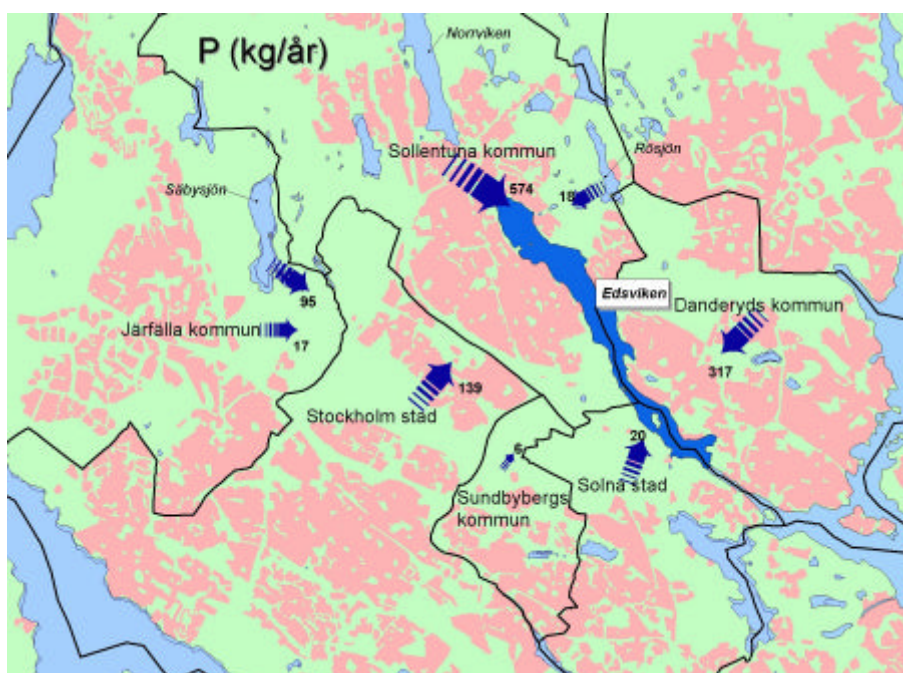


Sollentuna kommun

ACCEPTABEL BELASTNING PÅ SJÖN EDSVIKEN



*Fosforflöden (kg/år) till Edsviken (efter uppskattad rening).
(Bild: von Scherling M., 2003)*

Thomas Larm och Mathias von Scherling

Rapport
Stockholm 2003-02-25

Uppdragsnummer 1143080000

SWECO VIAK
Gjörwellsgatan 22
Box 34044, 100 26 Stockholm
Telefon 08-695 60 00
Telefax 08-695 60 10

Uppdrag 1143063000; Larm
p:\1133\1143080000_slutförande_edsviken_acceptabel_belastning
u2 utlåtanden\slutför acc_bel_edsviken_sjöundersökning_5.doc



1	Inledning och bakgrund	1
2	Indata och förutsättningar	1
3	Metodik	2
3.1	Dagvattenflöde	3
3.2	Föroreningsbelastning	3
3.3	Acceptabel belastning	3
3.4	Provtagning	8
3.5	Utförande	9
4	Resultat	9
5	Slutsatser	20
6	Referenser	22
Bilaga 1.	Beskrivning av dagvattenmodellen StormTac	23
Bilaga 2.	Indata till beräkningarna	25
Bilaga 3.	Uppskattade reningseffekter	26

1 Inledning och bakgrund

På uppdrag av Sollentuna kommun har beräkningar av hur stor belastning (kg/år) som långsiktigt bedöms kunna accepteras på sjön Edsviken (i Sollentuna kommun) utförts på ett antal ämnen med dagvattenmodellen StormTac (Larm, 2000).

I detta PM redovisas resultaten från beräkningarna i form av vattenföring ($\text{m}^3/\text{år}$), nuvarande belastning på Edsviken (kg/år), acceptabel belastning (kg/år), eventuell belastningsreduktion för att klara acceptabel belastning (kg/år) och uppmätta och beräknade halter i Edsvikens vattenmassa (mg/l eller $\mu\text{g/l}$) samt uppmätta sedimenthalter (mg/kg TS).

Följande ämnen har beräknats och redovisas: fosfor (P), kväve (N), bly (Pb), koppar (Cu), zink (Zn), kadmium (Cd), krom (Cr) och nickel (Ni). Totalhalter av föreningarna avses. Beräkningar har även gjorts för olja, kvicksilver (Hg), suspenderad substans (SS; partiklar), polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och Bensapyrén (BaP; en PAH) men de redovisas inte eftersom schablonhalterna för dessa ämnen är osäkra.

2 Indata och förutsättningar

Dagvattenmodellen StormTac (Larm, 2000) har använts för beräkningarna, se Bilaga 1 för en beskrivning av modellen. Indata till beräkningarna utgörs bl.a. av sjöns morfologi, medelvattendjupet (8 m), sjöytan (356 ha), uppmätta näringshalter och ytor för avrinningsområdets markanvändning. Se Bilaga 2 för en sammanställning av de indata som använts i beräkningarna. Följande indelning i markanvändningar har använts: villaområden, radhusområden, flerfamiljshusområden, koloniområden, centrum, industriområden, parker, skogsmark, jordbruksmark, våtmark och ängsmark. Tillgången till schablonhalter som är specifika för varje markanvändning har styrt denna indelning. Lokalgator och mindre grönytor inkluderas i de markanvändningar där de är belägna. Det går lätt att ändra schablonvärdena i föroreningsmodellen. Detta gäller även annan markanvändning. Med hjälp av modellen kan olika scenarier simuleras på ett enkelt sätt. Man kan t.ex. uppdatera schablonhalter efter nya värden eller efter uppmätta värden och man kan testa att lägga in nya ytor (t.ex. en planerad väg eller en planerad

villabebyggelse) och studera resultaten av därav ändrad föroreningsbelastning på recipienten. Schablonvärden som är specifika för var och en av dessa markanvändningar har alltså använts och avser föroreningshalter och avrinningskoefficienter. Underlaget för avrinningsområdet storlek och markanvändningen är tillhandahållet av Sollentuna kommun genom digitaliserade kartor och tabeller i GIS-programmet MapInfo.

Nederbördsintensiteten 636 mm/år har använts som indata till belastningsvärdena. Detta värde har beräknats utgöra verklig nederbörd i Stockholm, efter mätförluster; enligt SMHI.

Acceptabla halter i sjön har antagits ligga på gränshalten mellan klass 2 och klass 3 (Fall 1) respektive mellan klass 3 och 4 (Fall 2) enligt Naturvårdsverkets bedömningskriterier, se Tabell 1.

Det bör klargöras att modellen enbart uppskattar belastningsstorleken och överslagsmässigt den acceptabla belastningen på recipienten. Resultaten kan inte på något sätt betraktas som absoluta värden för recipienten utan ger indikationer om hur recipienten belastas i förhållande till acceptabel belastning. Tabellvärdena som presenteras i denna rapport är långt ifrån så exakta som antalet värdesiffror indikerar.

Resultaten är relativt osäkra, men samtidigt har resultaten jämförts med mätdata (i denna studie och i flera andra studier) och är rimliga. Metodiken utgår också till huvuddelen från internationellt kända samband/ekvationer. En alternativ beräkningsmetod är att utgå från gränshalter för utsläpp orenat till recipienten (Larm, 2001). Dock bedöms detta ge mycket sämre resultat i frågan om vad som är acceptabelt att belasta recipienten med.

3 Metodik

De huvudekvationer som har använts för beräkningarna (Larm, 2003 och Larm, 2000) redovisas i Kapitel 3.1-3.3. Ekvationer för beräkning av bas- eller grundvattenflödet m.fl. ekvationer redovisas i Larm (2000) och i Karlsson (2002).

3.1 Dagvattenflöde

$$Q = 10 p \sum_{i=1}^N (j_i A_i) \quad (1)$$

Q	dagvattenflöde [m ³ /år]
p	nederbördsintensitet [mm/år]
φ _i	årlig avrinningskoefficient per markanvändning
A _i	area [ha] per markanvändning
i	markanvändning i=1,2,...N
10	faktor för att erhålla rätt enhet

3.2 Föroreningsbelastning

Dagvattnets föroreningsbelastning uttrycks i kg/år och har beräknats utifrån årlig avrinning och schablonhalter från olika markanvändningar.

$$L_j = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i C_{ij}}{1000} \quad (2)$$

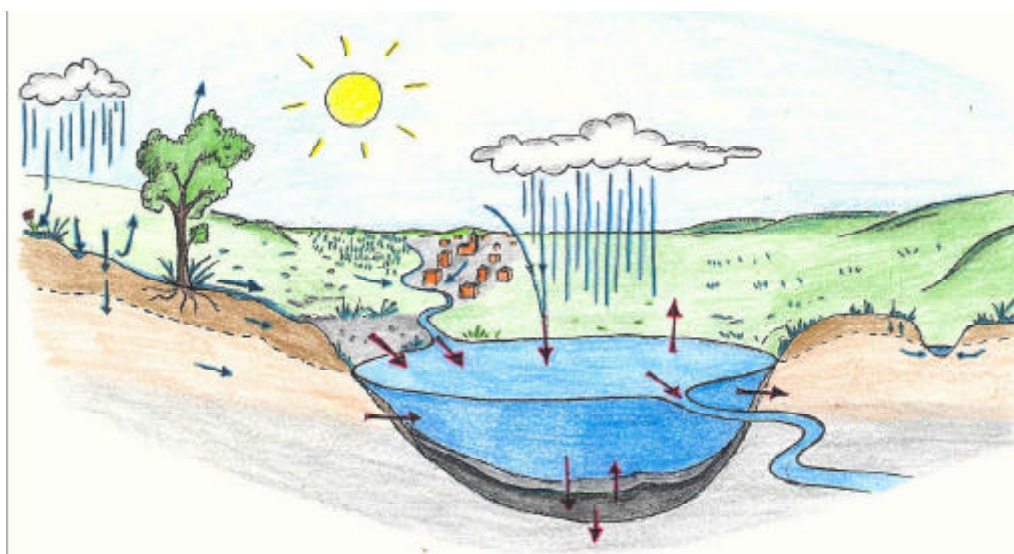
L _j	massflöde per förorening [kg/år]
Q _i	dagvattenflöde [m ³ /år] per markanvändning
C _{ij}	schablonhalt per markanvändning och förorening [mg/l]
i	markanvändning i=1,2,...N
j	förorening
1000	faktor för att erhålla rätt enhet

Belastningen av partiklar (SS) är relativt osäker eftersom denna belastning även baseras på andra egenskaper inom avrinningsområdet än vad som uttrycks genom ekvation (1) - (2).

3.3 Acceptabel belastning

Modellen använder sig av gränsvärden för acceptabla recipientkoncentrationer och de uttrycker vilken föroreningskoncentration som anses vara acceptabel i recipienter med olika känslighet, det vill säga recipienter med olika recipientklass. Den acceptabla belastningen till recipienten är således den maximala belastningen till recipienten som kan förekomma för att inte dessa gränshalter ska överskridas. Det är möjligt att istället ange specifika gränshalter som kan tas fram med hänsyn till den studerade recipientens unika förhållanden/tillstånd, vilket också utförts för fosfor i denna studie.

Ekvationerna (3)-(7) är några av huvudekvationerna men i modellen (recipientmodellen i StormTac, version 2003-01) finns flertalet andra ekvationer och parametervärden som behövs för att beräkna den acceptabla belastningen på sjön. Figur 1 visar en principskiss över en sjö och de processer (pilar i figuren) som inkluderas i modellen.



Figur 1 Principskiss över en sjö och de processer (pilar i figuren) som inkluderas i modellen. (Teckning Larm T.)

Den acceptabla belastningen (L_{acc}) av en förorening beräknas enligt Ekvation (3) (Larm, 2003) som har härletts från ekvationer av Vollenweider, 1969 (Vollenweider, 1975 och Reckhow, 1988).

$$L_{acc} = \frac{C_{cr}(Q_{out} + k_j V_{rec})}{1000} \quad (3)$$

L_{acc} acceptabel belastning i recipienten [kg/år]
 C_{cr} recipientens gränskoncentration för negativa effekter [mg/l]
 Q_{out} totalt utflöde från recipienten [m³/år]
 k_j sedimentationskoefficient för förorening j [1/år]
 V_{rec} recipientens vattenvolym [m³]
 1000 faktor för erhålla rätt enhet

Ekvation (3) kan användas för sjöar för vilka uppmätta halter i vattenmassan saknas. Värden på k_j finns framtagna för ett antal svenska sjöar och för de studerade ämnena i denna rapport (Larm, 2003). k_j kan beräknas från Ekvation (4) för ämnen för vilka det finns uppmätta halter C_{rec}^* .

$$k_j = \frac{1000L_{in}}{C_{rec}^* V_{rec}} - \frac{Q_{out}}{V_{rec}} \quad (4)$$

k_j sedimentationskoefficient för förorening j [1/år]
 L_{in} total föroreningsbelastning på recipienten från dagvatten, grundvatten, atmosfäriskt nedfall på recipienten, sjöns sediment och övriga källor (t.ex. belastning från sjöar uppströms) [kg/år]
 C_{rec}^* uppmätt föroreningshalt i recipientens vattenmassa [mg/l]
 V_{rec} recipientens vattenvolym [m^3]
 Q_{out} totalt utflöde från recipienten [m^3 /år]
 1000 faktor för att erhålla rätt enhet

Om vi använder k_j från Ekvation (4) i Ekvation (3) och ansätter $C_{cr}=C_{rec}^*$ och $L_{acc}=L_{in}$, kan Ekvation (5) härledas, vilken ger samma resultat som Ekvation (3):

$$L_{acc} = \frac{C_{cr} L_{in}}{C_{rec}^*} \quad (5)$$

L_{acc} acceptabel belastning i recipienten [kg/år]
 C_{cr} recipientens gränskoncentration för negativa effekter [mg/l]
 L_{in} total föroreningsbelastning på recipienten från dagvatten, grundvatten, atmosfäriskt nedfall på recipienten, sjöns sediment och övriga källor (t.ex. belastning från sjöar uppströms) [kg/år]
 C_{rec}^* uppmätt föroreningshalt i recipientens vattenmassa [mg/l]

Detta är ett enkelt "utspädningsuttryck" för uppskattning av den acceptabla belastningen på en sjö. Det förutsätts att vi har bestämt den koncentration vi vill uppnå i recipienten, d.v.s. den kritiska halten C_{cr} . Det förutsätts också tillgång till uppmätta sjöhalter, C_{rec}^* , helst från de senaste åren. Slutligen behövs en beräkning av den totala föroreningsbelastningen på sjön, L_{in} (kg/år), vilken görs med t.ex. StormTac.

Recipientens reningseffektivitet RE (fastläggning, retention) beräknas enligt Ekvation (4) för de ämnen för vilka det finns uppmätta föroreningshalter i vattenmassan (Larm, 2002).

$$RE = 100 - \frac{C_{rec}^* Q_{out}}{10L_{in}} \quad (4)$$

RE recipientens reningseffektivitet (fastläggning, retention) [%] (t ex sedimentation och växtupptag)
 C_{rec}^* uppmätt föroreningshalt i recipientens vattenmassa [mg/l]
 Q_{out} totalt utflöde från recipienten [m^3 /år]

- L_{in} total föroreningsbelastning på recipienten från dagvatten, grundvatten, atmosfäriskt nedfall på recipienten, sjöns sediment och övriga källor (t.ex. belastning från sjöar uppströms) [kg/år]
 10 faktor för att erhålla rätt enhet

För ämnen som inte är uppmätta ersätts C_{rec}^* i Ekvation (4) med beräknad halt C_{rec} , enligt Ekvation (7):

$$C_{rec} = \frac{1000L_{in}}{(Q_{out} + 10000k_j h A_{rec})} \quad (7)$$

- L_{in} total föroreningsbelastning på recipienten från dagvatten, grundvatten, atmosfäriskt nedfall på recipienten, sjöns sediment och övriga källor (t.ex. belastning från sjöar uppströms) [kg/år]
 Q_{out} totalt utflöde från recipienten [$m^3/år$]
 k_j sedimentationskoefficient för förorening j [$1/år$]
 h recipient average water depth [m]
 A_{rec} recipientens area [ha]
 1000 faktor för att erhålla rätt enhet
 10000 faktor för att erhålla rätt enhet

Recipientklassificeringen i StormTacmodellen är baserade på Naturvårdsverkets indelning. Där delas recipienterna in i fem olika klasser och för varje recipientklass har gränshalter för olika föreningar satts upp. I nedanstående tabeller (1-2) visas klassificering för metaller och fosfor.

Tabell 1. Tillståndsklassificering för metallhalter i sjövatten enligt Naturvårdsverket.

Klass/benämning	Metaller
1 – Mycket låga halter	Inga eller endast mycket små risker finns för biologiska effekter. Halterna representerar en uppskattning av halter i opåverkat vatten, där ingen mänsklig påverkan förekommer.
2 – Låga halter	Små risker för biologiska effekter. Majoriteten av vattnet inom denna klass har förhöjda metallhalter till följd av utsläpp från punktkällor och/eller långdistansspridning. Klassen kan dock inrymma halter som är naturliga i t ex vissa geologiskt avvikande områden. Haltförhöjning är sådana att mätbara effekter i allmänhet inte kan registreras.
3 – Måttligt höga halter	Effekter kan förekomma. Risken är störst i mjuka, närings- och humusfattiga vatten samt i vatten med lågt PH-värde. Med effekter menas här påverkan av arter eller artgruppers reproduktion och överlevnad i tidigare livsstadier, vilket ofta yttrar sig som en minskning av artens individantal. Minskat individantal kan medföra återverkningar på vattnets organismsamhällen och på hela ekosystemets struktur.
4 – Höga halter	Ökande risker för biologiska effekter.
5 – Mycket höga halter	Metallhalterna i klass 5 påverkar överlevnaden hos vattenlevande organismer redan vid kort exponering.

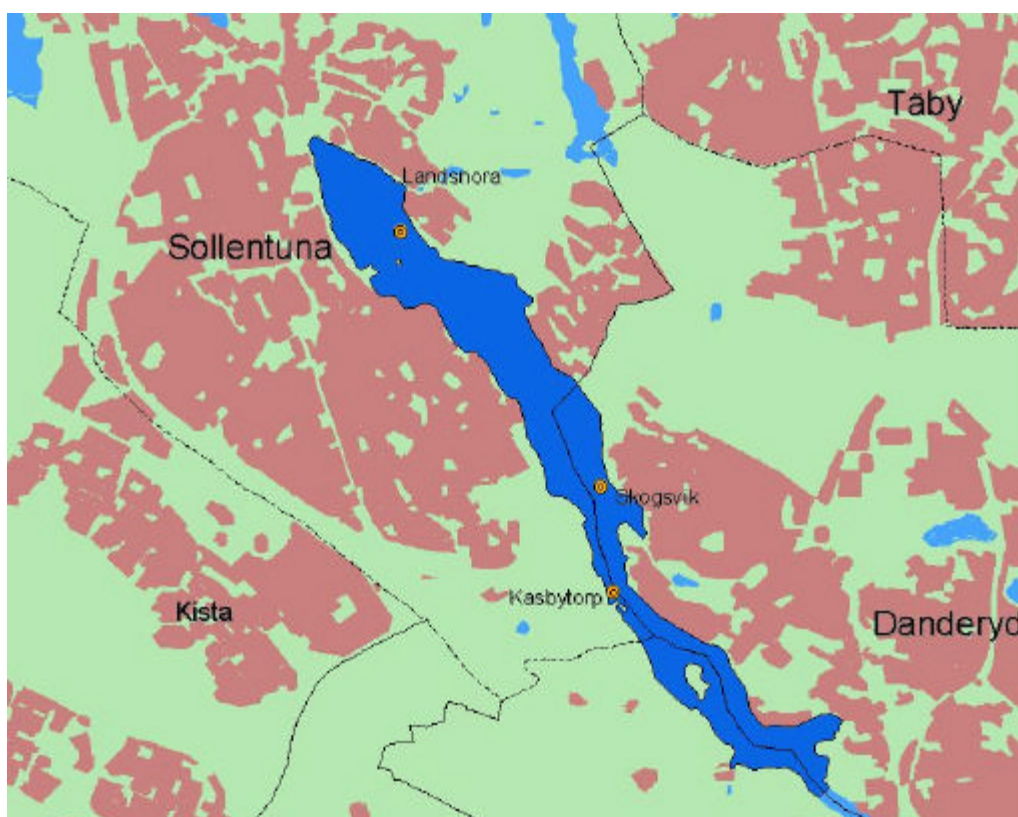
Tabell 2. Naturvårdsverkets tillståndsklassificering av fosforhalter i sjövatten.

Klass/benämning	Näringsämnen
1 – Låga halter	Oligotrofi – näringsfattigt vatten
2 – Måttligt höga halter	Mesotrofi
3 – Höga halter	Eutrofi – näringsrikt vatten
4 – Mycket höga halter	Eutrofi– näringsrikt vatten
5 – Extremt höga halter	Hypertrofi– mycket näringsrikt vatten

3.4 Provtagning

I syfte att kunna utföra beräkningar av den acceptabla belastningen för föreningarna utfördes kompletterande provtagning av Edsviken 2002-10-05.

Vattenmassan har provtagits i tre provpunkter, se Figur 2 och Tabell 3 nedan. En dagvattenkulvert mynnar vid Kasbytorp.



Figur 2. Provtagningspunkter

Tabell 3. Provtagningspunkter

Provpunkt	1	2	3
Namn	Landsnora	Skogsvik	Kasbytorp
RT90 Y (östlig koordinat)	1622757	1624530	1624638
RT90 X (nordlig koordinat)	6592227	6589973	6589035

3.5 Utförande

Provtagning har skett från båt och navigering har skett med en handhållen GPS.

Vattenprover har tagits av ytvatten och bottenvatten för de tre punkterna med hjälp av en Ruttnerhämtare.

Sedimentprover har tagits med hjälp av ett Ekmanhugg.

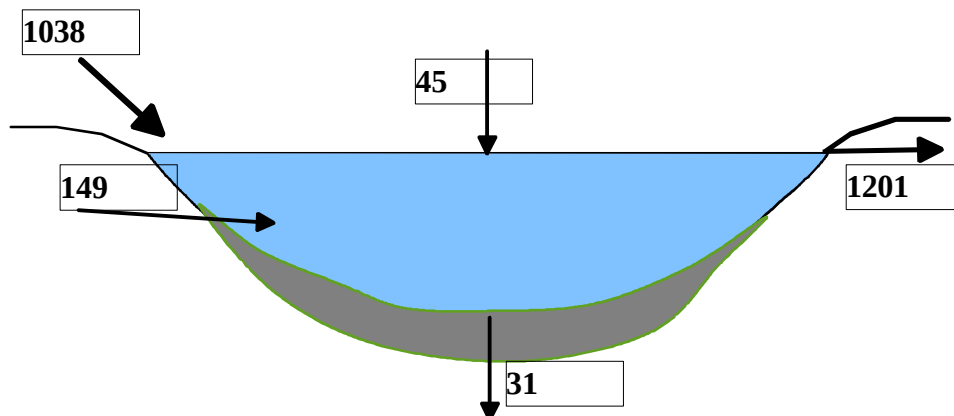
Syrehalt och temperatur har uppmätts var tredje meter.

Sjödjupet på de olika punkterna varierade från 6,5 till 17 m.

Analys av fosfor, kväve, metaller och olja har utförts av Sweco EcoAnalys. Analytica (SGAB) har utfört mer noggranna analyser av metallhalter i vattenproverna.

4 Resultat

Figur 3 visar en massbalans av det uppskattade fosforflödet till och från Edsviken, inkluderande bidraget från Säbysjön och Rösjön. Den beräknade föroreningsbelastningen på sjön inkluderar en uppskattad reduktion i Järvatunneln, Sollentunatunneln och våtmarken Nora träsk, se Bilaga 2.



Figur 3. Beräknade fosforflöden (kg/år) på sjön Edsviken via dagvatten/ytvatten (1038 kg/år), atmosfäriskt nedfall (45 kg/år), basflöde/grundvatten (149 kg/år) samt från sjön till sedimenten (31 kg/år) och ut från sjön via utloppet (1201 kg/år).

I Tabell 4 redovisas resultaten från acceptabel belastningsberäkningarna för att understiga Naturvårdsverkets klass 3 (Fall 1) för Edsviken. I Tabell 5 redovisas motsvarande för klass 4 (Fall 2).

Beräknade halter i Tabell 4 och 5 är med som jämförelse mot uppmätt halt, men används generellt bara för de ämnen vars halter inte är uppmätta eller är uppmätta men värdena ligger under detektionsgränsen (uppmätta halter används företrädesvis i modellen).

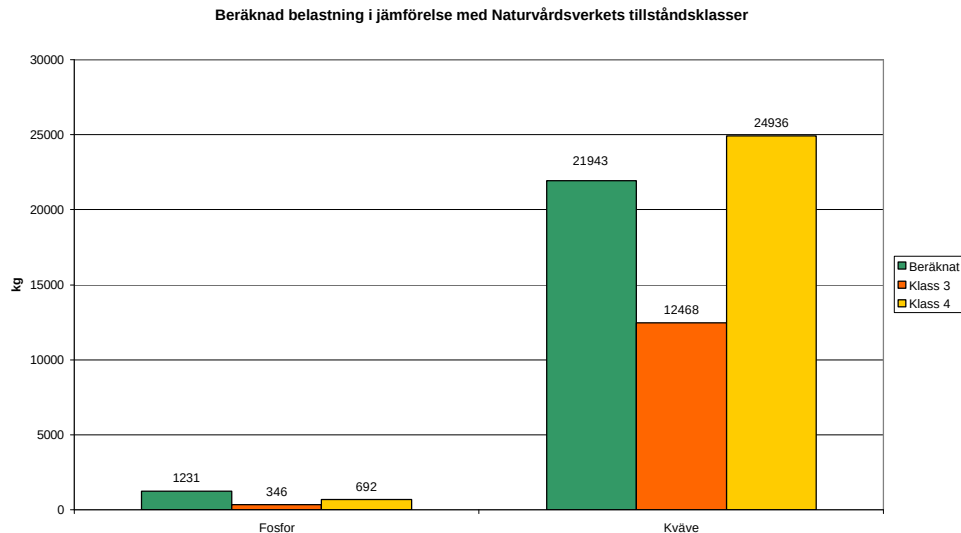
Tabell 4. Övre gränshalter för tillståndsklass 2 ("låg halt") enligt SNV (Naturvårdsverket), 1999, beräknade och uppmätta halter (P och N från 1990-2002 uppmätta av Sollentuna kommun; övriga ämnen är från provtagning SWECO VIAK 2002) i Edsviken, beräknad nuvarande belastning (StormTac, version 2003-01) och acceptabel belastning samt den belastningsreduktion som krävs för att nå ner till acceptabel belastning.

Ämne		Gräns- halt enl. SNV	Beräknad halt	Uppmätt halt	Beräknad belastning	Acceptabel Belastning	Belastnings- reduktion
		mg/l µg/l*	mg/l µg/l*	mg/l µg/l*	kg/år	kg/år	kg/år
Fosfor	P	0.025	0.087	0.089	1 231	346	886
Kväve	N	0.625	1.1	1.1	21 943	12 468	9 476
Bly	Pb	1*	0.14*	0.15*	87	581	-
Koppar	Cu	3*	0.9*	1.4*	206	442	-
Zink	Zn	20*	1.7*	3.0*	643	4 284	-
Kadmium	Cd	0.1*	0.02*	0.01*	3.2	32	-
Krom	Cr	5*	0.5*	0.12*	22	906	-
Nickel	Ni	15*	1.9*	1.9*	48	379	-

Tabell 5. Övre gränshalter för tillståndsklass 3 ("måttligt hög halt") enligt SNV (Naturvårdsverket), 1999, beräknade och uppmätta halter (P och N från 1990-2002 uppmätta av Sollentuna kommun; övriga ämnen är från provtagning SWECO VIAK 2002) i Edsviken, beräknad nuvarande belastning (StormTac, version 2003-01) och acceptabel belastning samt den belastningsreduktion som krävs för att nå ner till acceptabel belastning.

Ämne		Gräns- halt enl. SNV	Beräknad halt	Uppmätt halt	Beräknad belastning	Acceptabel Belastning	Belastnings- reduktion
		mg/l µg/l*	mg/l µg/l*	mg/l µg/l*	kg/år	kg/år	kg/år
Fosfor	P	0.05	0.087	0.089	1 232	692	540
Kväve	N	1.25	1.1	1.1	21 943	24 936	-
Bly	Pb	0.003	0.14*	0.15*	87	1 743	-
Koppar	Cu	0.009	0.9*	1.4*	206	1 327	-
Zink	Zn	0.06	1.7*	3.0*	643	12 853	-
Kadmium	Cd	0.0003	0.02*	0.01*	3.2	97	-
Krom	Cr	0.015	0.5*	0.12*	22	2 719	-
Nickel	Ni	0.045	1.9*	1.9*	48	1 137	-

Figur 4 åskådliggör Edsvikens belastning av näringsämnen i förhållande till den acceptabla belastningen. Resultatet är att den acceptabla belastningen överskrids för fosfor avseende både klass 3 och 4 samt för kväve för klass 3.



Figur 4 Beräknad årlig föroreningsbelastning av fosfor och kväve (första gröna stapeln i varje serie) i jämförelse med acceptabel belastning för Naturvårdsverkets klass 3 (andra orangea stapeln) respektive klass 4 (tredje gula stapeln).

Sjöns totala fosforbelastning bör understiga ca 350 kg/år för att nå ner till en fosforhalt på 25 µg/l (klass 3) och ca 700 kg/år för att nå ner till en fosforhalt på 50 µg/l (klass 4). På årsbasis indikerar modellen att det förekommer en sedimentation av fosfor från vattenmassan på ca 30 kg/år, se Figur 3.

Sjöns totala kvävebelastning bör understiga ca 12 000 kg/år för att nå ner till en kvävehalt på 0.6 mg/l (klass 3) och ca 25 000 kg/år för att nå ner till en kvävehalt på 1.25 mg/l (klass 4). Det senare är redan fallet då belastningen idag är ca 19 000 kg/år.

Cirka 900 kg fosfor och ca 9000 kg kväve per år bör renas för att nå den acceptabla belastningen för klass 2. Det blir mycket svårt att klara detta för fosfor annat än mer långsiktigt. Ett mer rimligt mål är att nå klass 3, som för fosfor innebär att understiga sjöhalten 50 µg/l. En belastningsreduktion på ca 540 kg fosfor per år erfordras för att nå ner till 50 µg/l fosfor.

Målet för klass 4 skulle innebära att övriga ämnen inte behöver renas för att underskrida dessa högre gränshalter (1.25 mg/l för kväve, 3 µg/l för bly och 9 µg/l för koppar), d.v.s. de högre gränshalterna överskrids inte. Reningsfokus ligger därmed inte på dessa ämnen, men det är självklart fördelaktigt att, i och med de åtgärder som bör

vidtas för näringsämnesreduktion, så reduceras även metall- och oljemängder m.fl. till och i sjön.

Nuvarande belastning av metaller är inte för hög med avseende på att gränshalten för klass 3 eller 4 underskrids. Gränshalterna för klass 3 överskrids dock för bly och koppar, se Tabell 4. Belastningen av dessa metaller på sjön bör alltså reduceras för att sjön skall nå klass 2 för metaller. Detta avser vattenmassan.

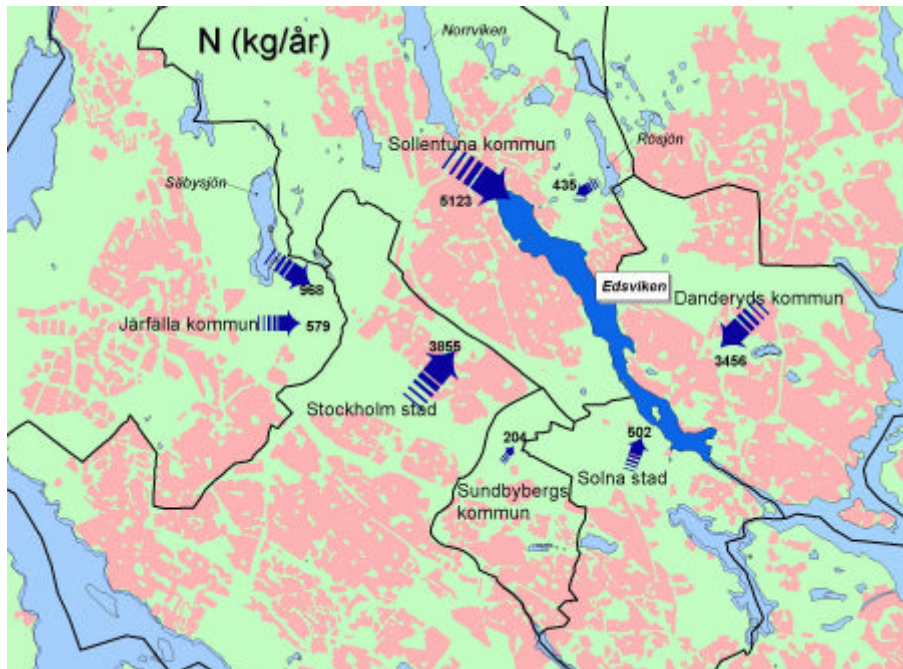
Det råder sannolikt en sedimentation av fosfor. Sedimenten utgör alltså en fälla och inte en källa för fosfor. Det bör klargöras att detta är på årsbasis och sålunda kan sjön tidvis vara internbelastad. Nettosedimentationen är så liten att det innebär att siffran sannolikt svänger upp och ner mellan olika år (och under respektive år) och att det relativt ofta lär förekomma en internbelastning från sedimenten till vattenmassan.

Tabell 6 redovisar beräknad vattenföring till och från Edsviken. Flöden emellan Edsviken och Lilla Värtan har dock inte beaktats i denna studie. Rubriken "inflöde" avser det totala inflödet till sjön från hela dess avrinningsområde. Dagvattenflödet, grundvattenflödet och nederbörden på Edsviken (exkluderande bidraget från sjöarna uppströms) presenteras nedanför detta totala inflöde.

Tabell 6. Beräknad vattenföring till och från Edsviken. StormTac, version 2002-09.

Vattenföring	Mängd (m ³ /år)
Utflöde (exkl. avdunstning)	13 489 000
Avdunstning från sjön	2 095 000
Inflöde:	15 584 000
- dagvattenflöde	5 836 000
- bas/grundvattenflöde	5 829 000
- nederbörd på sjön	2 258 000

Bilden på rapportens framsida åskådliggör de huvudsakliga fosforflödena i Edsvikens totala avrinningsområde. Figur 5 visar kväveflödena.



Figur 5 Presentation inkommande kvävetransport (kg/år) till Edsviken (efter uppskattad rening) från olika kommuner, samt från Söbysjön och Rösjön, i Edsvikens totala avrinningsområde. (Bild: von Scherling M., 2002).

I Tabell 7 presenteras och jämförs värdena från sedimentprovtagningen i Edsviken 2002 med resultat från 1988 (IVL) samt Naturvårdsverkets gränshalter. I Tabell 8 redovisas Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för övre gränshalter i sediment.

Sedimentproverna visar på måttligt höga kromhalter (klass 3) i samtliga tre provtagningspunkter. För koppar ligger sedimenthalterna i klass 4 (höga halter) i två av proven, det sista provet visar på en halt motsvarande klass 3. Nickelhalten ligger i två av tre provtagningspunkter inom gränsen för klass 3 och i en av provpunkterna i klass 4. Sedimenthalterna för zink är måttligt höga (klass 3) i två av tre provtagningspunkter medan den sista ligger inom gränsområdet för klass 2. Resultat för övriga metaller återfinns i klass 1 och 2 (mycket låga respektive låga halter). Sedimenthalterna av arsenik och kadmium har minskat sedan 1988 och ligger numera inte i de högre klasserna för negativa biologiska effekter.

Tabell 7. Sedimentprovtagning i Edsviken 2002 Jämförd med SNV:s bedömningsgrunder (se markeringar och Tabell 8) och undersökningen från 1988.

Parameter	Enhet	Provpunkt			Medel, ytskikt, 1988.
		1	2	3	
Alifater_C6-C16	mg/kg TS	<50	<50	<50	
Alifater_C16-C35	mg/kg TS	1000	950	<50	
N_tot	mg/kg TS	9900	9800	2300	
P_tot	mg/kg TS	860	940	410	1000
As	mg/kg TS	2,2	6,4	4,7	222,0
Cd	mg/kg TS	1,9	1,6	0,8	16,3
Cr	mg/kg TS	55,0	58,0	24,0	65,3
Cu	mg/kg TS	130,0	130,0	36,0	115,5
Ni	mg/kg TS	51,0	47,0	20,0	53,8
Pb	mg/kg TS	90,0	82,0	24,0	57,5
Zn	mg/kg TS	510,0	450,0	150,0	436,5
TS	%	7,5	7	36,4	9,2

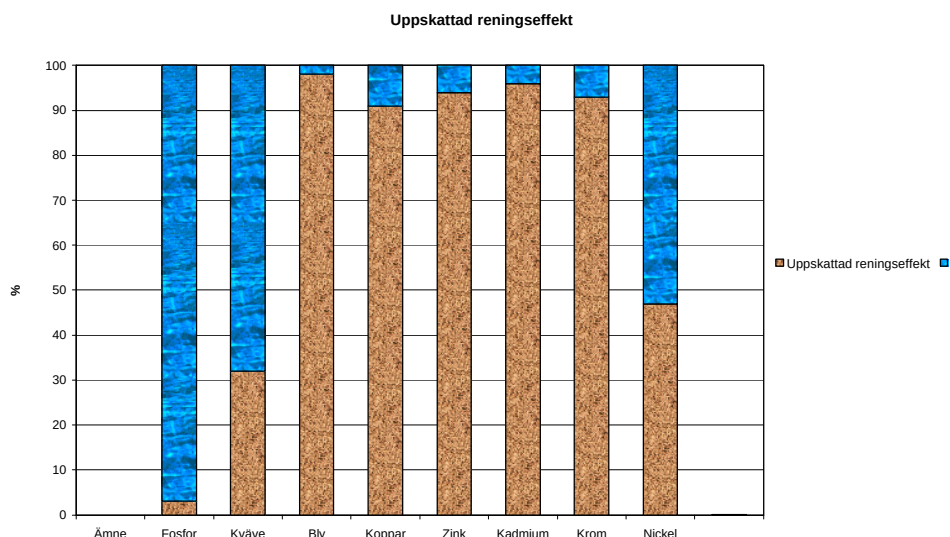
Tabell 8. Övre gränser i sediment enligt bedömningsgrunder SNV.

Parameter	Enhet*	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
		Mycket låg halt	Låg halt	Måttligt hög halt	Hög halt	Mycket hög halt
Alifater_C6-C16	mg/kg TS	Värden saknas				
Alifater_C16-C35	mg/kg TS					
N_tot	mg/kg TS					
P_tot	mg/kg TS					
As	mg/kg TS	5,0	10,0	30,0	150,0	Ingen
Cd	mg/kg TS	0,8	2,0	7,0	35,0	Ingen
Cr	mg/kg TS	10,0	20,0	100,0	500,0	Ingen
Cu	mg/kg TS	15,0	25,0	100,0	500,0	Ingen
Ni	mg/kg TS	5,0	15,0	50,0	250,0	Ingen
Pb	mg/kg TS	50,0	150,0	400,0	2000,0	Ingen
Zn	mg/kg TS	150,0	300,0	1000,0	5000,0	Ingen
TS	%	Värden saknas				

*avser ytsediment (0-1 cm)

En massbalansstudie och användande av genomsnittliga värden av uppmätta sjöhalter under de senaste åren indikerar att sjön Edsviken generellt har en nettosedimenteringseffekt av näringsämnen och metaller. Detta motsvarar att sjön har en reningseffekt på mellan 3-98%; lägst för fosfor för vilken nästan ingen reningseffekt alls finns och högst för bly. I Figur 6 presenteras de reningseffekter (%) som

sjöarna beräknats ha för de studerade näringsämnena och metallerna.



Figur 6 Edsvikens beräknade reningseffekter (%) på inkommande årlig belastning av näringsämnena och metaller. $P=3\%$, $N=32\%$, $Pb=98\%$, $Cu=91\%$, $Zn=94\%$, $Cd=96\%$, $Cr=93\%$ och $Ni=47\%$.

Tabell 9 fokuserar vidare på fosforbelastningen vilken bedömts som den mest kritiska för sjön Edsviken. Eftersom det är svårt att understiga halterna för klass 3 och 4 med rimliga kortsiktiga åtgärder så har beräknats vilken belastningsreduktion som krävs för att nå ner från årsmedelvärdet på ca 90 µg/l ner till 60-70 µg/l. För en fosforreduktion från 90 till 60 µg/l, blir den beräknade acceptabla belastningen till recipienten 830 kg/år och den mängd fosfor som behövs renas 400 kg/år, vilket kräver en reningseffekt på dagvattnet på 43 %. De beräknade värdena för en fosforreduktion från 90 till 70 µg/l blir 970 kg/år (L_{acc}) och 260 kg/år ($^{\Delta}L$) vilket motsvarar en reningseffekt på 28 %. För att klara dessa fiktiva mål behövs alltså en reningseffekt på mellan 28-43 % (det högre procenttalet gäller för att nå ner till den lägre halten) på dagvattnet från Edsvikens kringliggande område (exkluderande Säbysjön och Rösjön). Detta kan tyckas lite, men kan vara ett rimligt kortsiktigt mål med tanke på att inte alla tillflöden kan åtgärdas. Om man lyckas med denna reduktion så skulle fosforhalten i sjöns vattenmassa i årsmedeltal sänkas med 22-33 % jämfört med nuvarande förhållanden.

Denna studie har använt en metodik som bland annat baseras på massbalansekvationer och uppmätta sjöhalter i Edsviken. Detta ger

en bedömning att vi i årsgenomsnitt har en nettosedimentation av fosfor i Edsviken som motsvarar ca 30 kg/år eller att sjön har en reningseffekt på endast omkring 3 % avseende fosfor. Under kortare perioder under året och under vissa år är det dock sannolikt att internbelastning förekommer från sedimenten.

Av Sollentuna kommun uppmätta fosforhalter under tiden 1990-2002 (medel för yt- och bottenvatten) var ca 90 µg/l, men den halten varierade under den tiden normalt mellan ca 40-170 µg/l (extremvärden exkluderas). Dessa variationer ger att sedimentlasten översiktligt har beräknats variera mellan –1000 till 700 kg fosfor per år (medel 30 kg/år); minustecknet anger att en frigörelse från sedimenten kan uppkomma vissa år. Motsvarande uppmätta kvävehalter var 1.1 (0.6-1.5 mg/l) och sedimentbelastning av kväve på 7 000 (1 700 – 14 000) kg/år.

I Tabell 10 redovisas den beräknade totala fosforbelastningen till Edsviken och i Tabell 9 den belastningsandel avseende fosfor som kommer från respektive kommun i avrinningsområdet. Belastningen kommer i huvudsak ifrån de tre kommunerna Sollentuna, ca 54 %, Danderyd kommun, ca 30 % och Stockholms stad, ca 13 %. Kommunernas belastningsandel motsvarar ungefär kommunens andel av Edsvikens avrinningsområde. Värdena i tabellerna exkluderar bidragen från Säbysjön och Rösjön, dels eftersom erhållen data från kommunen exkluderade dessa sjöar och dels eftersom separata åtgärdsprogram bör studeras för dessa sjöar (om så utförs blir förhållandena bättre i Edsviken, men kortsiktigt har vi valt att inte räkna med sådana förbättringar vilket också ger en säkerhetsmarginal i beräkningarna). En beräkning av andelen av belastningen av dessa sjöar av den totala belastningen på Edsviken är för Säbysjön 1-2 % för metaller och 5-6 % för näringsämnen samt för Rösjön 0.5-2 % för metaller och 1-2% för näringsämnen. Detta ger alltså en liten ökning av bidraget från Järfälla kommun avseende Säbysjön och från Sollentuna kommun och Danderyd kommun avseende Rösjön, med ett mycket litet bidrag från Täby kommun (ej listad i tabellerna) avseende Rösjön. Det bör observeras att denna begränsning bara gäller tabellerna 9 och 10. Avseende beräkning av den totala belastningen på Edsviken, beräknad sjöhalt, acceptabel belastning och erforderlig belastningsreduktion (redovisade i tabellerna 4-5) har vi inkluderat bidraget från Säbysjön och Rösjön.

”Rening” i Tabell 9-10 avser belastningen efter uppskattad rening i Järvatunneln, Sollentunatunneln och Nora träsk. Uppskattningen avseende tunnarna är utförd efter en jämförelse av beräknade och

uppmätta halter i tunnlarna. På grund av relativt höga reningseffekter och med vetskap att stora flöden kan föra med sig en del av det sedimenterade materialet har reningseffekterna reducerats i beräkningarna av acceptabel belastning. Reningseffekterna (%) i Nora träsk har antagits vara desamma som uppmätts och har beräknats i en befintlig våtmark (f.d. "Lillsjön") i Salems kommun, vid sjön Flaten. De värden som använts som indata redovisas i den sista kolumnen i Tabell 10. Reningseffekterna som använts redovisas i Bilaga 2.

Tabell 9. Avrinningsområden (inklusive sjöyta) till Edsviken för respektive kommun exkluderande Säbysjöns (665 ha) och del av Rösjöns (335 ha) avrinningsområden. Belastningsbidrag i procent (%) av total fosforbelastning till Edsviken för respektive kommun inom Edsvikens avrinningsområde, exkluderande bidragen från Säbysjön och Rösjön. Om de senare skulle inkluderas ökar bidraget från Järfälla med 5-6%, samt bidraget från Sollentuna och Danderyd med 1-2%. Motsvarande minskning blir följden för övriga kommuner.

	Danderyd kommun	Järfälla kommun	Sollentuna kommun	Solna Stad	Stockholm Stad	Sundbyberg kommun
Yta (ha)	1256	221	2047	327	1239	134
Ytandel (%)	24	4	39	6	24	3
Bel. Andel (%)	25	1.2	44	1.4	28	0.4
Ej rening						
Bel. Andel (%)	29.5	1.6	53.5	1.9	13	0.5
Rening						

Tabell 10. Belastning (kg/år) av dagvatten och basflöde/grundvatten på Edsviken, exkluderande bidragen från Säbysjön och Rösjön.

	Totalt rening	Totalt ej rening	Totalt valt/indata
P	1 053	1335	1073
N	14 664	15321	15122
Pb	54	105	77
Cu	150	239	186
Zn	446	734	551
Cd	2.3	3.6	3.0
Cr	15	27	21
Ni	38	55	46

Att andelen fosforbelastning som Sollentuna står för, enligt Tabell 9, ökar efter uppskattade reningseffekter förklaras av att reningseffekten av fosfor som skett, enligt mätningarna, är större i Järvatunneln (Stockholm) än i Sollentunatunneln. Att Danderyds andelar också ökat förklaras också det av Järvatunnelns reningseffekt på dess stora

flöden. Förutsatt att det överslagsmässigt uppskattade avrinningsområdet till Nora träsk (Danderyd) är riktigt (det är relativt litet) så ökar Danderyds andel trots en uppskattad rening i våtmarken. Vi rekommenderar att studera belastningen från Danderyd mer detaljerat inkluderande en mer noggrann uppskattning av belastningen genom Nora träsk. Samma andelar gäller inte alla ämnen, men eftersom det finns osäkerheter i beräkningarna och mätningarna och då fosforbelastningen bedömts som viktigast för Edsviken så redovisas endast fosforandelar i Tabell 9. Med hänsyn till dessa osäkerheter så bedöms varje kommuns andelar av föroreningsbelastningen vara någonstans mellan andelarna vid fallet "ej rening" och "rening" i tabellen.

Underlaget för avrinningsområdets storlek och storleken på respektive kommuns avrinningsområde till Edsviken i Tabell 9 är tillhandahållet av Sollentuna kommun genom digitaliserade kartor och tabeller i GIS-programmet MapInfo. Systemgränsen är som nämnts tidigare dragen vid utloppet från Säbysjön och Rösjön, varmed dessa sjöars avrinningsområden inte är inkluderade i tabellen. I beräkningarna har dock vatten- och massflödena från dessa sjöar medräknats. Detta har utförts relativt noggrant genom separata beräkningar och vatten- och massbalansstudier för sjöarna. Uppmätta data har använts för Säbysjön (Linder, 2002), men bara beräknade data har använts för Rösjön. De resulterande vatten- och massflödena från respektive sjö utgör alltså indata till beräkningarna för Edsviken och har sammanställts i Bilaga 2.

Säbysjöns avrinningsområde inkluderande Säbysjöns yta är 6.65 km² (Linder, 2002). Motsvarande avrinningsområde för Rösjön är 6 km², men enligt Sollentuna kommuns hemsida har Rösjön två utlopp; ett leder till Edsviken och det andra till Fjätturen. En bidragande yta på 3.35 km² ger ett totalt avrinningsområde till Edsviken på 62 km² inklusive sjöyta. Vi har i beräkningarna därför antagit att andelen av vatten- och massflödet från Rösjön till Edsviken är 3.35/6. Även om detta inte skulle vara helt överensstämmande med verkligheten, så är felet som detta resulterar i på Edsviken bedömt som litet i förhållande till övriga osäkerheter. Det totala avrinningsområdet 62 km² inklusive sjöyta som uppskattats här är i enlighet med tidigare studier. Enligt Enell (1988) var avrinningsområdet också 62 km² och vattenföringen till Edsviken 14.2 miljoner m³/år. I denna studie visade resultatet av vattenbalansen motsvarande vattenföring var 13.8 miljoner m³/år, d.v.s. vi har en god överensstämmelse med tidigare studier.

5 Slutsatser

Beräkningarna tyder på att det i årsmedeltal förekommer en för stor belastning av fosfor och kväve till sjön. Både beräknade och uppmätta halter visar på att Edsviken är för hårt belastad av näringsämnen.

Beräkningarna indikerar att den största delen av belastningen kommer från kommunerna Sollentuna, Stockholm och Danderyd. En minskning av framförallt fosfor- eller kvävebelastningen rekommenderas och det kan vara aktuellt att vidta åtgärder för att minska belastningen. Ett samarbete mellan framförallt kommunerna Sollentuna, Stockholm och Danderyd rekommenderas för att kunna sänka halterna och mängderna föroreningar i Edsviken.

Fosforbelastningen är sannolikt mest aktuell att reducera men det är fördelaktigt att använda reningsmetoder som även leder till effektiv rening av kväve och metaller med flera föroreningar. Det har bedömts som rimligt att relativt kortsiktigt och med kända metoder (t.ex. öppna dammar, översilningsytor och våtmarker) kunna sänka fosforhalten i sjön med ca 20%. Målet med framtida reningsåtgärder bör diskuteras och utredas vidare.

En översiktlig beräkning av erforderliga ytor för nämnda typer av åtgärder har utförts med StormTac. Vi har utgått från kortsiktiga åtgärder som krävs för att nå ner fosforhalten från i årsmedel ca 90 µg/l ner till 60-70 µg/l. För att klara dessa fiktiva mål behövs, som nämnts tidigare, en reningseffekt avseende fosfor på 28-43 % på dagvattnet från Edsvikens kringliggande område (exkluderande Säbysjön och Rösjön). De ytor som totalt skulle behövas inom detta område för dammar och översilningsytor är i storleksordningen 60 000 m² – 140 000 m² (6-14 ha), beroende på platsspecifika förhållanden och vald utformning och typ av åtgärd. Det rör sig alltså om stora ytbehov. Men, som jämförelse är den totala ytan av Flemingsbergsvikens våtmarksanläggning i Huddinge kommun ca 18 ha. Angivet ytbehov gäller bara under förutsättning att allt flöde kommer in till sjön i en punkt. I praktiken kommer därför det totala ytbehovet att minskas; till större del ju fler anläggningar på olika platser som konstrueras. Detta bör studeras vidare och man behöver veta belastningen från de större tillflödena för att få mer relevanta resultat. I Figur 7 skissas ytbehovet 10 ha in som en jämförelse. Anläggningskostnaden beror också starkt på platsspecifika förhållanden, men ligger enligt en grov schablonmässig uppskattning i

storleksordningen 5-10 miljoner kronor (ungefär motsvarande vad 1 cirkulationsplats kostar).



Figur 7 Skisserat totalt ytbehov (10 ha) för dagvattenanläggningarna.

Vi föreslår som fortsatta studier att åtgärdsförslag tas fram. Principiella åtgärdsalternativ vid aktuella platser inom avrinningsområdet (dels vid utsläppspunkten dels vid olika platser uppströms inom avrinningsområdet) tas fram med beaktande av bedömd erforderlig belastningsreduktion för att nå en acceptabel belastning enligt denna rapport, och genom att utföra fältundersökningar vid aktuella åtgärdsplatser. Det bör bedömas om dessa åtgärder ger bra/märkbar effekt i förhållande till vad som erfordras för recipienten och om de skall/bör kompletteras eller ersättas av andra åtgärder inom det totala studerade avrinningsområdet.

Åtgärdsprioritering sker med hänsyn till recipientkänslighet, genomförbarhet, reningseffektivitet m.m. Nästkommande steg som rekommenderas är val av åtgärder och utredning följt av projektering av åtgärder.

6 Referenser

Enell M. (1998): *Edsviken – Sediment. Tungmetallundersökning sommaren 1988*. Institutionen för Vatten- och Luftvård (IVL), Stockholm

Karlsson M. (2002). Beskrivning och utvärdering av recipientmodellen i dagvattenmodellen StormTac. Examensarbete, KTH och SWECO VIAK (Larm T.).

Larm T. (2003): *An operative watershed management model for estimating existing and acceptable pollutant loads on receiving waters and for design of the corresponding required treatment facilities*. Artikel till konferensen "Dagvatten i kallt klimat", Riksgränsen 25-27 mars 2003.

Larm T (2001): *Gränshalter för dagvatten*, PM 2001-10-19.

Larm T. (2000): *Watershed-based design of stormwater treatment facilities: model development and applications*. Doktorsavhandling, avd. för vattenvårdsteknik, KTH.

Larm T. (1998): *Klassificering av dagvatten och recipienter, samt riktlinjer för reningskrav*. PM 1998-12-18 på uppdrag av Gatu- och fastighetskontoret, Stockholms Stad. VBB VIAK, Stockholm.

Larm T. (1997): *PM. Schablonhalter av föroreningar och näringsämnen i dagvatten. En litteratursammanställning med uppdelning i olika markanvändning*. VBB VIAK, Stockholm, på uppdrag av Gatu- och fastighetskontoret, Stockholms Stad.

Linder M. (2002). Acceptabel belastning på Säbysjön. PM 2002-07-31, SWECO VIAK, Stockholm, på uppdrag av Järfälla kommun.

Linder M. och Larm T. (2002): *Dagvattenföroreningsberäkningar för Sollentuna Kommun*. PM, VBB VIAK, Stockholm, på uppdrag av Sollentuna kommun.

Reckhow K.H. (1988). *Empirical models for trophic state in south-eastern U.S. lakes and reservoirs*. Wat. Res. 24:723-734.

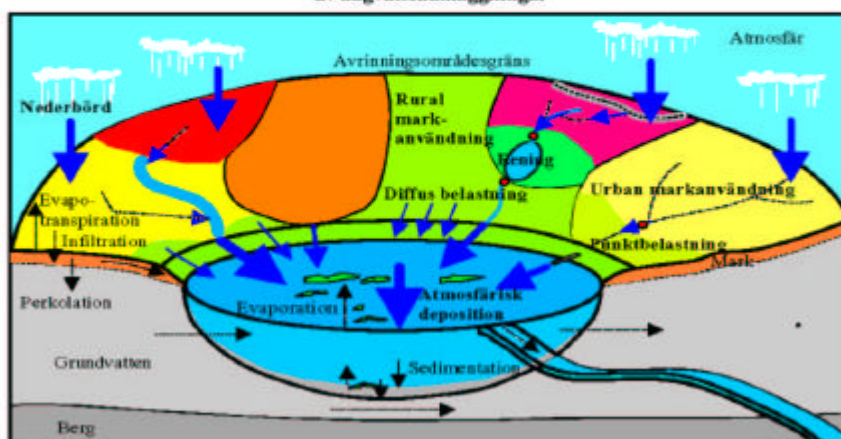
Vollenweider R.A. (1975). *Input-output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology*. Schweiz. Z. Hydrol. 37:58-84.

Bilaga 1. Beskrivning av dagvattenmodellen StormTac

StormTac - Produktspecifikation

2002-05-31

StormTac är en dagvattenmodell för beräkning av föroreningstransport och dimensionering av dagvattenanläggningar



Systemkrav och användarinformation

- Microsoft Excel 2000 eller senare erfordras.
- Modellspråket är engelska.
- Nummerformatet i Windows måste vara punkter och decimaltecken måste skrivas med punkter i modellen.

Bakgrund

Metaller och näringsämnen är exempel på föroreningar i dagvatten som kan leda till giftiga och eutrofiska effekter i vattenrecipienter. Kraftiga intensiva dagvattenflöden kan också orsaka översvämningar i urbana områden. StormTac är planeringsverktyget som kan föra dig ett steg närmare en hållbar dagvattenhantering.

Användningsområden

StormTac kan hjälpa dig att:

- beräkna dagvattenflöden, koncentrationer och mängder av föroreningar i utsläppspunkterna och från olika markanvändning.
- jämföra uppmätta/provtagna data med beräknade.
- identifiera de största föroreningskällorna och utsläppplatserna till en recipient.
- ställa upp vatten- och massbalanser för recipienter.
- uppskatta acceptabla belastningar på recipienter och den föroreningsreduktion som erfordras.
- välja, utforma och dimensionera anläggningar för rening och utjämning av dagvatten såsom öppna dammar, översilningsytor, konstruerade våtmarker, öppna diken och fördröjningsmagasin.
- uppskatta effektiviteten av den dimensionerade reninganläggningen.

Några unika egenskaper

- enkel att använda (Excel).
- erfordrar lite indata.

- beaktar både punktvisa och diffusa föroreningslaster, basflöde och atmosfärisk deposition.
- integrerar avrinningsområdets och avrinningsens egenskaper med dagvattenanläggningar och recipientpåverkan.

Modellresultaten presenteras i flödesschema (se nästa sida), i tabeller och diagram. De kan också länkas till andra databaser och GIS.

Databaser

StormTac inkluderar databaser med nederbördsdata, avrinningskoefficienter, föroreningshalter och renings-effekter.

Erforderlig indata

Modellen erfordrar lite indata. Avrinningsområdets yta (ha) per markanvändning (t.ex. villor, vägar och skog) är enda obligatoriska indata. Trafik-intensitet (fordon/dygn) behövs om föroreningslaster från större vägar inom avrinningsområdet skall uppskattas. Recipientens area och volym behövs för att uppskatta den acceptabla belastningen. De inkluderade databaserna kan hjälpa dig att utföra mer tillförlitliga beräkningar genom att låta dig ändra andra indata såsom nederbörd (mm/månad eller mm/år), avrinningskoefficienter och vattendjup.

Modellparametrarna kan justeras mot mätdata för att säkerställa att plats specifika förhållanden beaktas. I sådana fall behövs även uppmätt flöde ($m^3/år$ eller $m^3/månad$), lokal nederbörd (mm/år eller mm/månad) och provtagna koncentrationer (mg/l eller $\mu g/l$).

Beräkningsmetoder

Huvudmetodiken har granskats internationellt genom vetenskapliga artiklar och en doktorsavhandling.

Excelmodellen har utvecklats för att automatisera beräkningarna genom att använda schablonvärden som är specifika för varje markanvändning. Den är bäst lämpad för långsiktiga prediktioner. Dagvattenflöden beräknas från nederbördsdata, områdesspecifika avrinningskoefficienter och uppskattade areor. Föroreningarnas massflöden (kg/år) kvantifieras från beräknat flöde och från schablonhalter. Schablonhalterna uppskattas empiriskt från en stor mängd flödesproportionellt provtagna koncentrationer, vilket bidrar till deras generellt accepterade användning för denna typ av föroreningstransportberäkningar.

Följande föroreningar beräknas: fosfor (P), kväve (N), bly (Pb), zink (Zn), koppar (Cu), kadmium (Cd), krom (Cr), nickel (Ni), kvicksilver (Hg), olja, suspenderad substans (SS; partiklar), polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och Bens(a)pyren (BaP; en PAH).

StormTac inkluderar flertalet submodeller för dimensionering av olika dagvattenanläggningar. Användaren kan välja mellan en relativt detaljerad och en snabb, enkel dimensionering. De resulterande dimensionerna som erhålls genom att tillämpa olika metoder och genom att ändra parametervärden kan lätt studeras och jämföras. Exempel på inkluderade dimensioneringsparametrar är avrinningskoefficienter, markanvändningsareor, permanent vattendjup, reglerhöjd, släntlutning, regndjup, utflöde, tömningstid och reningseffekt.

Dimensionerings-metoderna har tillämpats på ett stort antal fallstudier, från utredningar till slutgiltiga bygghandlingar.

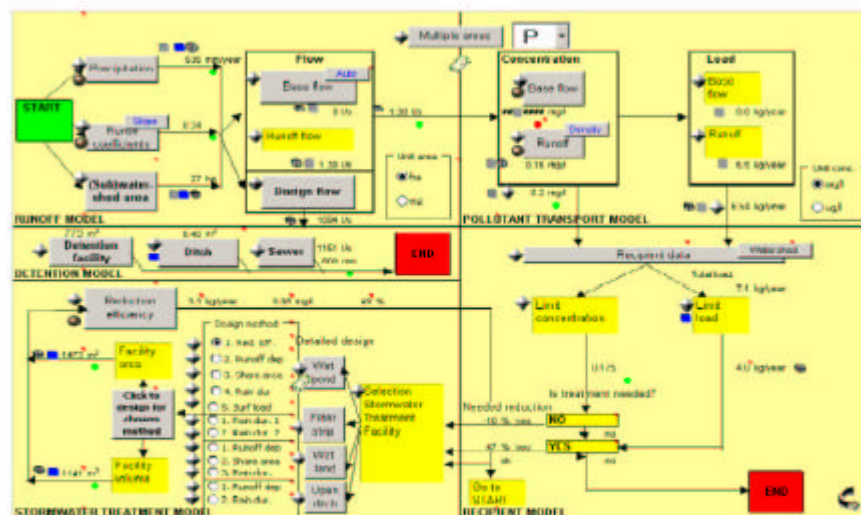
Fallstudier

StormTac har tillämpats t.ex. på följande fallstudier, där * indikerar att kalibrering eller jämförelse mot mätdata utförts:

Nybohov*, Stockholm (bostadsområde)
Essingeleden*, Stockholm (väg)
Sätra*, Stockholm (bostadsområde)
Sjön Flaten*, Salem (bostadsområde)
Flemingsbergsviken*, Huddinge (blandat)
Lidingö Stad* (blandat)
Tyresö kommun (blandat)
Upplands Väsby kommun (blandat)
Fittja, Botkyrka (bostadsområde)
Reykjavik, Island (bostadsområde)
Kaliningrad, Vitryssland (väg)
Titicacasjön, Peru och Bolivia (blandat)

För ytterligare information, vänligen kontakta:

thomas.larm@sweco.se
thomas.larm@horne.se
tel 08 695 63 08
mobil 0708 707 632
<http://www.sweco.se>
http://hem.passagen.se/larm007/page2_stormtac.htm



Bilaga 2. Indata till beräkningarna

Sjödata								
Volym	V _{rec}	28500000	m ³					
Area	A _{rec}	355	ha					
Medelvattendjup	h	8.0	m					
Omsättningstid	t _{dr}	2.11	år					
	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni
	mg/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Halt i vattenmassan	0.089	1.1	0.2	1.4	3	0.01	0.12	1.9
Avrinningsområde								
Avrinningsområde (inkl. sjö)		4866	ha					
Tillrinningsområde		4511	ha					
-Villor		509	ha					
-Radhus		509	ha					
-Flerfamiljshus		237	ha					
-Fritidshus		14	ha					
-Centrum		113	ha					
-Industri		223	ha					
-Ytvatten (atmosfärsik dep.)		10	ha					
-Skog		1676	ha					
-Jordbruk		219	ha					
-Äng		1344	ha					
-Våtmark		13	ha					
Extra punktflöden från uppströms liggande sjöar (Säbysjön och Rösjön)								
Totalt punktvis vattenflöde		1660973	m ³ /år					
- Säbysjön		1056547	m ³ /år					
- Rösjön		604425	m ³ /år					
	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni
	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år
Totalt punktvis extra massflöde	113	1403	2.9	9.2	24	0.07	0.4	1.0
- Säbysjön	95	968	2.0	3.2	12	0.05	0.3	0.4
- Rösjön	18	435	0.9	6	12	0.02	0.1	0.6
Totalt reducerat massflöde	262	199	28	53	183	0.6	6	9
-Järvatunneln	251	128	27	49	174	0.6	6	8
-Nora träsk	11	71	1	3	8	0.009	0.45	0.54

Bilaga 3. Uppskattade reningseffekter

