

Källfördelning av kväve och
fosfor i Landsjön - beräknat med
WATSHMAN

Jessica Zakrisson Faruk Djodic Annika Ryegård

Juni 2005



Organisation/Organization IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/address	Projekttitel/Project title
Telefonnr/Telephone	Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor
Rapportförfattare/author Jessica Zakrisson Faruk Djodic Annika Ryegård	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Källfördelning av kväve och fosfor i Landsjön - beräknat med WATSHMAN	
Sammanfattning/Summary .	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport/report	
Rapporten beställs via /The report can be ordered via www.ivl.se , eller/or e-mail: publicationservice@ivl.se	

Sammanfattning

IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) har på uppdrag av Jönköpings kommun genomfört projektet *Källfördelning av kväve- och fosforutsläpp till vatten i Landsjöns avrinningsområde*. Projektet syftade till att implementera IVL:s system WATSHMAN (Watershed Management System) för Landsjöns avrinningsområde. Genom WATSHMAN erhålls en samlad bild över belastningssituationen och källfördelningen av kväve- och fosforutsläpp i området, fördelat på delområden. WATSHMAN som är ett användarvänligt beslutstödande system har som en del av projektet levererats till Jönköpings kommun samt till Länsstyrelsen i Jönköpings län, för att möjliggöra kontinuerligt vidare arbete med resultat och databas. Systemet innehåller även ett scenarieverktyg som kan användas för att beräkna effekten av förändringar i området, t ex avseende reningseffekt i enskilda avlopp eller grödoval inom jordbruket.

Beräkning av avrinning, kväve- och fosfortransport samt källfördelning har utförts för perioden 1999-10-01 – 2004-12-31. Totalt beräknas 32 ton totalkväve och 1,2 ton totalfosfor per år lämna Landsjöns avrinningsområde. De genomsnittliga årliga arealförlusterna av kväve varierar mellan 4,6 och 12 kg/ha för de olika delavrinningsområdena och mellan 0,24 kg/ha och 0,45 kg/ha för fosfor. Kvävehalterna varierar mellan 1,6 och 3,2 mg/l och fosforhalterna mellan 68 och 166 µg/l.

För kväve dominerar förlusterna från jordbruksmark (73%). Deposition på öppet vatten står för 10%, skog för 8% och enskilda avlopp för 4%. Jordbruken dominerar även fosforförlusterna (66%) följt av enskilda avlopp och skog (12 % vardera) och bebyggelse (8%).

Tyvärr saknas bra data för kalibrering och validering av modellen, vilket även gör det svårt att uttala sig om modellens representativitet i området. Avrinningsberäkningen har kalibrerats mot vattenföringsdata vid Landsjöns inlopp beräknade med PULS-modellen (SMHI). Överensstämmelsen blev god ($R_{\text{eff}} = 0,72$ och volymfelet $V_E = -3\%$ på månadsnivå). Kväve- och fosforberäkningarna har pga bristerna i mätdata inte kalibrerats utan bara jämförts med transporter beräknade utifrån de uppmätta halterna. Kvävetransporterna uppvisade större överensstämmelse än fosfortransporterna.

Slutsatsen är dock att modellresultaten är tillräckligt tillförlitliga för att kunna användas i det fortsatta åtgärdsarbetet i området. Tätare kemiska analyser med flödesproportionell provtagning samt bättre undersökning av jordarter och fosforinnehåll i jordbruksmarken bör prioriteras för att förbättra underlaget för modellering. Ett steg att gå vidare med åtgärder mot jordbruksmark är att implementera den sk fosforindexmetoden för att få bättre grepp om vilka fält som har det potentiellt största fosforläckaget, bakomliggande orsaker till detta samt ta fram en fältspecifik åtgärdsplan.

Innehållsförteckning

Inledning	33
Områdesbeskrivning	33
Metod	55
Beskrivning av WATSHMAN	55
Avrinningsberäkning	66
Belastningsberäkning	77
Diffust läckage av kväve och fosfor	77
Typhalter för diffust markläckage	88
Deposition	88
Enskilda avlopp	99
Övriga punktkällor	1111
Retention	1212
Transportberäkning	1313
Indata	1313
Meteorologi – nederbörd och temperatur	1313
Markanvändning och jordarter	1313
Övrig indata jordbruksmark	1414
Resultat och diskussion	1515
Avrinning	1616
Kväve- och fosfor	1717
Slutsatser, brister och vidareutveckling	2524
Referenser	2524
Skriftliga referenser	2524
Personlig kommunikation	2625

Inledning

IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) har på uppdrag av Jönköpings kommun genomfört projektet *Källfördelning av kväve- och fosforutsläpp till vatten i Landsjöns avrinningsområde*. Projektet syftade till att implementera IVL:s system WATSHMAN (Watershed Management System) för Landsjöns avrinningsområde. Genom WATSHMAN erhålls en samlad bild över belastningssituationen och källfördelningen av kväve- och fosforutsläpp i området, fördelat på delområden. WATSHMAN som är ett användarvänligt beslutstödjande system, har som en del av projektet levererats till Jönköpings kommun samt till Länsstyrelsen i Jönköpings län, för att möjliggöra kontinuerligt vidare arbete med resultat och databas. Systemet innehåller även ett scenarieverktyg som kan användas för att beräkna effekten av förändringar i området, t ex avseende reningseffekt i enskilda avlopp eller grödval inom jordbruket.

Områdesbeskrivning

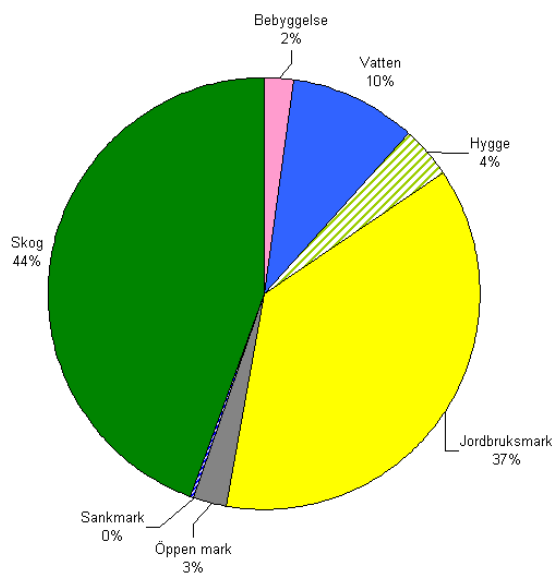
Landsjöns avrinningsområde är 54 km² stort och är beläget ca 8 km norr om Huskvarna i Jönköpings län och kommun. Landsjön ingår i Edesvarnaåns vattensystem som rinner till Vättern och i sin tur ingår i Motala Ströms vattensystem. Landsjön är en eutrof slättsjö med en areal på 5,3 km², dvs ca 10% av avrinningsområdets totala storlek. Sjön är reglerad (upp till 1,8 m är tillåtet) och sänktes under 1850-talet vid två tillfällen, totalt knappt 3 meter (Jaldemark, 1992).

Markanvändningen domineras av skogsmark (44%) och jordbruksmark (37%), se Figur 1 och Figur 2 (Källa: Svensk Marktäckedata). Den dominerande jordarten i skogsområdena är morän, medan jordbruksmarken är belägna på lerjordar. Vid Landsjöns nordöstra delar finns sandavlagringar som ger lättlera i jordbruksmarken, medan mellanleror dominerar längre upp i Siringedalen (Källa: SGU:s jordartskarta samt personlig kommunikation Sunita Hallgren, Hushållningssällskapet).

Landsjön bedöms ha ett särskilt högt naturvärde (Klass 1) i Länsstyrelsens vattenprogram eftersom sjön har mycket hög biologisk funktion och innehar höga raritetsvärden både avseende flora och fauna (Jaldemark, 1992).



Figur 11. Översikt- och markanvändning Landsjöns avrinningsområde. Källa markanvändning: Svensk Marktäckedata.



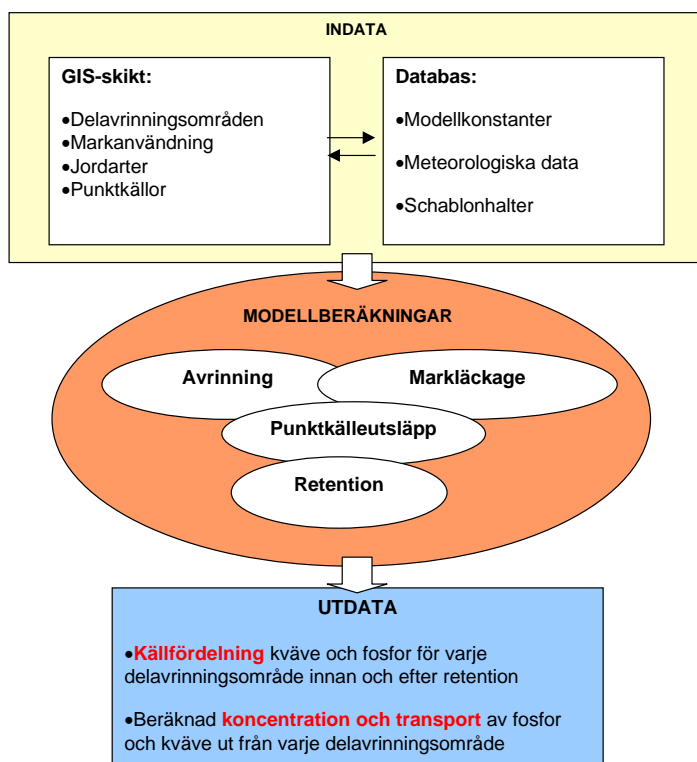
Figur 22. Markanvändningsfördelning i Landsjöns avrinningsområde efter sammanslagning av klassning i Svensk Marktäckedata.

Metod

Beskrivning av WATSHMAN

WATSHMAN innehåller fyra olika beräkningsrutiner för att modellera källfördelning och transport av kväve och fosfor i avrinningsområden:

- **Avrinningsberäkning**
- **Belastningsberäkning**
- **Retentionsberäkning**
- **Transportberäkning**



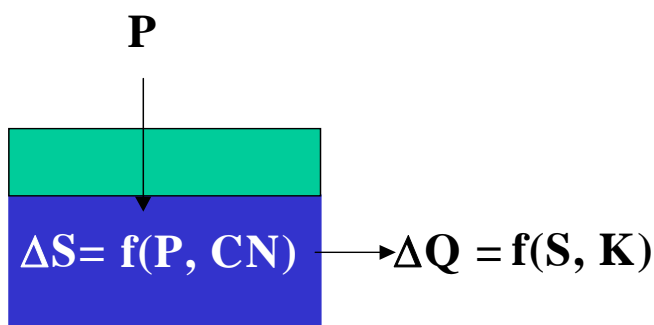
Figur 33. Översiktlig modellschema, WATSHMAN

För Landsjön har resultaten beräknats månadsvis på delavrinningsområdesnivå under tidsperioden 1997-10-01 – 2004-12-31. Delavrinningsområdesindelningen har gjorts av

Länsstyrelsen i Jönköpings län genom en uppdelning av SMHIs två delavrinningsområden till åtta områden, se Figur 1

Avrinningsberäkning

Läckaget av kväve och fosfor från diffusa källor styrs till hög grad av avrinningen. I föreliggande projekt har avrinningen beräknats med hjälp av en avrinningskoefficientbaserad metod med fördröjning i ett linjärt magasin, vilket representerar kombinationen av både den omättade och den mättade zon. Se Figur 4



Figur 44. Schematiskt beskrivning av avrinningsberäkningen. P =nederbörd, ΔS =skillnad i vattenlagring (mättad och omättad zon), CN =avrinningskoefficient, ΔQ =utflöde till ytvatten, K = modellkonstant

Området delas in i markblock utifrån kombinationen av jordart och markanvändning där jordarterna delas in i fyra grupper baserade på dess hydrauliska konduktivitet. För varje kombination av markanvändning och jordartsgrupp ansätts avrinningskoefficienter (CN). Dessa justeras därefter för fukthalten i marken vid regntillfällets början. Fukthalten beskrivs utifrån tre fuktighetsklasser som baseras på den totala ackumulerade nederbörden under de senaste fem dagarna. Tröskelvärdet på den ackumulerade nederbördsmängden för att markfuktigheten ska uppnå till de olika klasserna skiljer mellan viloperiod och växtperiod. Under viloperioden finns inte så mycket vegetation som binder upp vattnet vilket gör att marken lättare (vid mindre nederbördsmängd) blir fuktig än under växtperioden. Således är tröskelvärdena lägre under viloperioden än under växtperioden. Växtperiodens längd anges i databasen. I beräkningarna för Landsjön har maj-augusti ansatts som växtperiod och september - april som viloperiod.

Utifrån nederbörd (P) och avrinningskoefficient (CN) beräknas påfyllningen av mark- och grundvattenmagasin (S) från varje markblock och varje tidssteg enligt ekvation 1.

$$\Delta S = P * CN \quad (\text{ekvation 1})$$

Där:

$$\Delta S = \text{Skillnad i vattenmängd i mättad- och omättad zon (mm/dygn)}$$

$P = \text{nederbörd (mm/dygn)}$

$CN = \text{avrinningskoefficienten, justerad för markfuktighet}$

Utflödet (ΔQ) från mark- och grundvattenmagasin vid varje tidssteg beräknas genom ekvation 2.

$$\Delta Q = \frac{S}{K} \quad (\text{ekvation 2})$$

Där:

$\Delta Q = \text{Utflödet från mark- och grundvattenmagasin till ytvatten (närmaste vattendrag) (mm/dygn)}$

$S = \text{Mark- och grundvattenmagasinets storlek (mm)}$

$K = \text{modellkonstant (dygn}^{-1}\text{)}$

För Landsjöns avrinningsområde sattes modellkonstanten K till 30 dygn^{-1} .

För att hantera avrinning under kallperioderna när viss del av nederbörden faller som snö och när marken kan vara snötäckt används en snörutin, den sk graddagsmetoden. En tröskeltemperatur definieras för att avgöra om nederbörden faller som snö eller regn. Tillståndsparametrar är snölager och vatteninnehållet i snölagret. Vid snösmältning övergår snölagret först till vatten inom snölagret. Vid en viss procentuell mängd vatten anses snön vara mättad och överskottet avgår som avrinning. Snörutinen är hämtad från Uppsala Universitets avdelning för Hydrologi (Xu, 2001).

Belastningsberäkning

Belastningen av kväve och fosfor sker dels genom diffust markläckage och dels genom utsläpp från punktkällor. Utsläpp från enskilda avlopp behandlas i modellen som punktutsläpp. Dessutom kommer en del av kvävet (och även viss del av fosfor) från luftdeposition direkt på sjöytor. Luftdepositionen på mark är inkluderat i markläckaget.

Diffust läckage av kväve och fosfor

Det diffusa läckaget av kväve och fosfor är direkt korrelerat till avrinningen och kan förenklat beräknas genom antagandet av ett linjärt beroende. Se ekvation 3.

$$L_{N/P, \text{diffus, markav} i} = Q \times A_{N/P} + B_{N/P} \quad (\text{ekvation 3})$$

Där:

$L_{N/P, \text{diffus}}$ = Diffust läckage av kväve eller fosfor från markanvändningsklass i [$\text{kg}/\text{km}^2, \text{mån}$]

Q = Avrinningen från markanvändningsklass i [$\text{mm}/\text{mån}$]

$A_{N/P}$ = Läckagefaktor A, ungefär motsvarande avrinningsvattnets koncentration av kväve eller fosfor [mg/l]

$B_{N/P}$ = Läckagefaktor B [$\text{kg}/\text{km}^2, \text{mån}$], vilket är en korrektionsparameter för att kompensera för att den uppmätta linjära korrelationen mellan avrinning och läckage inte skär origo.

Typhalter för diffust markläckage

Från jordbruksmark lakas kväve ut till rotzonen. Inom TRK-projektet (Brandt & Ejhed, 2002 och Johnsson & Mårtensson, 2002) modellerades typhalter av nitrat i rotzonen för kombinationer av gröda, jordart och produktionsområde fram med SOILNDB. Dessa typhalter, från produktionsområde 7b, har applicerats på Landsjöns avrinningsområde.

Fosforhalterna i dräneringsvattnet från jordbruksmark är beräknat utifrån det empiriska samband som togs fram inom TRK-projektet (Ulén et al, 2001) mellan fosforhalten och djurtätheten, jordens förrådsfosforinnehåll och kornstorleksfördelning.

För övrig markanvändning är typhalterna (säsongsvisa) till största delen hämtade från TRK-projektet (Brandt & Ejhed, 2002). För de urbana markklasserna är typhalterna hämtade från Ekstrand et al, 2003. Det finns två tätorter i området, Skärstad med dagvattenyta om 13 ha och Kaxholmen, 100 ha. I båda orterna finns enbart villabebyggelse. Ett litet område i Kaxholmen har kombinerade nät, men detta har inte tagits med i beräkningen.

Deposition

Månadsmedelvärden av kvävehalten i nederbörden har hämtats från IVLs depositionsstation i Värnvik (station F12A) för tidsperioden 1999-2000. Det är bara oorganiskt kväve som mäts, varför det organiska kvävet har uppskattats till 25% av totalkvävet utifrån data från intilliggande stationer. För 2001-2004 har månadshalterna av oorganiskt kväve beräknats utifrån medelvärdet mellan åren 1999 och 2000.

Halterna multipliceras med månadsnederbörd för att erhålla depositionen per månad per ytenhet och har därefter applicerats på all yta med öppet vatten. Depositionen över land ingår i typhalterna för olika markanvändningsslag.

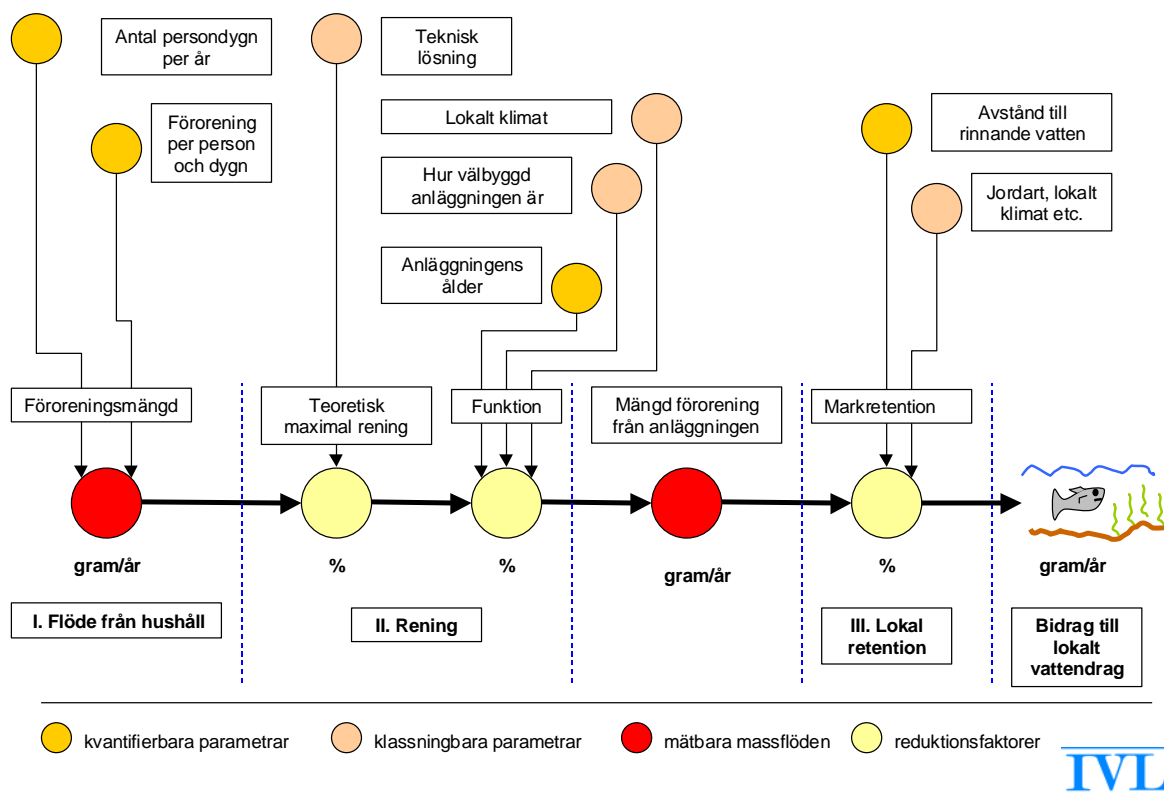
Enskilda avlopp

Enligt uppgifter som tagits fram av SMED&SLU (Ekstrand et al , 2003) genom samkörning av fastighetsregistret, taxeringsregistret och folkbokföringsregistret nyttjas enskilda avlopp av 716 personer (inkl. fritidsboende omräknat till permanentboende) inom Landsjön avrinningsområde. Uppgifterna finns framtagna för SMHI:s delavrinningsområden och har genom areaviktning fördelats på de åtta delområden som Landsjöns avrinningsområde indelats i inom detta projekt. 40 avlopp är inventerade och har lagts in på koordinatnivå i WATSHMANs databas tillsammans med uppgifter om rengingstypen är enbart slamavskiljare (ej godkänd) eller markbädd (godkänd). De avlopp som ej finns inventerade har lagts i delavrinningsområdets centrumkoordinat. Fördelningen mellan godkända och icke-godkända avlopp för dessa är en generell fördelning inom Jönköpings kommun som har hämtats från en enkätstudie som SMED&SLU har utfört. Totalt ger detta att 555 (77%) av personerna som nyttjar enskilda avlopp antogs vara anslutna till markbäddar. Se Figur 5



Figur 55. Enskilda avlopp i Landsjöns avrinningsområde. De inventerade avloppen samt Berghem markbädd är utplacerade på koordinatnivå. Resterande avlopp är placerade i centrumkoordinaten på varje delavrinningsområde.

Figur 6
Figur 6 visar en konceptuell bild över belastningen på vattendrag från ett enskilt avlopp.



Figur 66. Konceptuell beskrivning av belastningen från ett enskilt avlopp på vattendrag.

Bruttoutsläppet från varje hushåll per månad beräknas genom ekvation 4:

$$BB_{fastighet} = \frac{U_{pd}}{1000} \times \frac{Ny\%}{100} \times Ant \times \frac{365}{12} \quad (\text{ekvation 4})$$

Där:

$BB_{fastighet}$ = Bruttobelastning av kväve eller fosfor per fastighet [kg/månad].
Beräkningarna sker separat för BDT och WC-vatten

U_{pd} = Utsläpp per person och dag av kväve eller fosfor [g/person, dag]

$Ny\%$ = Nyttjandegraden av fastighetens avlopp uttryckt i procent av året [%]

Ant = Antal personer som nyttjar fastighetens avlopp [antal personer]

Utsläppet från varje fastighets avloppsanläggning efter rening beräknas genom att ansätta en reningseffekt på varje typ av avloppsanläggning. Därefter beräknas utsläppet efter passage genom avloppsanläggningen, ekvation 5.

$$BA_{fastighet} = \frac{100 - \text{Reningseffekt}_{avlopp}}{100} \quad (\text{ekvation 5})$$

Där:

$BA_{fastighet}$ = Utsläpp från fastigheten efter passage genom avloppsanläggning
[kg/månad]

$\text{Reningseffekt}_{avlopp}$ = Avloppsanläggningens antagna reningseffekt

I WATSHMANs databas finns förberett för att kunna antaga olika retentionskoefficienter beroende av avstånd, jordart och lutning. I brist på bra beräkningsmetoder för detta har dock retentionen uppskattats till 20% för alla hushåll, vilket motsvarar retentionen från hushåll på 200-400 meters avstånd från recipienten enligt Johansson & Kvarnäs beräkningsmetod (1998).

Schablonhalter för utsläpp per person och dag från BDT och WC har hämtats från litteraturen. De schabloner som använts i resultatberäkningarna är för kväve 12,5 g Tot-N per person och dag från WC och 1g/p,d från BDT. För fosfor har siffrorna 1,5 g Tot-P per person och dag från WC och 0,5 g/p,d från BDT använts.

Reningseffekten hos olika anläggningar är förmodligen den största osäkerheten vad gäller beräkning av belastning från enskilda avlopp. Alla anläggningar är individuella och det är dessutom svårt eller för vissa anläggningstyper omöjligt att göra mätningar på hur mycket kväve och fosfor som kommer ut från anläggningarna. Dessa osäkerheter gör att siffrorna över reningseffekter som finns att hämta i litteraturen är väldigt varierande. Många referenser tycks dock härstamma från Naturvårdsverkets allmänna råd från 1991. I SMED/SLU projektet "Beräkningsmetodik för mindre punktutsläpp" uppdaterades schablonerna för infiltrationsanläggningar och markbäddar (Ekstrand et al, 2003). Dessa värden har använts i Landsjön.

Övriga punktkällor

Inga övriga punktkällor finns i området eftersom både Kaxholmens och Skärstads avloppsvatten leds till Huskvarnas reningsverk som släpper ut vattnet i Vättern.

Retention

Retention är ett samlingsbegrepp för alla processer som förhindrar att utsläppt mängd fosfor eller kväve når slutrecipienten. Retention omfattar alltså sedimentation, upptag i biota, denitrifikation etc. I transportberäkningar är det brukligt att skilja på retention i mark och retention i vattendrag och sjöar. Retentionen i mark ingår i WATSHMANs fall i läckageberäkningarna. I detta avsnitt beskrivs beräkningarna av retentionen i vattendrag och sjöar.

Retentionsberäkningarna i modellen bygger på resultat från Johansson och Kvarnäs (1998). Retentionen styrs av en rad faktorer. De viktigaste är vattentemperatur och förekomst av öppna, stillastående vatten (sjöar, våtmarker). Retentionsfaktorn för varje delavrinningsområde styr hur mycket som avges till närmaste delavrinningsområde. Se ekvation 6.

$$RET = TEMP * KONC * kv * (A_s + d * L_{\bar{a}}) \quad (\text{ekvation 6})$$

Där:

kv = *retentionsparameter för sjöar och vattendrag (m/månad)*

d = *åsträckornas uppskattade medelbredd (km)*

A_s = *sammanlagda sjöytan i delavrinningsområdet (km²)*

$L_{\bar{a}}$ = *vattendragets sammanlagda längd exkl. sjöar (km)*

$KONC$ = *potentiell koncentration (mg/l), dvs summan av intern tillförsel (kg/vecka) och tillförsel från uppströms område dividerat med vattenföringen ut ur delavrinningsområdet.*

I detta projekt används $kv = 100$. (Även om retentionsmekanismerna för fosfor och kväve är väsentligt skilda har förenklingen att använda samma kv -värde ansetts acceptabel).

$TEMP$ är en temperaturfunktion definierad enligt Ekvation 7.

$$TEMP = \begin{cases} T < 0 = 0 \\ 0 < T < 20 = co + T(1 - co) / 20 \\ T > 20 = 1 \end{cases} \quad (\text{ekvation 7})$$

Där:

T = *vattentemperatur (månadens medeltemperatur)*

Co = *temperaturparameter*

Transportberäkning

I transportrutinen binds de olika delområdena samman för att beräkna total mängd vatten, kväve och fosfor som transporteras ut från varje område. Här dras även retentionen bort från bruttoläckaget. I databasen anges i vilket annat delavrinningsområde varje område mynnar. En beräkningsordning mellan delavrinningsområdena sätts upp manuellt.

För vattenföringen har antagits att all avrinning ackumuleras genom hela avrinningsområde på månadsbasis. Det som rinner ut ur ett delavrinningsområde högt uppström antags alltså hinna hela vägen till utloppet inom samma månad. Ingen fördröjning av vatten antags alltså ske i ytvattensystemet på månadsbasis. Det enda undantaget till detta är snölagringen där snö kan ligga kvar över månadsskiftena.

Transporten av kväve och fosfor ut från varje delområde beräknas genom att summera belastningen från källor inom området med inkommande belastning från uppströms områden. Därefter beräknas retentionen i delområdet (baserat på potentiell koncentration, se retentionsberäkningarna) varpå utflödet från delområdet beräknas som potentiell belastning minus retention.

Indata

Meteorologi – nederbörd och temperatur

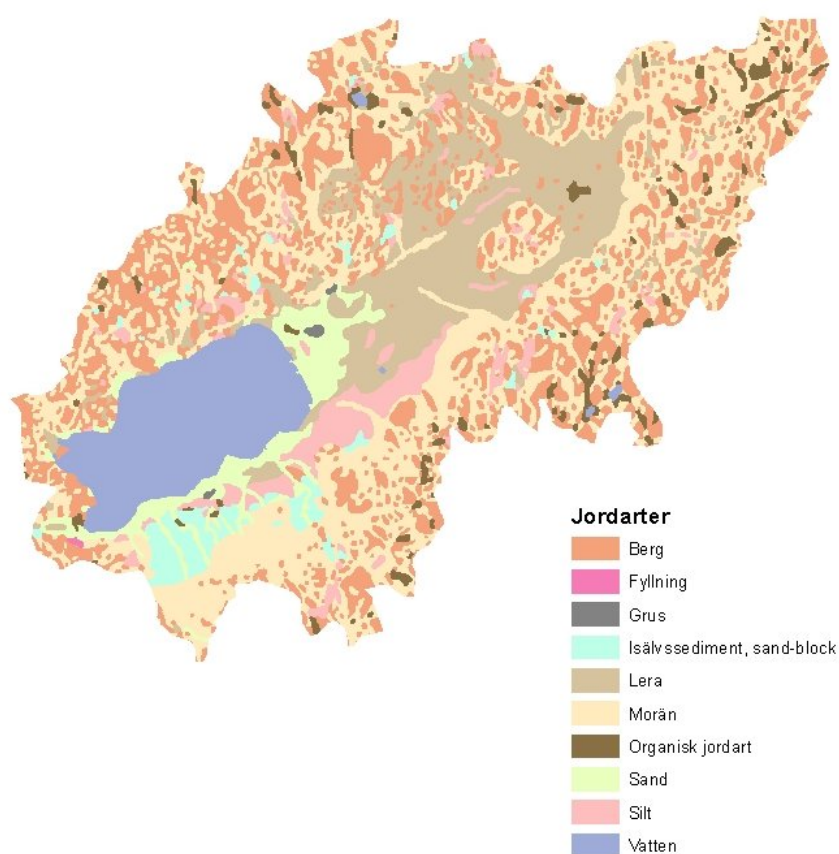
Indata till avrinningsberäkningen är nederbörd och temperatur på dygnsnivå. För Landsjöns avrinningsområde har dessa data hämtats från SMHIs station Ramsjöholm (7449).

Markanvändning och jordarter

Markanvändningen är hämtad från en kombination av Svensk Marktäckedata och Jordbruksverkets blockdatabas. Jordbruksblocken representerar jordbruksmarken i det sammanslagna markanvändningsskiktet. Den mark som är klassad som jordbruksmark i Svensk Marktäckedata, men som faller utanför jordbruksblocken har ersatts med skog i modellberäkningarna.

Jordarterna är hämtade från SGUs jordartskarta (JBAS-skiktet, 1:50 000). För jordbruksmarken är det nödvändigt att veta den procentuella fördelningen mellan ler, silt och sand samt jordarten enligt det internationella jordartsklassificeringssystemet FAO. Genom personlig kommunikation med Sunita Hallgren, Hushållningssällskapet erhöles uppgifter från provtagningar i jordbruksmark som kunde användas för att uppskatta fraktionering och FAO-jordart. Se Figur 7 för en bild över SGU:s jordartskarta. För jordbruksmark som är belägen på sand eller organisk jordart enligt SGU:s klassificering har kornstorleksfördelningen ler 23%, silt 36% och sand 41% antagits, vilket ger FAO-jordarten *loam*, vilket är en lättlera. För övrig jordbruksmark

har fördelningen ler 34%, silt 42% och sand 24% antagits, vilket ger FAO-jordarten *clay loam*, en mellanlera. Detta är ett tydligt exempel på hur missvisande SGU:s jordartsklassificering kan bli för jordbruksmark om den används för hydrologisk modellering. Det som är klassat som sand i SGU:s karta är alltså egentligen en lättlera. Anledningen är att SGU:s klassificering är baserad på den *dominerande* fraktionen, vilket för lättleran är sand.



Figur 77. Jordarter i Landsjöns avrinningsområde enligt SGU:s jordartskarta i 1:50 000 (JBAS-skiktet).

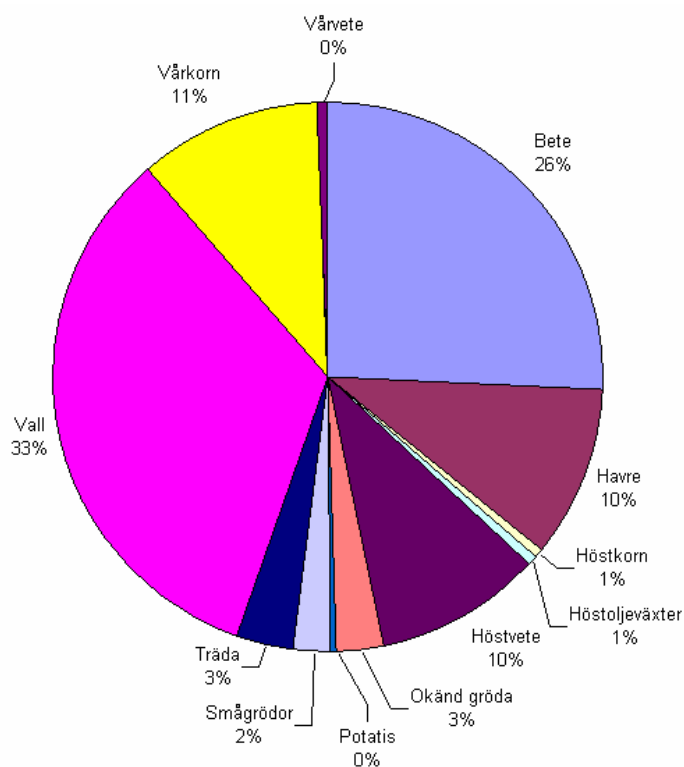
Övrig indata jordbruksmark

Djurtätheten beräknades genom djurantalet i Skärstad socken (Jordbruksverkets undersökning 2003) beräknades om till djurenheter och dividerades med arealen åkermark inom hela församlingen. Ingen hänsyn har tagits till att 30% av spridningsarealen får utgöras av betesmark. Den beräknade djurtätheten blev 1,1 de/ha, vilket har applicerats för all jordbruksmark inom avrinningsområdet.

Densiteten hos jordbruksmarkens jordpartiklar ansattes till 1400 kg/m^3 .

Innehållet av förrådsfosfor i jordbruksmarken erhöles genom interpolation av de närmaste provtagningspunkterna i den rikstäckande matjordsundersökningen (Eriksson 1999).

Grödorna för varje jordbruksblock har hämtats från Jordbruksverkets stöddatabas IAKS för 2004. Figur 8 visar att vall (33%) och bete (26%) dominerar jordbruksmarken. De vanligaste spannmålen är vårkorn (11%), havre (10%) och höstvetete (10%).



Figur 88. *Fördelning av grödor i Landsjöns avrinningsområde enligt IAKS-databasen (2004).*

Resultat och diskussion

En viktig del av resultatet i projektet är uppbyggnaden av WATSHMAN för Landsjöns avrinningsområde, vilket innebär att det nu finns en samlad databas för vattenkvalitetsrelaterad data, samt ett system för scenarieanalyser mm att arbeta vidare med efter projektets avslut.

Källfördelningsberäkningarna har utförts för tidsperioden 1999-10-01 till 2004-12-31. I sammanställningen över årsvisa resultat har de första två månaderna tagits bort.

Det mått på överensstämmelse mellan modellerade data och jämfördata som har används är dels volymfelet V_E och dels effektivitetsmålet R_{eff} från Nash & Sutcliffe, se ekvation 8. R_{eff} -värdet bygger på ett totalt *RMSE (Root Mean Square Error)* som transformerats och normaliserats mot variansen av den observerade vattenföringen (Xu, 2002).

$$V_E = \frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})}{\sum Q_{obs}} \quad (ekvation 8)$$

$$R_{eff} = 1 - \frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum (Q_{obs} - \overline{Q_{obs}})^2}$$

Där:

V_E = volymfelet

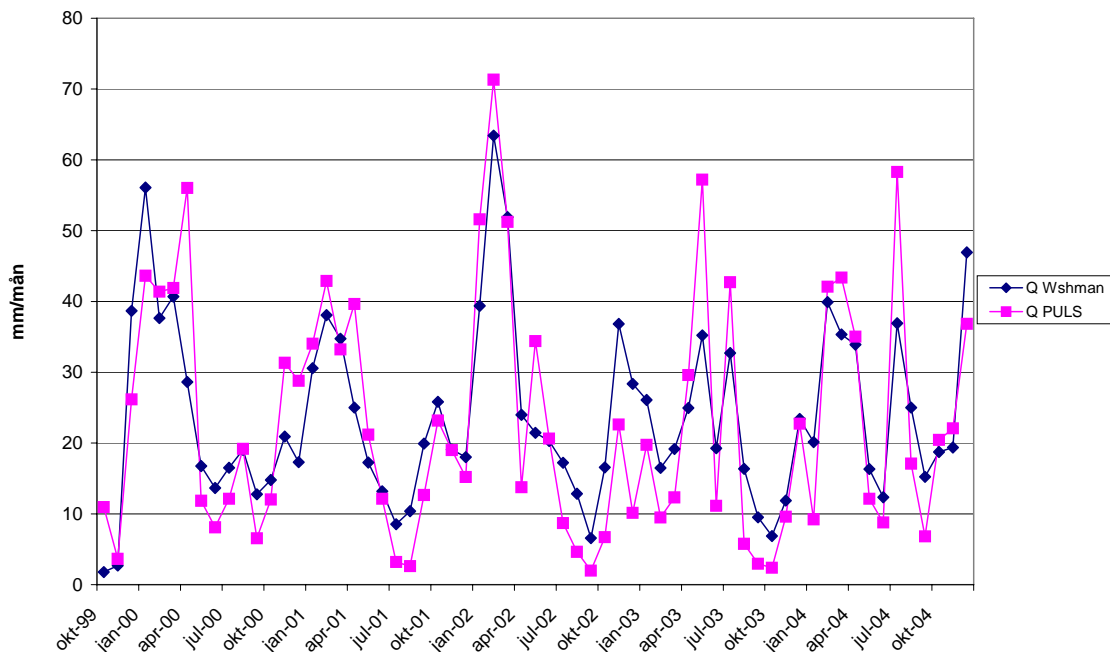
R_{eff} = Nash & Sutcliffes effektivitetsmätt

Q_{obs} = observerad vattenföring (m^3/s)

Q_{sim} = simulerad vattenföring (m^3/s)

Avrinning

Avrinningen i området beräknades under modelleringsperioden till ca 300 mm i genomsnitt. Inga vattenföringsmätningar finns att tillgå i området, så avrinningsberäkningarna har kalibrerats mot PULS-beräknade (SMHI) data vid Lyckåsåns inlopp i Landsjön. Figur 9 visar en jämförelse mellan WATSHMAN- och PULS-beräknad avrinning ($R_{eff} = 0,72$, $V_E=3\%$ överskattning). Figuren, volymfelet och R_{eff} -värdet visar att överensstämmelsen är god, trots den relativt enkla modellansatsen. Eftersom jämförelsen görs mot beräknad avrinning med en annan modell kan aldrig 100%-ig överensstämmelse förväntas.



Figur 99. Jämförelse mellan WATSHMAN (blå linje)- och PULS-beräknad (rosa linje) månadsvis avrinning i Landsjöns inlopp.

Kväve- och fosfor

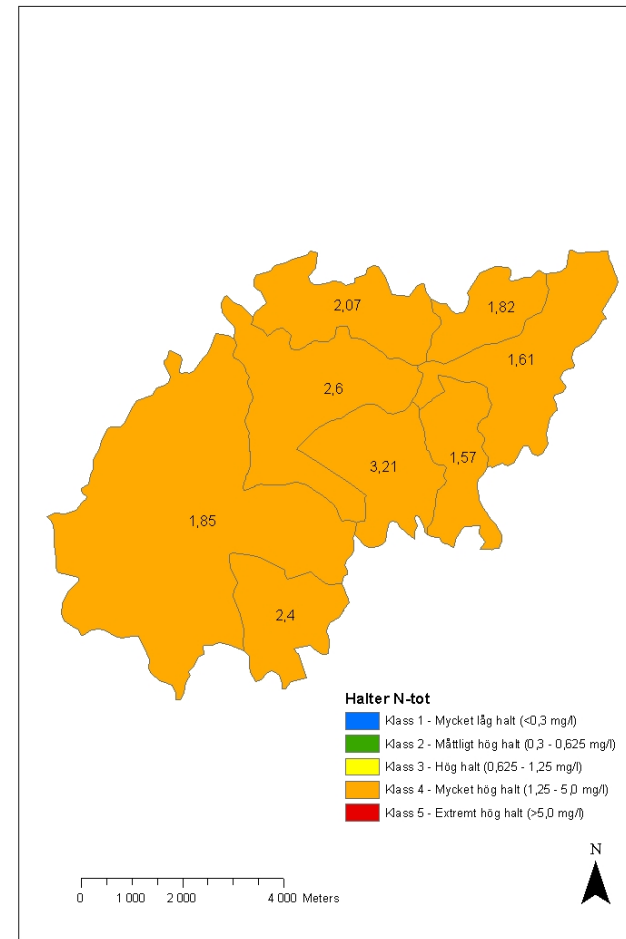
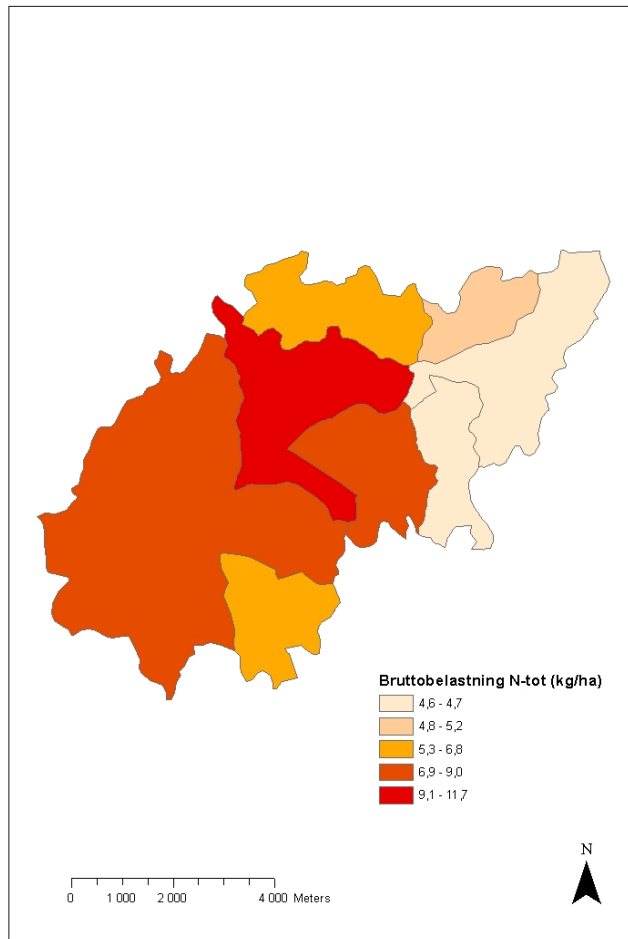
Totalt beräknas 32 ton totalkväve och 1,2 ton totalfosfor per år lämna Landsjöns avrinningsområde. De genomsnittliga årliga arealförlusterna av kväve varierar mellan 4,6 och 12 kg/ha för de olika delavrinningsområdena (Figur 10) med högsta kväveförlusterna i området närmast Lyckåsåns utlopp. Kvävehalterna varierar mellan 1,6 och 3,2 mg/l, vilket placerar samtliga delavrinningsområden inom klass 4, *Mycket höga halter*, vid jämförelse med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag (www.naturvardsverket.se, 2005), se Figur 11. För fosfor varierar den genomsnittliga årliga arealförlusten mellan 0,24 kg/ha och 0,45 kg/ha, även här med högst förluster i områdets centrala delar, Figur 12. Fosforhalterna varierar mellan 68 och 166 µg/l, vilket placerar tre delavrinningsområden i klass 3, *Höga halter*, och resten i klass 4, *Mycket höga halter*, vid jämförelse med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, se Figur 13.

Figur 14 och Figur 15 visar källfördelningen för totalkväve respektive totalfosfor. För kväve dominerar förlusterna från jordbruksmark (73%). Deposition på öppet vatten står för 10%, skog för 8% och enskilda avlopp för 4%. Jordbruken dominerar även fosforförlusterna (66%) följt av enskilda avlopp och skog (12 % vardera) och bebyggelse (8%).

Kväve- och fosfortransporterna beräknade med WATSHMAN har jämförts med transporter baserade på uppmätta halter i Landsjöns inlopp. Provtagningarna är gjorda varannan månad och har linjärinterpolerats till dygnsvärden för att multipliceras med vattenföring från PULS-modellen på veckonivå (antaget att samtliga dagar i veckan har veckomedelvattenföringen). Eftersom provtagningarna är så glesa och vattenföringen inte uppmätt, utan modellberäknad, ger detta förstås stora osäkerheter i jämfördata. På grund av detta har ingen kalibrering mot de uppmätta halterna gjorts, utan enbart en jämförelse.

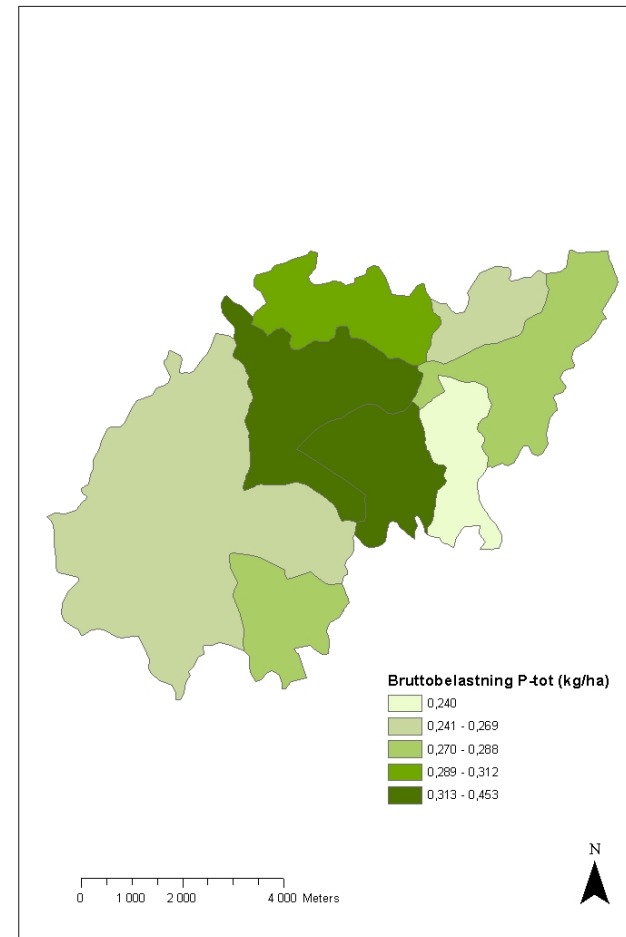
Figur 16 Figur 16 visar jämförelse för kväve på månadsnivå och Figur 17 Figur 17 på årsnivå. Överensstämmelsen är i stort sett bra, men det är en stor avvikelse i maj 2003 som får stor påverkan på hela det året. Effektivitetsmättet R_{eff} ligger på 0,33 på månadsbasis och volymfelet V_E på 21% (underskattning). På årsbasis ligger kvävetransporterna som beräknats med WATSHMAN generellt något under transporterna som baseras på uppmätta halter, men det är bara 2003 som uppvisar en stor avvikelse.

Figur 18 Figur 18 visar jämförelse för fosfor på månadsnivå och Figur 19 Figur 19 på årsnivå. Överensstämmelsen är generellt något sämre än för kväve, men fortfarande så bra som man kan förvänta sig med de rådande omständigheterna. Även här är det en stor topp i maj 2003 som får stor effekt på effektivitetsmättet, R_{eff} som är 0,30 på månadsbasis. Volymfelet visar på en överskattning med 29% på månadsnivå. Även på årsbasis visar figuren att fosfortransporterna som beräknats med WATSHMAN en bit över transporterna som baseras på uppmätta halter, med störst avvikelse 2002.

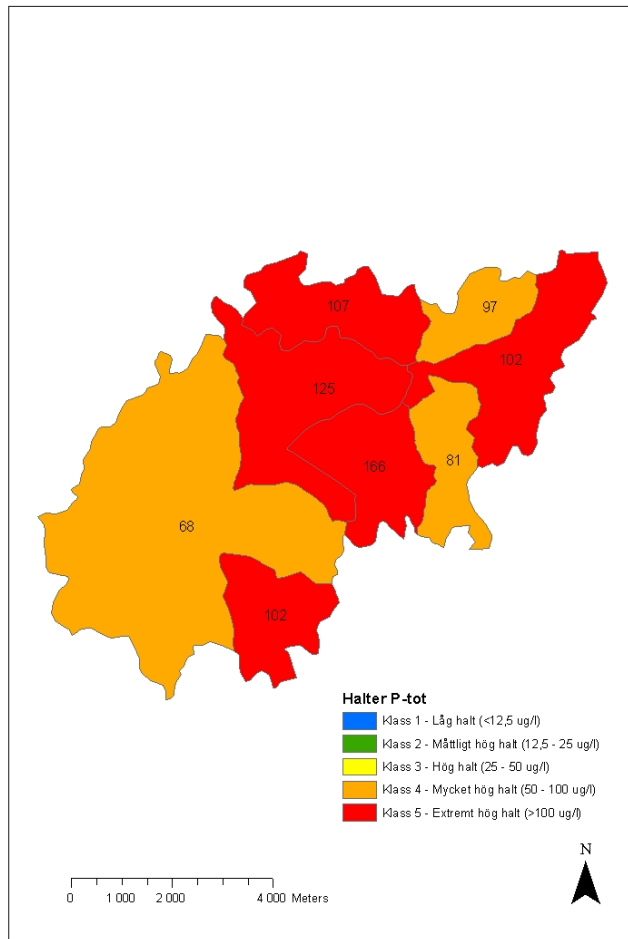


Figur 1010. Beräknad bruttobelastning av kväve (kg/ha) per delavrinningsområde som genomsnitt under 2000-2004.

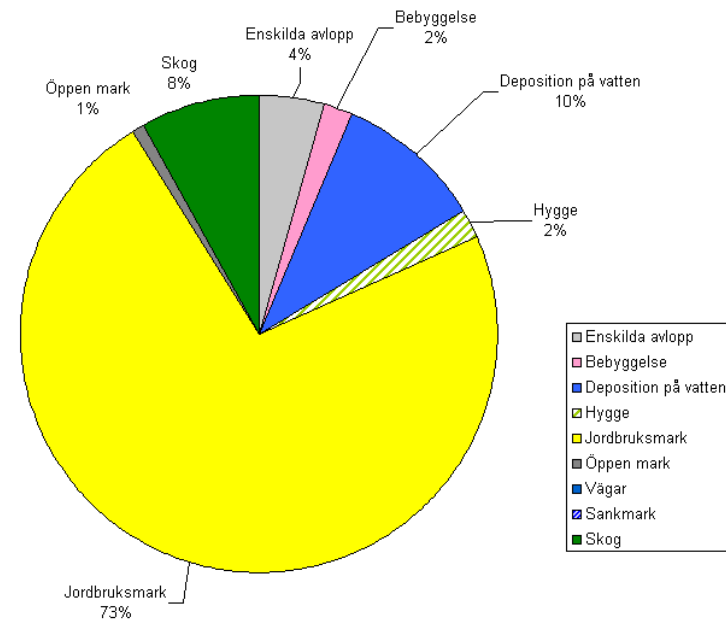
Figur 1111. Beräknade N-halter ut från varje delavrinningsområde (efter retention) som genomsnitt under 2000-2004.



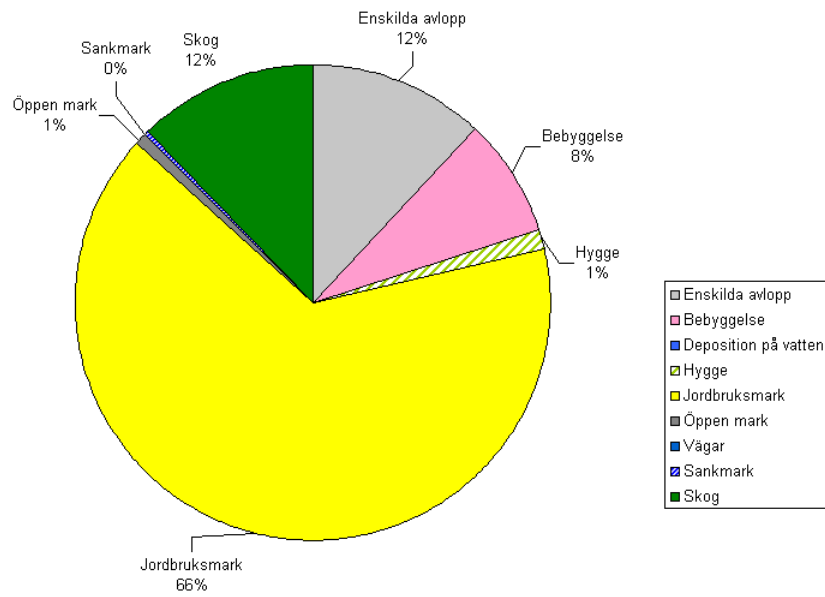
Figur 1212. Beräknad bruttobelastning av fosfor (kg/ha) per delavrinningsområde som genomsnitt under 2000-2004.



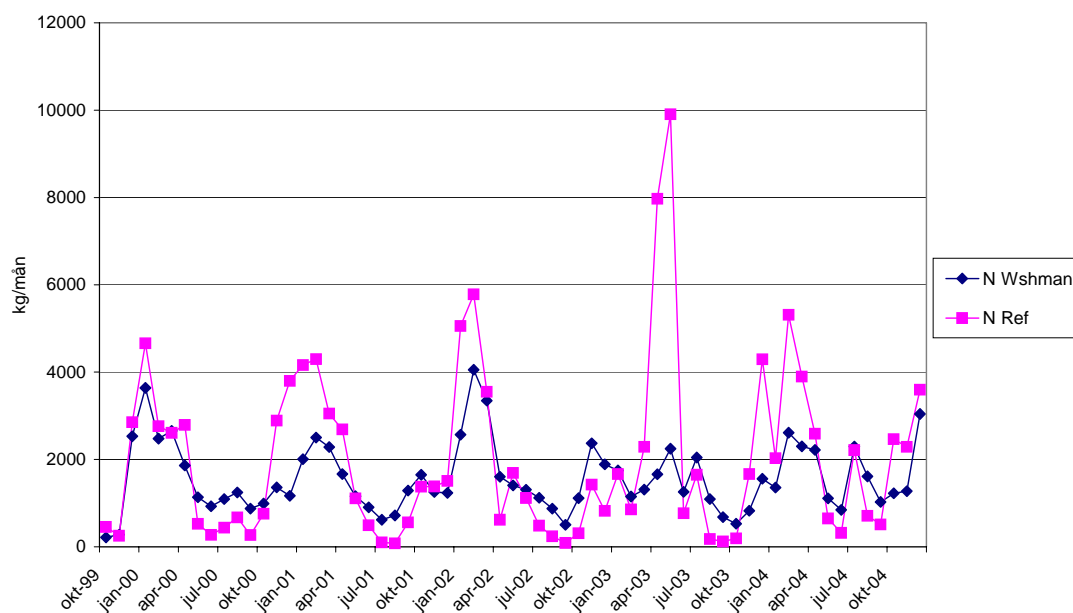
Figur 1313. Beräknade P-halter ut från varje delavrinningsområde (efter retention) som genomsnitt under 2000-2004.



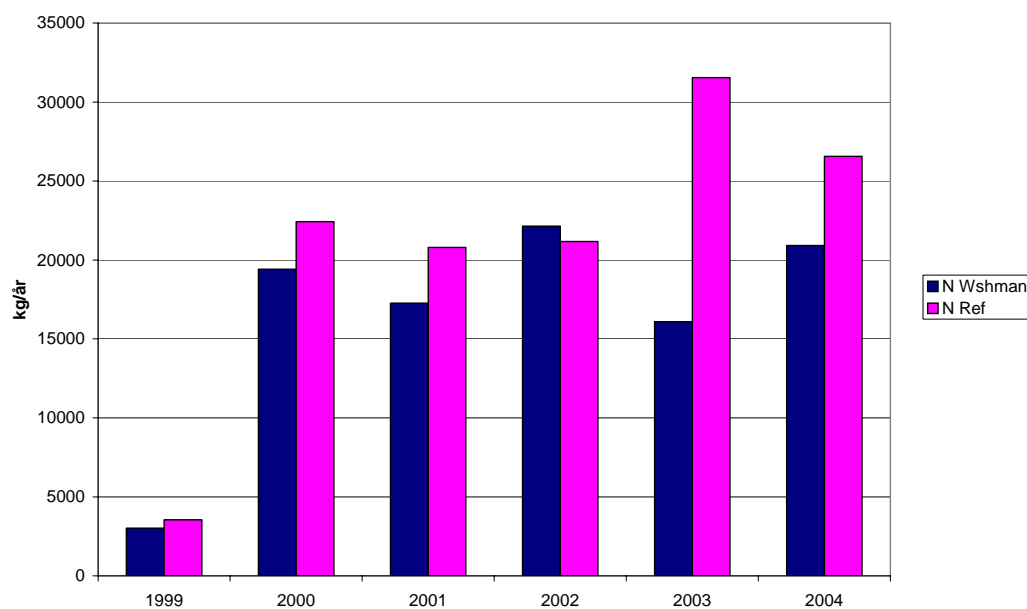
Figur 1414. Källfördelning av totalkväve på brutto-nivå, dvs genom summering av utsläppen inom samtliga delavrinningsområden, utan bortdragen retention. Årsgenomsnitt under 2000-2004.



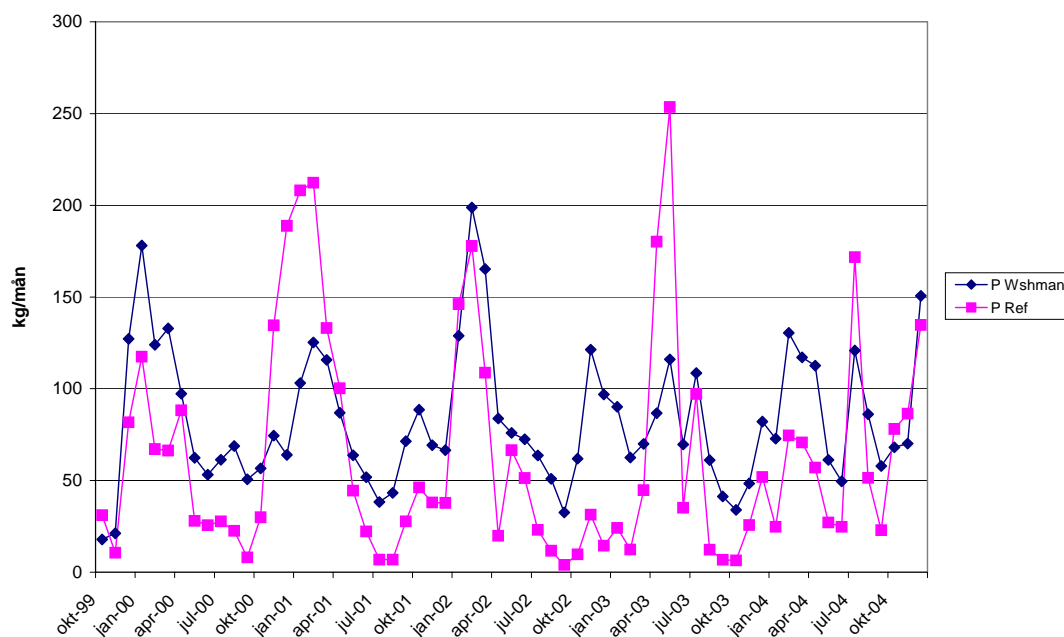
Figur 1515. Källfördelning av totalfosfor på brutto-nivå, dvs genom summering av utsläppen inom samtliga delavrinningsområden, utan bortdragen retention. Årsgenomsnitt under 2000-2004.



Figur 1616. Månadsvis jämförelse mellan kvävetransport i Landsjöns inlopp beräknat med WATSHMAN (blå linje) och uppmätta halter (varannan månad, linjärinterpolerade till dygnsvärden) multiplicerade med PULS-vattenföring på veckonivå (rosa linje).



Figur 1717. Årsvis jämförelse mellan kvävetransport i Landsjöns inlopp beräknat med WATSHMAN (blå staplar) och uppmätta halter (varannan månad, linjärinterpolerade till dygnsvärden) multiplicerade med PULS-vattenföring på veckonivå (rosa staplar).



Figur 1818. Månadsvis jämförelse mellan fosfortransport i Landsjöns inlopp beräknat med WATSHMAN (blå linje) och uppmätta halter (varannan månad, linjärinterpolerade till dygnsvärden) multiplicerade med PULS-vattenföring på veckonivå (rosa linje).



Figur 1919. Årsvis jämförelse mellan fosfortransport i Landsjöns inlopp beräknat med WATSHMAN (blå staplar) och uppmätta halter (varannan månad, linjärinterpolerade till dygnsvärden) multiplicerade med PULS-vattenföring på veckonivå (rosa staplar).

Slutsatser, brister och vidareutveckling

Inom föreliggande projekt har en detaljerad källfördelningsberäkning genomförts i Landsjöns avrinningsområde utifrån bästa tillgängliga data. Resultaten ger en bra grund för fortsatt arbete med åtgärdsplanering inom området. Beräkningarna visar tydligt på att jordbruket står för den största belastningen på Landsjön. För att kunna arbeta vidare i detalj med platsspecifika åtgärder mot höga förluster från jordbruksmark bör ännu mer detaljerad data samlas in och modellangreppssättet delvis förändras. Ett användbart verktyg för platsspecifikt åtgärdsarbete för att reducera fosfor är Fosforindexmetoden (Djodjic et al., 2002, Djodjic & Bergström, 2005). Det är en index-baserad metod som fokuserar på att rangordna den potentiella fosforförlusten från olika fält, kartlägga underliggande orsaker och även ta fram en platsspecifik motåtgärd för varje enskilt fält.

Den modellerade vattenföringen uppvisade mycket god överensstämmelse mot jämfördata. Tyvärr saknas uppmätt vattenföring i området, så jämfördata bestod av PULS-beräknad vattenföring vilket är en svaghet. De uppmätta kväve- och fosfortransporter som finns att tillgå är beräknade utifrån halter från provtagning varannan månad, vilket är alldeles för glest för att kunna användas för kalibrering eller validering av modellresultaten. Detta innebär att ingen justering av typhalterna har gjorts utifrån mätdata, utan de regionalt framtagna typhalterna antags vara representativa för Landsjön. Flödesmätning och tätare kemiska analyser, helst med flödesproportionell provtagning skulle krävas för att få bättre bedömning av de verkliga kväve- och fosfortransporterna till Landsjön samt för att fånga variationer i koncentrationerna under året. För att få ett grepp om eventuell internbelastning från Landsjön bör även uttransporten av fosfor från sjön mätas genom flödesproportionell provtagning. Bättre jordartskarta och inventering av de enskilda avloppen skulle stärka modellberäkningarna.

Referenser

Skriftliga referenser

Brandt, M. & Ejhed, H. 2003. *TRK Transport-Retention-Källfördelning*. NV-Rapport 5247.

Djodjic, F., Montas, H., Shirmohammadi, A., Bergström, L. and Ulén, B. 2002. *A decision support system for phosphorus management at a watershed scale*. J. Environ. Qual. 31, 937–945.

Djodjic, F. & Bergström, L. 2005. *Conditional phosphorus index as an educational tool for risk assessment and phosphorus management*, *Ambio*, 34, 293-297.

Ekstrand, S., Eriksson, M., Olshammar, M., Mahlander, Camilla., Lindgren, C. och Zakrisson, J., 2003. *SMED & SLU Slutrapport Beräkningsmetodik för mindre punktutsläpp*. SMED&SLU-rapport.

Eriksson, J., Andersson, A. och Andersson, R., 1999. *Åkermarkens matjordstyper*. Naturvårdsverkets rapport nr 4955.

Jaldemark, B., 1992. *Landsjön, Jordbrukspåverkan 1989-91*. Länsstyrelsen Jönköpings län. Meddelande 13/92. ISSN 1101-9425.

Johnsson, H. och Mårtensson, K., 2002. *Kväveläckage från svensk åkermark. Beräkning av normalutlakning för 1995 och 1999*. Naturvårdsverket rapport 5248.

Ulén, B., Johansson, G. och Kyllmar, K., 2001. *Model predictions and long-term trends in phosphorous transport from arable lands in Sweden*. Agric. Water Manage. 49, 197-210.

Xu, Chong-Yu, 2001. *Graddags metoden* (ej publicerat material)

Xu, C-Y. (2002). *Textbook of hydrologic models*.
<http://www.hyd.uu.se/chongyu/papers/fulltext.pdf>

Personlig kommunikation

Sunita Hallgren, Hushållningssällskapet (maj och juni 2005).