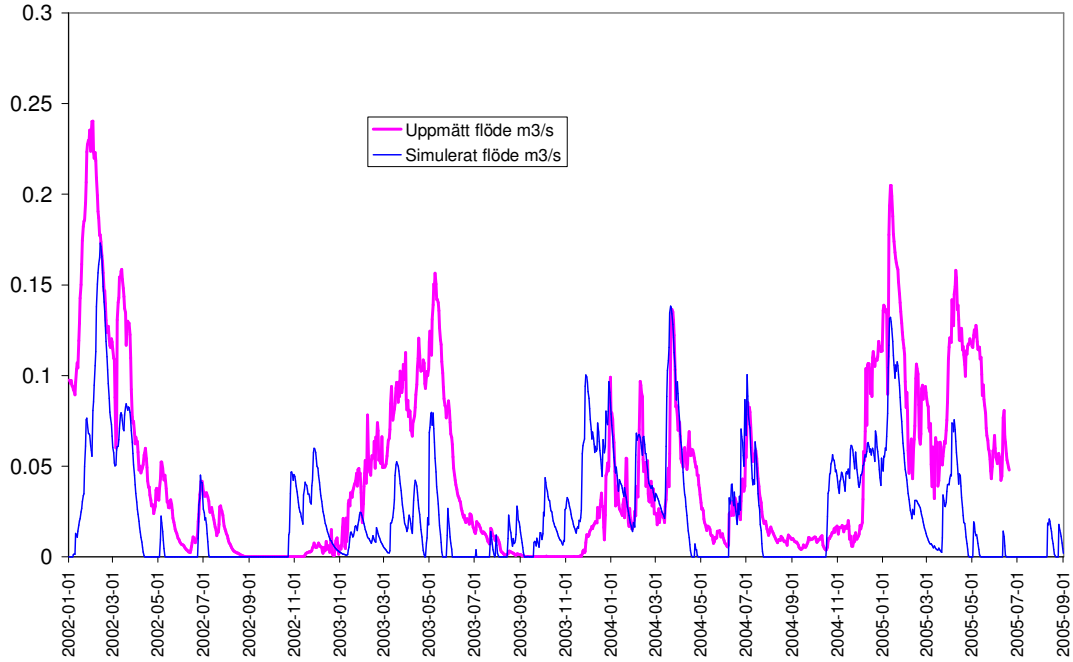
Figur 27. Simulerad och uppmätt vattenflöde i mm per månad vid Flatendiket under valideringsperioden. Uppmätta värden visas endast för månader där det inte fattas mer än 5 dagar. 2002 räknas som modellens uppvärmningsår.



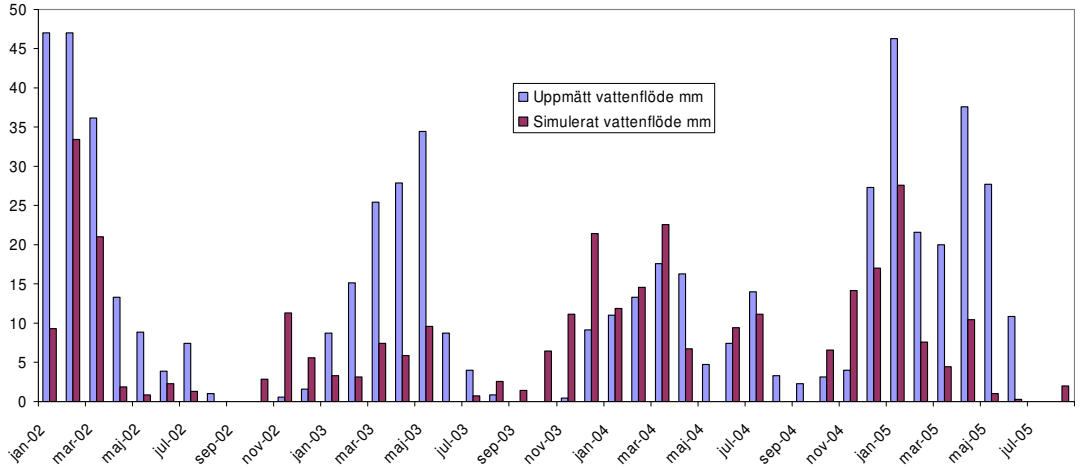
Figur 28. Simulerat och uppmätt vattenflöde i Flatens utloppsbäck under kalibreringsperioden. Under 1998 trasslade mätaren och dessa värden ska därför inte beaktas.



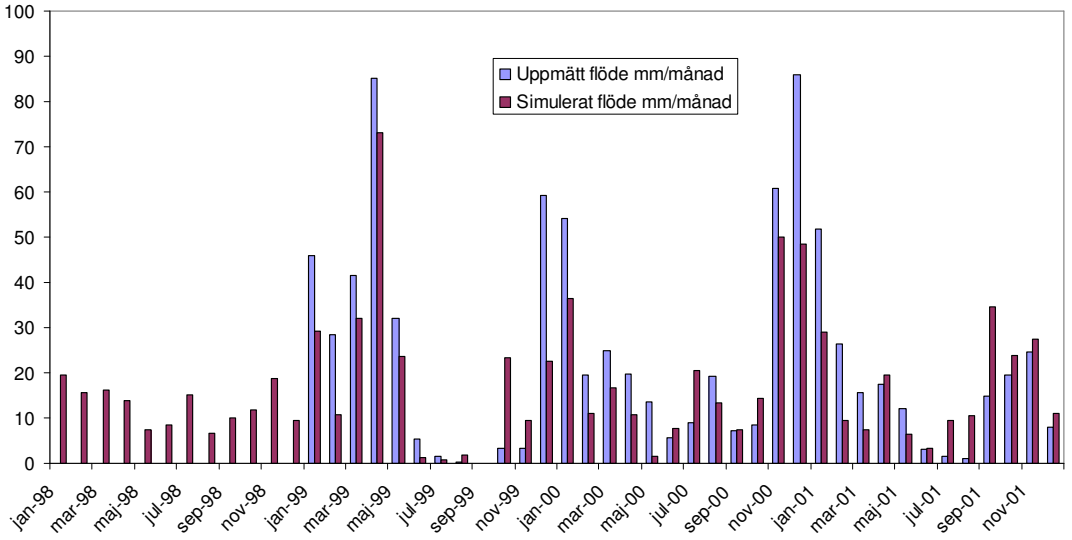
Figur 29. Simulerad och uppmätt vattenföring vid Flatens utlopp under kalibreringsperioden. Uppmätta värden visas endast för månader där det inte fattas mer än 5 dagar. 1998 räknas som modellens uppvärmningsår.



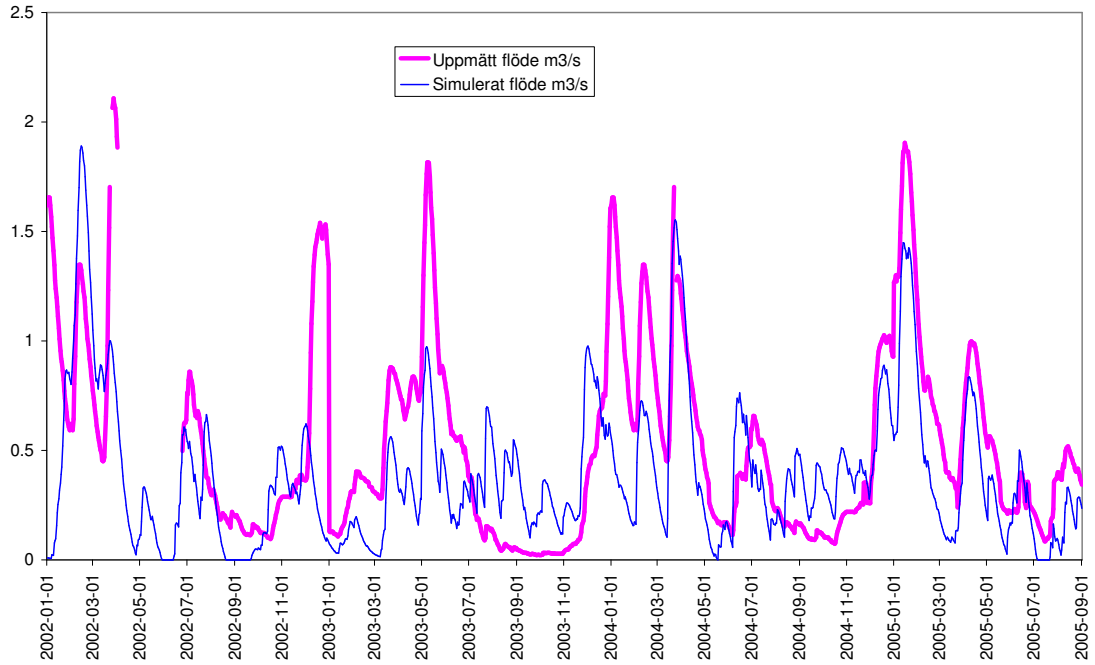
Figur 30. Simulerat och uppmätt vattenflöde i Flatens utloppsbäck under valideringsperioden..



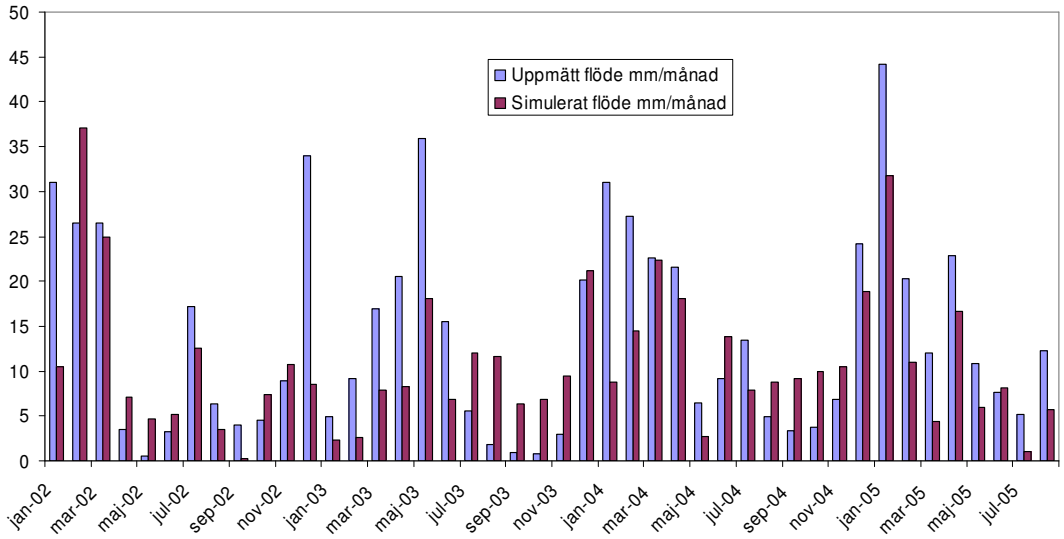
Figur 31. Simulerad och uppmätt vattenföring vid Flatens utlopp under valideringsperioden, 2002 räknas som modellens uppvärmningsår.



Figur 32. Simulerad och uppmätt vattenföring vid Forsån under kalibreringsperioden. Uppmätta värden visas endast för månader där det inte fattas mer än 5 dagar. 1998 räknas som modellens uppvärmningsår.

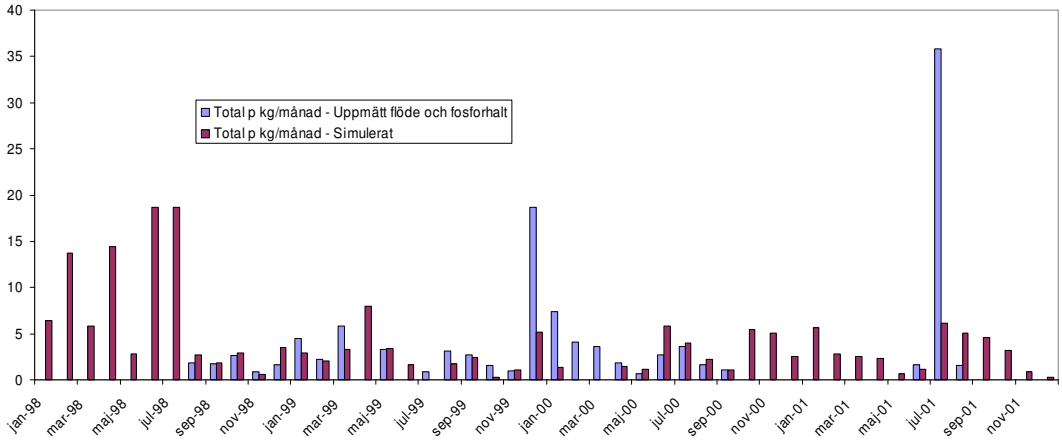


Figur 33. Simulerat och uppmätt vattenflöde i Forsån under valideringsperioden. 2002 räknas som modellens uppvärmningsår.

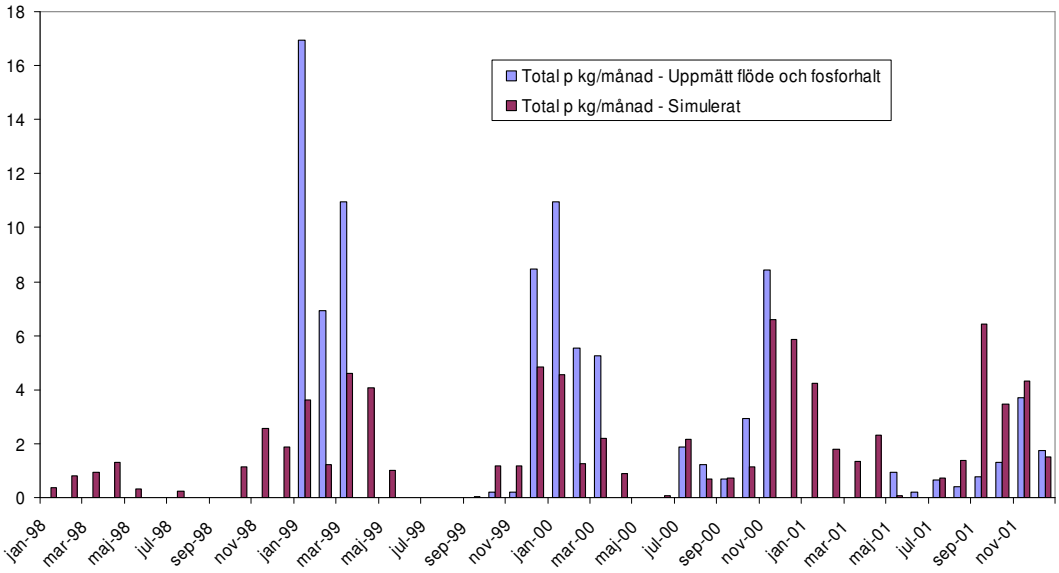


Figur 34. Simulerad och uppmätt vattenföring vid Forsån under valideringsperioden, 2002 räknas som modellens uppvärmningsår.

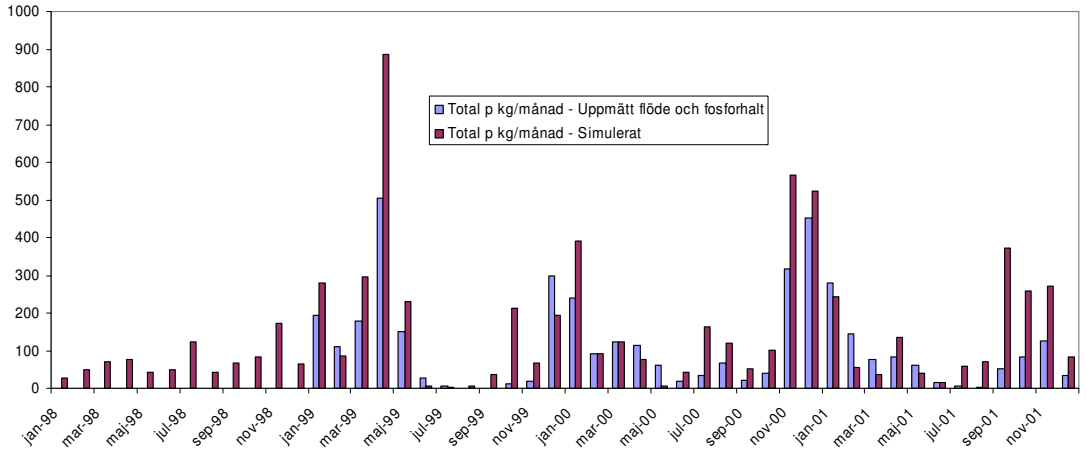
Appendix II – Kalibrering och validering av fosfor



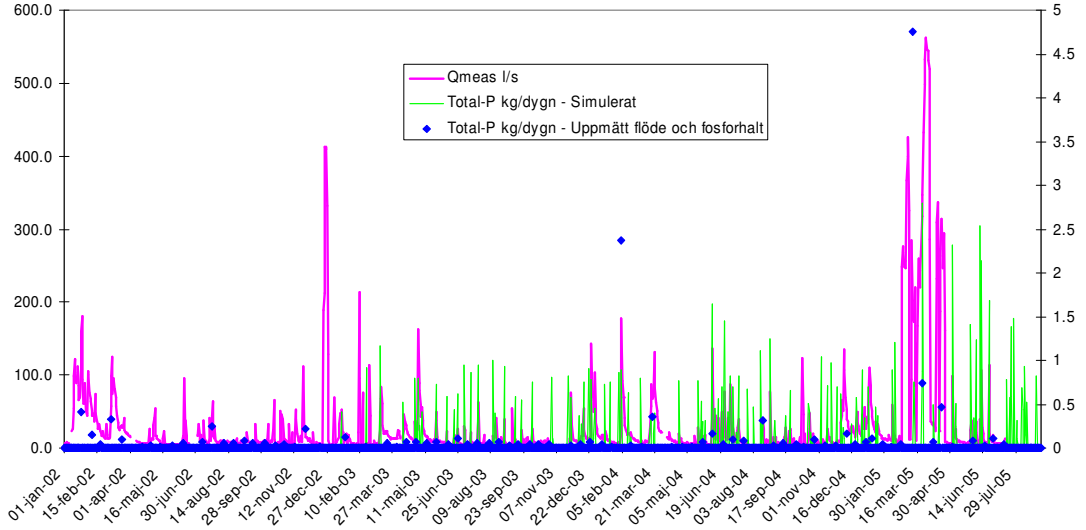
Figur 35. Simulerad fosformängd samt linjärinterpolerad fosformängd beräknad från uppmätta fosforhalter och flöden vid Flatendiket under kalibreringsperioden, summerade per månad. 1998 räknas som modellens uppvärmningsperiod.



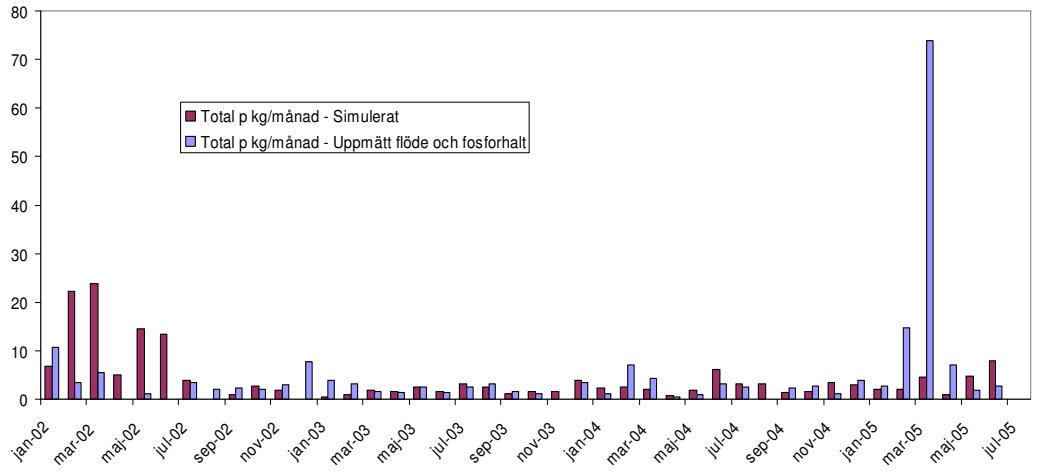
Figur 36. Simulerad fosformängd samt linjärinterpolerad fosformängd beräknad från uppmätta fosforhalter och flöden vid Flatens utlopp under kalibreringsperioden, summerade per månad. 1998 räknas som modellens uppvärmningsperiod.



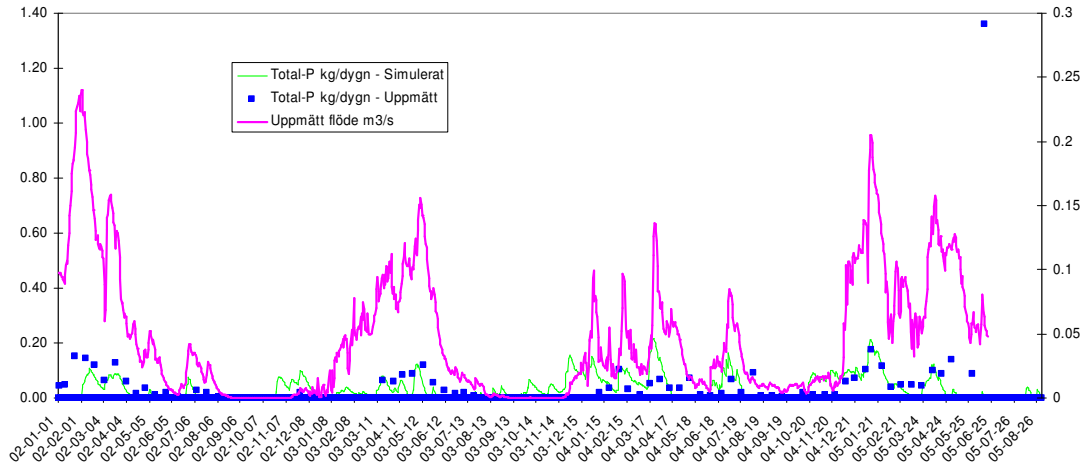
Figur 37. Simulerad fosformängd samt linjärinterpolerad fosformängd beräknad från uppmätta fosforhalter och flöden vid Forsån under kalibreringsperioden, summerade per månad. 1998 räknas som modellens uppvärmningsperiod.



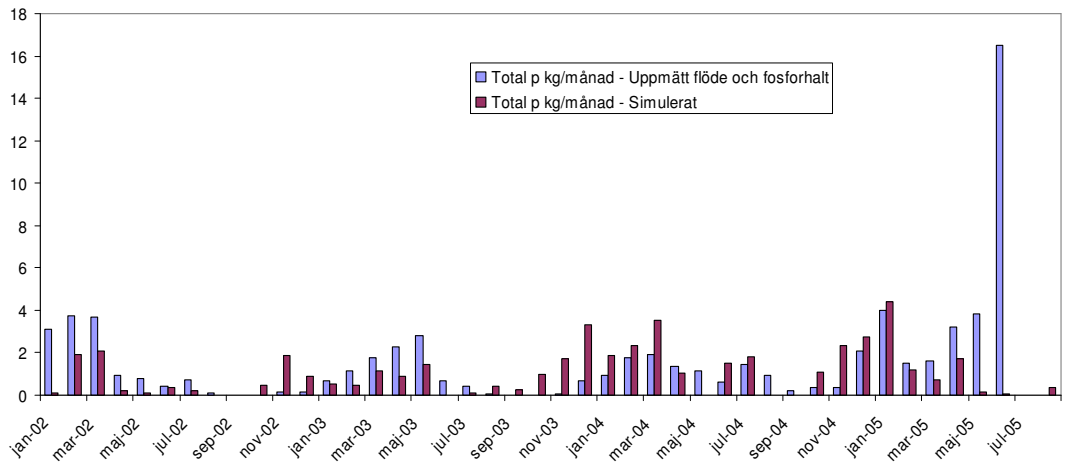
Figur 38. Uppmätt och simulerad totalfosformängd samt vattenflöde under valideringsperioden i Flatendiket.



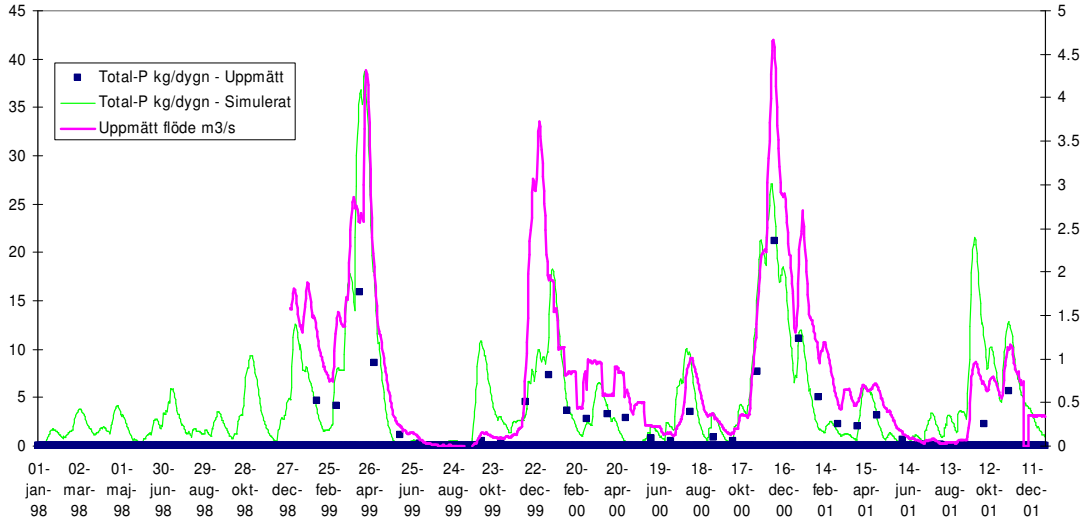
Figur 39. Simulerad fosformängd samt linjärinterpolerad fosformängd beräknad från uppmätta fosforhalter och flöden vid Flatendiket under valideringsperioden, summerade per månad. 2002 räknas som modellens uppvärmningsperiod.



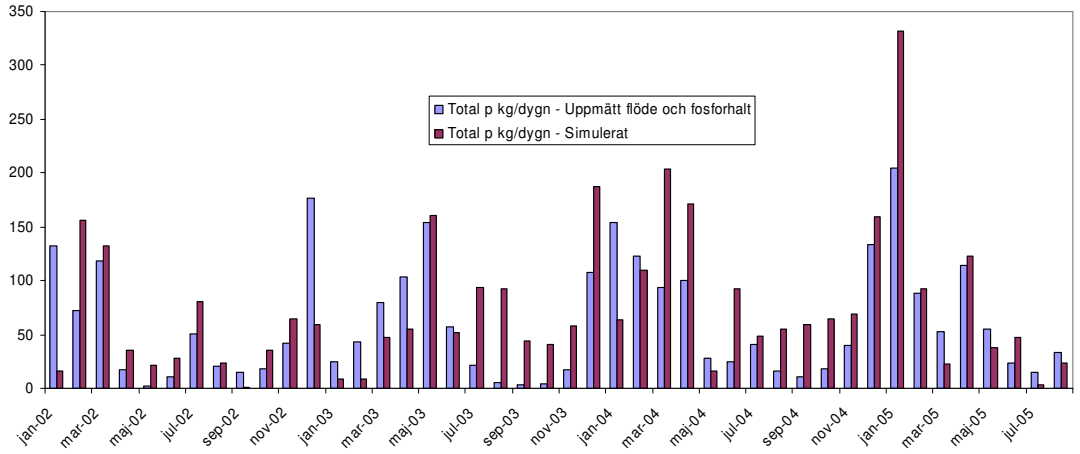
Figur 40. Simulerad och uppmätt fosformängd samt uppmätt flöde vid Flatens utlopp under valideringsperioden. 2002 räknas som modellens uppvärmningsperiod.



Figur 41. Simulerad fosformängd samt linjärinterpolerad fosformängd beräknad från uppmätta fosforhalter och flöden vid Flatens utlopp under valideringsperioden, summerade per månad. 2002 räknas som modellens uppvärmningsperiod.



Figur 42. Simulerad och uppmätt fosformängd samt uppmätt flöde vid Forsån under kalibreringsperioden. 1998 räknas som modellens uppvärmningsperiod.



Figur 43. Simulerad fosformängd samt linjärinterpolerad fosformängd beräknad från uppmätta fosforhalter och flöden vid Forsån under valideringsperioden, summerade per månad. 2002 räknas som modellens uppvärmningsperiod

Appendix III – Markanvändningsklassning i SWAT och dataursprung

SWAT_landuse						
Kod_t_S	**Ursprung**	**Typnamn**	**SWATkod**	**SWATnamn**	**Markanvandning2000_sth**	**Markanvandning2000_sth _grupper**
1	Fastighetskartan	VATTEN	WATR	Water	Sjöyta och övrigt vatten	Vatten
2	Fastighetskartan	SKOGBARR	FRSE	Forest-evergreen	Skogsmark	Genomsläpplig mark
3	Fastighetskartan	SANKSVÍ	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
4	Fastighetskartan	ÖPMARK	RNGE	Range-grasses	Övrig öppen mark	Genomsläpplig mark
5	Fastighetskartan	BEBLÅG	URLD	Residential Low Density	Enfamiljsfastighet	Bebyggelse
6	Fastighetskartan	SKOGLÍV	FRSD	Forest-deciduous	Skogsmark	Genomsläpplig mark
7	Fastighetskartan	BEBIND	UIDU	Industrial	Miljöfarlig verksamhet	Bebyggelse
8	Fastighetskartan	BEBHÍG	URMD	Residential Medium Density	Flerfamiljsfastighet	Bebyggelse
9	Fastighetskartan	ODLÄKER	AGRC	Agricultural Land-Close-grown	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
10	Fastighetskartan	SANKNOB	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
11	Fastighetskartan	SANKNOÍ	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
12	Fastighetskartan	SKOGHYGGE	RNGB	Range-brush	Skogsmark	Genomsläpplig mark
13	Fastighetskartan	SANKSVB	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
14	Fastighetskartan	ÖPTORG	PARK	Parkering	Parkering	Bebyggelse
15	Fastighetskartan	SANKSVL	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
16	Fastighetskartan	BEBSLUT	URMD	Residential Medium Density	Flerfamiljsfastighet	Bebyggelse
1001	SLB/NVDB	Vägar > 20000 ÅDT	VAG2	Vägar > 20000 ÅDT	Väg > 20000 fordon/dygn	Kommunikation
1002	SLB/NVDB	Vägar < 20000 ÅDT	VAG1	Vägar < 20000 ÅDT	Väg	Kommunikation
1003	Huddinge kommun	Järnväg/spårväg	JVAG	Järnväg	Spårväg	Kommunikation
1004	Huddinge kommun	Sankmark, det Huddinge	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
1005	Huddinge kommun	Förorenad mark Huddinge	FORO	Förorenad mark	Förorenad mark	Genomsläpplig mark
10010	sthlm markkartering	Övrigt vatten	WATR	Water	Sjöyta och övrigt vatten	Vatten
10011	sthlm markkartering	Sjöyta	WATR	Water	Sjöyta och övrigt vatten	Vatten

SWAT_landuse						
Kod_t_S	**Ursprung**	**Typnamn**	**SWATkod**	**SWATnamn**	**Markanvandning2000_sth**	**Markanvandning2000_sth _grupper**
10016	sthlm markkartering	Våtmark	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
10021	sthlm markkartering	Vägar < 20000 ÅDT	VAG1	Vägar < 20000 ÅDT	Väg	Kommunikation
10022	sthlm markkartering	Parkering	PARK	Parkering	Parkering	Bebyggelse
10023	sthlm markkartering	Vägar > 20000 ÅDT	VAG2	Vägar > 20000 ÅDT	Väg > 20000 fordon/dygn	Kommunikation
10025	sthlm markkartering	Spårväg	JVAG	Järnväg	Spårväg	Kommunikation
10030	sthlm markkartering	Övrig bebyggelse	URMD	Residential Medium Density	Flerfamiljsfastighet	Bebyggelse
10031	sthlm markkartering	Miljöfarlig vht	UIDU	Industrial	Miljöfarlig verksamhet	Bebyggelse
10032	sthlm markkartering	Förorenad mark	FORO	Förorenad mark	Förorenad mark	Genomsläpplig mark
10033	sthlm markkartering	Arbetsplats/Service	UCOM	Commercial	Arbetsplats/service och specialenhet	Bebyggelse
10034	sthlm markkartering	Specialenhet	UCOM	Commercial	Arbetsplats/service och specialenhet	Bebyggelse
10035	sthlm markkartering	Flerfamiljsfastighet	URMD	Residential Medium Density	Flerfamiljsfastighet	Bebyggelse
10036	sthlm markkartering	Enfamiljsfastighet	URLD	Residential Low Density	Enfamiljsfastighet	Bebyggelse
10037	sthlm markkartering	Fritidsfast/kolonistugeomr	FRIT	Fritidshus	Fritidsfastighet/kolonistugeområde	Genomsläpplig mark
10038	sthlm markkartering	Djurhållning	DJUR	Djurhållning	Djurhållning	Bebyggelse
10041	sthlm markkartering	Kyrkogård	KYRK	Kyrkogård	Kyrkogård	Genomsläpplig mark
10043	sthlm markkartering	Odlad mark/odlingslotter	AGRC	Agricultural Land-Close-grown	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
10046	sthlm markkartering	Övrig öppen mark	RNGE	Range-grasses	Övrig öppen mark	Genomsläpplig mark
10051	sthlm markkartering	Skogsmark	FRSE	Forest-evergreen	Skogsmark	Genomsläpplig mark
20000	Blockdata (jordbruksverket)	Okänd gröda	AGRC	Agricultural Land-Close-grown	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20002	Blockdata (jordbruksverket)	Korn (vår)	BARL	Barley	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20003	Blockdata (jordbruksverket)	Havre	OATS	Oats	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20004	Blockdata (jordbruksverket)	Vete (höst)	WWHT	Winter Wheat	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20007	Blockdata (jordbruksverket)	Rågvete	AGRC	Agricultural Land-Close-grown	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20012	Blockdata (jordbruksverket)	Blandsäd (stråsädsblandning)	BARL	Barley	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20045	Blockdata (jordbruksverket	Potatis (mat)	POTA	Potato	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark

SWAT_landuse						
Kod_t_S	**Ursprung**	**Typnamn**	**SWATkod**	**SWATnamn**	**Markanvandning2000_sth**	**Markanvandning2000_sth _grupper**
20050	Blockdata (jordbruksverket)	Slåtter och betesvall på åker ej miljö	HAY	Hay	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20052	Blockdata (jordbruksverket)	Betesmark	WPAS	Winter Pasture	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
20060	Blockdata (jordbruksverket)	Träda	RNGE	Range-grasses	Övrig öppen mark	Genomsläpplig mark
100001	Haninge markkartering	Villor	URLD	Residential Low Density	Enfamiljsfastighet	Bebyggelse
100002	Haninge markkartering	Park	KYRK	Kyrkogård	Kyrkogård	Genomsläpplig mark
100003	Haninge markkartering	Flerfamiljshus	URMD	Residential Medium Density	Flerfamiljsfastighet	Bebyggelse
100004	Haninge markkartering	Parkering	PARK	Parkering	Parkering	Bebyggelse
100005	Haninge markkartering	Industri	UIDU	Industrial	Miljöfarlig verksamhet	Bebyggelse
100006	Haninge markkartering	Skog	FRSE	Forest-evergreen	Skogsmark	Genomsläpplig mark
100007	Haninge markkartering	Fritidshus	FRIT	Fritidshus	Fritidsfastighet/kolonistugeområde	Genomsläpplig mark
100008	Haninge markkartering	Sj÷	WATR	Water	Sjöyta och övrigt vatten	Vatten
100009	Haninge markkartering	Sankmark	WETN	Wetlands-nonforested	Våtmark	Vatten
100010	Haninge markkartering	Odlad mark	AGRC	Agricultural Land-Close-grown	Odlad mark/Odlingslotter	Genomsläpplig mark
100011	Haninge markkartering	Íppen mark	RNGE	Range-grasses	Övrig öppen mark	Genomsläpplig mark
100012	Haninge markkartering	VIllor	URLD	Residential Low Density	Enfamiljsfastighet	Bebyggelse
100013	Haninge markkartering	Võg	VAG1	Vägar < 20000 ÅDT	Väg	Kommunikation
100014	Haninge markkartering	Centrumbebyggelse	UCOM	Commercial	Arbetsplats/service och specialenhet	Bebyggelse
100015	Haninge markkartering	Jõrnvõg	JVAG	Järnväg	Spårväg	Kommunikation
100017	Haninge markkartering			Ej med i tyresåns delavrinningsområde		

Appendix IV – Data levererade till projektet

Typ av data	Beskrivning	Levererat av/datum	Kommentar	Filnamn
GIS	Markanvändningskartering för Haninge kommun i MIF-format	Anna Flood, Haninge kommun Miljö- och stadsbyggnadsförvaltningen Vatten och Avlopp 136 81 Haninge tel 08-606 86 28 anna.flood@haninge.se	Levererat i lokala koordinater	dagmark_Lj.MIF, dagmark_Lj.MID
GIS	Detaljerad markanvändning för Magelungens avrinningsområde i Sthlms kommun	Anja Arnerdal, GIS-handläggare Miljöövervakningen, Miljöförvaltningen Rosenlundsgatan 60, Box 38 024 100 64 Stockholm, Tel: 08-508 28 953 Mob: 070-47 28 953, Fax: 08-508 28 808 E-post: anja.arnerdal@miljo.stockholm.se	Transformerat till rt90, levererades med metadatafil (nr 22 parkering fattas) och förklaringsfil (avl)	mage_st_00_rt90.shp, Metadata_Markanvandning_00_051003.htm markanv.avl
GIS	Detaljerad markanvändning för Faltens avrinningsområde i Sthlms kommun	Anja Arnerdal, GIS-handläggare Miljöövervakningen, Miljöförvaltningen Rosenlundsgatan 60, Box 38 024 100 64 Stockholm, Tel: 08-508 28 953 Mob: 070-47 28 953, Fax: 08-508 28 808 E-post: anja.arnerdal@miljo.stockholm.se	Transformerat till rt90, levererades med metadatafil (nr 22 parkering fattas) och förklaringsfil (avl)	flat_00_rt90.shp, Metadata_Markanvandning_00_051003.htm markanv.avl
GIS	Detaljerad markanvändning för Drevvikens avrinningsområde i Sthlms kommun	Anja Arnerdal, GIS-handläggare Miljöövervakningen, Miljöförvaltningen Rosenlundsgatan 60, Box 38 024 100 64 Stockholm, Tel: 08-508 28 953 Mob: 070-47 28 953, Fax: 08-508 28 808 E-post: anja.arnerdal@miljo.stockholm.se	Transformerat till rt90, levererades med metadatafil (nr 22 parkering fattas) och förklaringsfil (avl)	drev_st_00_rt90.shp, Metadata_Markanvandning_00_051003.htm markanv.avl
GIS	Delavrinningsområden för Tyresåns avrinningsområde	Tyresåsamarbetet, Iréne Lundberg Miljöinformationsenheten Länsstyrelsen i Stockholms län Box 220 67, 104 22 STOCKHOLM, Telefon: 08 - 785 51 06,Fax: 08 – 651 57 50, E-post: irene.lundberg@ab.lst.se	Dessa delavrinningsområden var samma som de vi hade sen förra projektet	delavrinningsomr.shp
Mätdata	Provtagning av en rad sjöar i Tyresån från 2004	Tyresåsamarbetet, Iréne Lundberg Miljöinformationsenheten Länsstyrelsen i Stockholms län Box 220 67, 104 22 STOCKHOLM, Telefon: 08 - 785 51 06,Fax: 08 – 651 57 50, E-post: irene.lundberg@ab.lst.se	tabell med data från gemensam provtagning av en rad sjöar i Tyresån från förra året (2004)	Tyresåsamarbetet2004_helikopter.xls
Mätdata	Data för Tyresån.	Tyresåsamarbetet, Iréne Lundberg Miljöinformationsenheten Länsstyrelsen i Stockholms län	en excelfil med data från "urminnes tider", sammanställt för hela Tyresån. Den	Databas-tyresån-030424.xls

		Box 220 67, 104 22 STOCKHOLM, Telefon: 08 - 785 51 06,Fax: 08 – 651 57 50, E-post: irene.lundberg@ab.lst.se	sistnämnda tabellen, Tyresån030424, har inte ännu kompletterats med nya data från Huddinge och Tyresö (och några enstaka äldre analyser från Haninge)	
Mätdata	Fosfordata och flödesdata för våtmarksanläggningen Kolardammen i Tyresö kommun. Även Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn och Cl^- från sept 99 till okt 02	Tyresö kommun, Kommunaltekniska avdelningen, Thomas Lagerwall, utredningsingenjör. 08-742 93 16	Endast i pappersformat. En sammanställning per månad ingår även. Vissa problem med den flödesproportionella provtagningen enl kontrollprogramsrapporten sen förra projektet.	Referenslista nr 27
GIS	Sjöar och vattendrag från fastighetskartan för alla sex kommuner i Tyresån	Tyresåsamarbetet, Iréne Lundberg (se ovan)		hl_botka.shp, mv_botka.shp etc för alla kommuner
GIS	Fastighetskartans markanvändning för alla sex kommuner i Tyresån	Tyresåsamarbetet, Iréne Lundberg (se ovan)		my_botka.shp, my_hdnge.shp, my_nacka.shp, my_sthlm.shp, my_tyrso.shp, my_haninge_tyresan.shp
Mätdata	Flöde och fosfor, mm, från Magelungen 1995, mätningar mån – tors respektive torsd-sön. Tidsproportionella samlingsprov	Gunilla Lindgren Vattenförsörjningsavdelningen Vattenvård Stockholm Vatten AB 106 36 Stockholm Telefon: 08-52 21 24 55 Mobil: 073-914 24 55 Fax: 08-52 21 24 52 mailto:gunilla.lindgren@stockholmvatten.se http://www.stockholmvatten.se	Skickar här digitalt material från Ma18 - 1995. PT1 är ju som vi sa igår det inkommande vattnet till anläggningen och proven är tagna i dagvattenledningen. Ville bara påminna om spillvatteninläckaget till anläggningen aug-dec 1995. Det står ju i rapporten och syns i figurerna, men det är ju lätt att glömma.	PT134-95.XLS FLOW95.XLS
Mätdata	Flödesdata 2002-2005 från Flatens tilloppsdike.	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Skickar här flödesuppgifter från Flatens tilloppsdike. Jag antar att ni har t.o.m. 2001, så jag skickar fr.o.m. 2002.	<<Diket 2005.xls>> <<Diket 2002.xls>> <<Diket 2003.xls>> <<Diket 2004.xls>>
Mätdata	Flödesdata från Flatens utlopp, 2002-2005	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	flödet utloppet Flaten.	<<Utloppet 2005.xls>> <<Utloppet 2002.xls>> <<Utloppet 2003.xls>> <<Utloppet 2004.xls>>
Mätdata	Sjönivåer för Flaten 2002-2005	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	sjönivåer i Flaten	<<Niv 2004.xls>> <<Niv 2005.xls>> <<Niv 2002.xls>> <<Niv 2003.XLS>>

Mätdata	Flödesmätningar i Flemingsbergsvikens våtmarksanläggning 2004 och 2005	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Skickar här de flödesmätningar vi har i Flemingsbergsvikens våtmarksanläggning. Vi ska inom kort installera ytterligare en längre ner i anläggningen. Om du har frågor beträffande flödes- och nivåmätningarna, så hör närmare med Bo Värnhed, tel.52 21 24 60.	<<Flemingsberg Övre - 2004.xls>> <<Flemingsberg Övre - 2005.xls>>
Mätdata	Flödet i Forsån och sjönivån i Magelungen. 2002-2005	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	flödet i Forsån och sjönivån i Magelungen.	Vattenföring i Forsån.xls, Nivå 2002.xls, Nivå 2003.xls, Nivå 2004.xls, Nivå 2005.xls
Mätdata	Fosfor och kvävemätningar i Flaten under 01 till 05	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Skickar här fosfor och kväve från Flatens till- och frånflöden samt provpunkten mitt i sjön. Förkortningarna i tabellerna betyder: sa = sen analys - senare än vår metod föreskriver po = provtagning omöjlig pga is, väder mm o = osäker analys (för grov el. ostatistisk) s = svavelväte i provet	Fl_diket kulvertar 01_03.xls, Fl_diket kolomr 01_05.xls, Fl_diket västra kulverten N S 02_04.xls, Flaten mitt i sjön 01_05.xls, Fl-diket utloppet 01_05.xls
Mätdata	Fosfor och kvävemätningar i Forsån, Kräppladiket, Magelungsdiket, Norrån	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Provtagning i Magelungsdiket upphörde 2002. Förkortningen ea = ej enligt ackreditering.	Krdi Madi P N 01_05.xls, Norrån P N 01_05.xls, Forsån P N 01_05.xls
Mätdata	Nederbörd från mätstation Gubbängen 2002-2005	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Nederbörd Gubbängen	Nederbörd Gubbängen 2002_2005.xls
Mätdata	Nederbörd från Vitnäsvägen (vid Drevviken) och Orlången 2002-2005.	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Nederbörd Vitnäsvägen och Orlången. okt-dec2001 fattas	Regn.xls
Mätdata	Fosfor- och kvävemätningar vid ett antal punkter med koordinater	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Koordinater för provpunkterna finns i *koordinater för fosformätningar.txt*	koordinater för fosformätningar.txt, Djupåns mynning 02-05.xls, Drevviken 01-05.xls, Flemingsbergsvikens VMA 99-05.xls, Kyrkdammens utlopp 98-05.xls, Magelungen 01_05.xls, Orlångens västra utlopp 01-05.xls, Trehörningens till&utlopp 01-05.xls
Mätdata	Flödesdata från Flatens utlopp, 1998-2001	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Se info om datat i *ang utloppsfilerna för Flaten.txt*	Utloppet 1998.xls, Utloppet 1999.xls, Utloppet 2000.xls, Utloppet 2001.xls, ang utloppsfilerna för Flaten.txt

Mätdata	Nederbörd för Vitnäsvägen (vid Drevviken) och Orlången	Gunilla Lindgren, Stockholm Vatten AB Se ovan	Här kommer den period som saknades för Vitnäsvägen och Orlången, okt-dec2001	Nedrbörd okt-dec2001.xls
GIS	Transformerat data från CD:n ”Dagvattenhanteringsplan för Tyresö kommun”	Börje Buss Kartsystemingenjör e-postadress: borje.buss@tyreso.se tel. 08-57829469 mobil 070-4889469 Adress: MSF, Tyresö kommun 135 81 TYRESÖ	Börje transformerade data vi hade från förra projektet på CD:n ”Dagvattenhanteringsplan för Tyresö kommun” från Tyresös lokala koordinater till RT90.	atgarder.shp, avromr.shp, DAGBOLL.shp, DAGTROLL.shp, DAGVOMR.shp, FASTIGH.shp, koncentration.shp, KRUSBODA.shp, omrnr.shp, RAKSTA.shp, S_HUS.shp, S_HUS_YT.shp, text.shp, VAG_KONT.shp, VATTEN.shp
Mätdata	Temperatur och nederbördsdata för Högdalenmasten	Lars Burman SLB-analys ********** Avd. för Miljöövervakning Miljöförvaltningen Box 380 24, 100 64 Stockholm Tel. direkt 08-508 28 922 Tel. växel. 08-508 28 800 Tel. mobil. 070-47 28 922 Faxnr. 08-508 28 991 Epost. lars.burman@slb.nu http://www.slb.nu/slb ********** OBS! Ny adress fr om december 2005: Miljöförvaltningen Förv. nr 169-63 Box 8136 104 20 Stockholm	Det data vi hittade på slb.nu kom ej från Högdalenmasten. Eftersom den ligger inom Tyresåns avrinningsområde skrev vi och frågade om vi kunde få både temp och nb därifrån.	Högdalendata1998-05.xls

GIS	Tillrinningsområde för Tyresån	Anja Arnerdal, GIS-handläggare Miljöövervakningen, Miljöförvaltningen Rosenlundsgatan 60, Box 38 024 100 64 Stockholm, Tel: 08-508 28 953 Mob: 070-47 28 953, Fax: 08-508 28 808 E-post: anja.arnerdal@miljo.stockholm.se	Här kommer ett uppdaterat skikt över Tyresåns tillrinning. Har justerat gränserna för Magelungen (och dess gemensamma gräns med Drevviken) så att de stämmer med SVAB kartering 2002. Magelungens deltillrinningsområde Ma6b ligger fortfarande med i skiktet, då jag inte vet hur du villl hantera detta område i modellen (men för min del är det ok att radera det om det är det enklaste sättet).	tyresan_ny.shp
GIS	Mer detaljerat data för Huddinge kommun för markanvändning (fastigheter, vägar mm) samt vattenflöden och Glömstadalgångens avrinningsområde.	Tiina Laantee Miljö- och SamhällsByggnadsförvaltningen Miljökontoret Huddinge kommun 141 85 Huddinge tel: 08-535 364 79, 0709-750 269 fax: 08-535 364 95 tiina.laantee@huddinge.se och Katarina Frölander, MBK-ingenjör Lantmäteriavdelningen Huddinge kommun, 141 85 Huddinge Telefon: 08-535 364 36 E-post: katarina.frolander@huddinge.se		Arrende_region.shp, Avloppsledning0601_polyline. shp, Avrinningsområde för Glömstadalgången_region. shp, Bebyggelseområden_region.shp, Byggnader kommunkartan_region. shp, Byggnader primärkartan_region.shp, fastighetsytor_region.shp, Mindre väg_polyline.shp, Sankmark Tätortskartan_region.shp, vaglank_polyline.shp, vattenstrak_polyline.shp, vattenstrak_region.shp, vattenstrak_text.shp, Vägar primärkartan_polyline.shp
Mätdata	Vindhastighet, globalstrålning och luftfuktighet för högdalenmasten	Lars Burman SLB-analys, se ovan	Vissa dataluckor	Högdalen_TK_met.xls
GIS	Vägar för hela länet från SLB genom Anja Arnerdal	Anja Arnerdal, GIS-handläggare Se ovan		vag_stlan_clip.shp - Alla vägar inom Tyresåns sjösystem. tmp_r0_road_clip.shp - Vägar med över 1 000 fordon/årsmedeldygn