BILAGA M1

Modellstudie av Ryaverkets påverkansområde

Utredning inför ansökan om förnyat miljötillstånd

Gryaab AB

Rapport

Augusti 2017

The expert in WATER ENVIRONMENTS

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

Modellstudie av Ryaverkets påverkansområde

Utredning inför ansökan om förnyat miljötillstånd

Framtagen för	Gryaab AB
Kontaktperson	Jan Mattsson

Projektledare	Hanna Corell
Kvalitetsansvarig	Patricia Moreno Arancibia
Handläggare	Hanna Corell, Sofia Hjalmarsson och Christin Eriksson

Uppdragsnummer	12803297
Godkänd datum	2017-08-22
Version	Rapport 1.0
Klassificering	Öppen

DHI Sverige AB (license registration only) • Drakegatan 6, 6 tr • SE-412 50 Göteborg • Sweden
Telefon: +46 31 808790 • Fax: +46 31 152120 • info@dhi.se • www.dhi.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 Sammanfattning 3

2 Introduktion 4

3 Metod 5
3.1 Studiens upplägg 5
3.2 Spridningsmodellen 6
3.2.1 Modelldomänen 7
3.2.2 Indata från Ryaverket till spridningsmodellen 8
3.2.3 Modellerad indata till spridningsmodellen för framtida scenario 8
3.3 Jämförelsemåttet σ 9
3.4 Badvattenanalys 11

4 Ryaverkets påverkan på recipienten 13
4.1 Påverkansområdet för totalkväve under sommarmånaderna 13
4.2 Påverkansområdet för totalfosfor under sommarmånaderna 14
4.3 Djuputbredningen av de tillförda kväve- och fosforhalterna. 15
4.4 Största utbredningsområde av kväve och fosfor från Ryaverket. 16
4.5 Utspädning i recipienten 18

5 Den alternativa utsläppspunkten vid Vinga 20

6 Scenarier för utsläpp 2030 22
6.1 Totalkväve år 2030 22
6.2 Totalfosfor år 2030 23

7 Bakteriehalter i badvattnet 24

8 Diskussion 25

9 Referenser 26

FIGURER

Figur 1-1 Kustvattenförekomster runt Göteborgsområdet. 4
Figur 3-1 Domänen för spridningsmodellen med detalj över utsläppspunkterna vid Ryaverket och Vinga, samt kartbild med mätstationerna 1) Valö, 2) Älvsborgsbron, 3) Skalkorgarna och 4) Danafjord. 7
Figur 3-2 Mätdata för flöde och halter av N-tot och P-tot ut från Ryaverket som användes som indata till spridningsmodellen. 8
Figur 3-3 Modellerat flöde av renat avloppsvatten och halter totalkväve ut från Ryaverket februari 2030 som användes som indata till spridningsmodellen för ett framtidsscenario. 9
Figur 3-4 Årlig transport av total-kväve och årsmedelvattenföring för Göta älv, samt kvävetillförsel från Gryaab och övriga punktkällor. Från DHI rapport *Analys av miljötillståndet 2000-2015 /2/.* 10
Figur 3-5 Badplatser, listade på HaVs ”badplatsen”, som ingår i badvattenanalysen. 12

Figur 4-1 Påverkansområde för totalkväve från Ryaverket i ytan under sommarmånaderna plottat i relation till referensvärdet σ (A) och i mg/l (B). De uppmätta medelhalterna för samma tidsperiod för mätstationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord visas i orangea rutor som referens. 13
Figur 4-2 Påverkansområde för totalfosfor från Ryaverket i ytan under sommarmånaderna plottat i relation till referensvärdet σ (A) och i mg/l (B). De uppmätta medelhalterna för samma tidsperiod för mätstationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord visas i orangea rutor som referens. (Både Skalkorgarna och Danafjord ligger utanför kartan i panel B) 14
Figur 4-3 Utbredningen av påverkansområdet närmast verket utsläppspunkt under sommar-månaderna. Övre panel visar området närmast Ryaverket med tvärsnittets placering utmärkt, undre panelen visar tvärsnittet. 15
Figur 4-4 Största potentiella påverkansområde för totalkväve och totalfosfor från Ryaverket under det modellerade året 2014. 16
Figur 4-5 Ryaverkets största utbredningsområde för A) totalkväve och B) totalfosfor skalat efter den sammanlagda tid som halterna varit högre än σ för Valö. 17
Figur 4-6 Utspädningsgrad i recipienten av medelhalten av ett generiskt ämne från Ryaverket för hela året 2014. 18
Figur 5-1 Utbredningen av påverkansområdet från utsläppspunkten vid Vinga under sommarmånaderna. Övre panel visar tvärsnittets placering, undre panelen visar tvärsnittet. Utsläppspunkten ligger vid IP5. 20
Figur 5-2 Ryaverkets potentiella påverkansområde vid botten för totalkväve vid utsläpp från Vinga under sommarperioden (april-september) skalat efter den sammanlagda tid som halterna varit högre än σ för Valö. 21
Figur 6-1 Största potentiella påverkansområde för totalkväve från Ryaverket under det modellerade scenariot för 2030. Figurerna är skalade efter σ för Valö på samma sätt som i Figur 4-4 A. 22
Figur 6-2 Största potentiella påverkansområde för totalfosfor från Ryaverket baserat på beräknad årsbelastning för 2030. Figurerna är skalade efter σ för Valö på samma sätt som i Figur 4-4 panel B. 23
Figur 7-1 Sammanlagd tid under perioden maj-september 2014 som bakteriehalten i recipienten nådde nivåer som medför anmärkning på badvattenkvalitén. 24
Figur 8-1 Ryaverkets största utbredningsområde för totalkväve med A) Valö som definition på opåverkad recipient och med B) Danafjord som definition på opåverkad recipient. 25

TABELLER

Tabell 3-1 Medelvärden och standardavvikelser för halterna totalkväve och totalfosfor för BVVFs mätstationer inom modellområdet, för perioden april-september 2000-2015, 0-2 m djup. 10
Tabell 3-2 Badplatser som analyseras i badvattenanalysen 11
Tabell 3-3 Gränsvärden för fekala indikatorbakterier. Tabell från Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (HVMFS 2012:14) om badvatten. 12

1 Sammanfattning

Inför en ansökan om förnyat miljötillstånd behöver Gryaab utreda omfattningen av spridningen av näringsämnen mm från Ryaverket ut i recipienten. För att beräkna spridningsområdets storlek har en modell av cirkulationen och dynamiken i havet utanför Göteborg satts upp i DHIs MIKE 3 FM. Utredningen rör främst totalkväve och totalfosfor i det renade avloppsvattnet, men innehåller även en uppskattning av spridning och spädning av andra ämnen. Påverkansområdenas storlek relateras till kustvattenförekomsterna i området, se Figur 1-1.

Resultatet av modelleringen visar att påverkansområdet för totalkväve är betydligt mer omfattande än det för totalfosfor. Under sommarhalvåret sträcker sig Ryaverkets påverkansområde för totalkväve till Rivöfjorden och de inre delarna av Danafjord och för totalfosfor till de inre norra delarna av Rivöfjorden. Detta är en naturligt följd av att verket släpper ut högre halter av kväve än fosfor, samt att Ryaverkets bidrag av kväve i relation till bakgrundshalten i området är större för kväve än för fosfor.

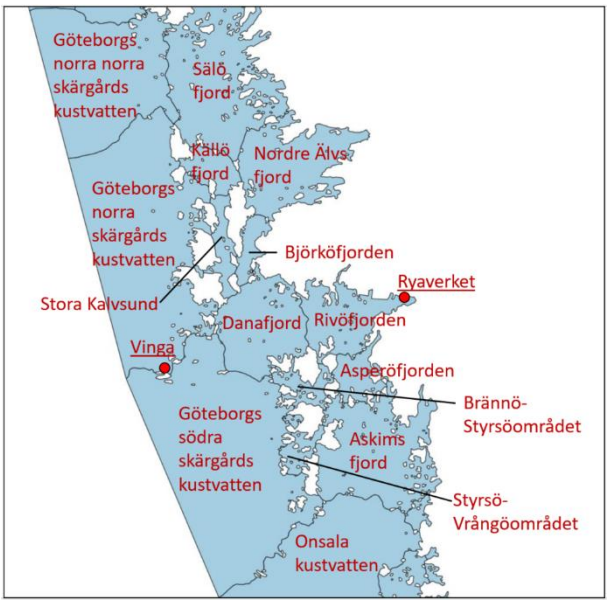
Utsläppspunkten från Ryaverket ligger ytligt och djuputbredningen av påverkansområdet omfattar de två översta metrarna i vattenpelaren. För att undersöka det potentiellt största påverkansområdet undersöktes även ett ”års-värsta” under modellperioden. För totalkväve omfattade detta område Rivöfjorden, Danafjord och Björköfjorden, för totalfosfor de inre norra delarna av Rivöfjorden.

En framtidsprognos med scenarier för belastningen på verket år 2030 visade att storleken på påverkansområdet för totalkväve minskade och det för totalfosfor ökade något.

En alternativ utsläppspunkt vid Vinga ger inget påverkansområde vid ytan enligt det sätt som påverkan definierats i den här studien. Under språngskiktet påverkas delar av Danafjord och Göteborgs norra och södra skärgårds kustvatten.

I sällsynta fall, vid ofördelaktiga förutsättningar, kan halterna av intestinala indikatorbakterier från Ryaverket komma upp i halter som skulle ge anmärkning vid badvattenprovtagning vid två badplatser närmast verket. De badplatser som påverkades, Aspholmen och Asperö, påverkades sammanlagt en respektive två timmar under perioden maj till och med september under det modellerade året.

Genom att titta på utspädningseffekten kan man göra en uppskattning av hur Ryaverkets utsläpp av särskilt förorenande ämnen och prioriterade ämnen kan påverka ytvattenstatusen i recipienten. Förutsatt att Ryaverket är enda källan av dessa ämnen, kommer utspädningen medföra att man för merparten av ämnena klarar gränsvärdet redan i vattenområdet närmast Ryaverket.



Figur 1-1 Kustvattenförekomster runt Göteborgsområdet.

2 Introduktion

Göteborgsregionens avloppsreningsverk, Ryaverket, ligger beläget på södra Hisingen med utsläppspunkt vid Rya Nabbe i mynningen till Göta Älv. Verket drivs av Gryaab AB och är ett av Sveriges största med avseende på antal anslutna. Inför en ansökan om ett förnyat miljötillstånd som ska lämnas in under 2017 behöver Gryaab redovisa för Länsstyrelsen i Västra Götalands län hur rester av kväve och fosfor i det renade avloppsvattnet från Ryaverket sprids i recipienten. Syftet är att visa hur stort havsområde som potentiellt kan påverkas av utsläpp från verket. Spridningen från en möjlig framtida utsläppspunkt utanför Vinga ska också undersökas. För att beskriva spridningen från de två utsläppspunkterna har DHI tagit fram en spridningsmodell för vattnen utanför Göteborg och Ryaverket. Med hjälp av mätdata som beskriver verkets faktiska utsläpp har de resulterande halterna i havsvattnet, och påverkansområdets storlek beräknats för året 2014.

Denna rapport innehåller en beskrivning av studiens upplägg, resultat i form av kartor och beskrivningar över påverkansområdets storlek, samt en diskussion av resultaten. Studien omfattar

- Påverkansområdet för totalkväve från Ryaverket
- Påverkansområdet för totalfosfor från Ryaverket
- Påverkansområdet för totalkväve och totalfosfor från en alternativ utsläppskälla vid Vinga
- Scenarier för påverkansområden för framtida belastning på Ryaverket
- Påverkansområdet av särskilt farliga ämnen och läkemedelsrester från Ryaverket
- Ryaverkets påverkan på badvattenkvalitén för närbelägna badplatser

3 Metod

3.1 Studiens upplägg

Syftet med studien är att beräkna storleken på området som påverkas av utsläpp av kväve och fosfor, läkemedelsrester och bakterier från Ryaverket. Huvudfokus är satt på utsläpp under sommarhalvåret, då ett tillskott av näringsämnen till vattnet kan påverka biologin och ekologin i området och då badvattenkvalitén kan påverkas av bakterier. Ett scenario med en månad som representerar ett ”års-värsta” har tagits fram som referens.

I studien är utbredningsområdena framtagna genom att beräkna det tillskott av totalkväve och totalfosfor som Ryaverket tillfört recipienten. Kvävet och fosforn rör sig opåverkat i vattnet, det varken tas upp av växter eller andra organismer eller bryts ned på något sätt. Det finns heller inga bakgrundshalter av kväve och fosfor i modellen. Det innebär att halterna i utbredningskartorna som räknats fram endast består av det som Ryaverket har bidragit med, vilket har fått spridas ”ostört”. För att sätta dessa halter i relation till något så används ett jämförelsemått: 1 standardavvikelse på medelvärdet från en mätserie från ett område som inte är påverkat av utsläppskällan vid Ryaverket, ”1 σ på opåverkad recipient” (se beskrivning och diskussion av jämförelsemåttet i avsnitt 3.3). Detta mått används som en form av gränsvärde för när påverkan eventuellt kan påvisas. Definitionen av ett påverkansområde i studien är med andra ord de områden där medelhalterna av kväve och fosfor under sommarhalvåret överskrider gränsvärdet σ. Kartor över påverkansområdet utbredning för totalfosfor och totalkväve redovisas i avsnitten 4.1 och 4.2. För att ge en bild av det största möjliga utbredning av kväve och fosfor som har ursprung i Ryaverket redovisas även området där de maximalt uppmätta halterna överskridit gränsvärdet σ, avsnitt 4.4. Alla resultat har, i den mån det är relevant, relaterats till kustvattenförekomster. Scenarier för framtida potentiella påverkansområden för kväve och fosfor, baserade på Ryaverkets beräkningar av framtida belastning, redovisas i avsnitt 6.

Enligt länsstyrelsens beslut om betydande miljöpåverkan efter samrådet ska även en alternativ utsläppspunkt vid Vinga undersökas. Samma utsläpp till volym och halt som de vid Ryaverket har släppts utanför Vinga, och utbredningen av kväve och fosfor undersökts, avsnitt 5.

För spridning av läkemedelsrester redovisas en utspädningskarta, avsnitt 4.5. Utspädnings-kartan kan sättas i relation till valfritt ämne där man känner till halterna i utsläppsvattnet. Även här har ämnena spridits utan att påverkas av någon form av nedbrytning.

För att undersöka hur halterna av fekala indikatorbakterierna E.coli och Intestinala enterokocker i det renade avloppsvattnet från Ryaverket påverkar badvattenkvalitén vid havsbaden i närområdet gjordes en badvattenutredning, vilken redovisas i avsnitt 7.

Den här studien är ena delen (modelleringsdelen) av en omfattande undersökning om det befintliga tillståndet i recipienten och Ryaverkets påverkan. För en detaljerad karakterisering och beskrivning av tillståndet i recipienten baserad på mätdata se DHI rapport *Analys av miljötillståndet 2000-2015* /2/.

3.2 Spridningsmodellen

För att kunna beskriva hur det renade vattnet från Gryaab sprids i recipienten har en lokal hydrodynamisk modell byggts upp för området runt Ryaverket och ut till Vinga i MIKE 3 FM (/5/). Modellen beräknar de dynamiska förhållanden i havet såsom ström, temperatur, salthalt, blandning och skiktning, vilka används för att räkna fram hur ämnen sprider sig i vattnet. För att kunna kvantifiera vilken miljöpåverkan utsläpp får beräknas spridningen och spädningen av totalkväve och totalfosfor. Totalkvävehalterna och totalfosforhalterna i vattnet är en funktion av halterna i det utgående renade avloppsvattnet. Dessutom beräknas utspädningen med hjälp av ett fiktivt spårämne som gör det möjligt att beräkna halten i recipienten för ett utsläpp av ett godtyckligt ämne.

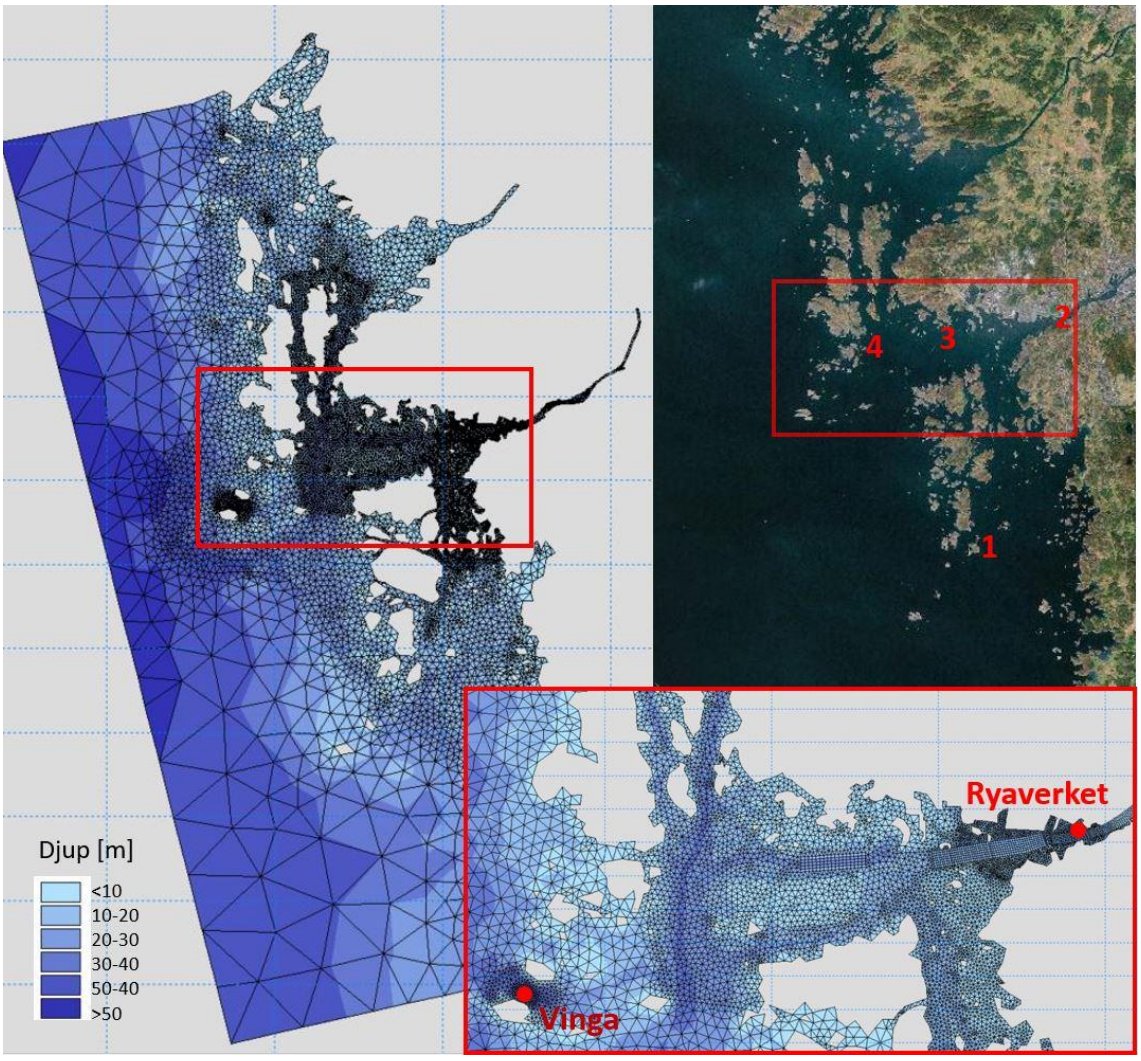
Modellen är en anpassning av en befintlig operativ modell för Göteborgsområdet där den rumsliga upplösningen hos beräkningsnätet har ökats i närheten av utsläppspunkterna (se Figur 3-1). Den drivs med meteorologiska fält som innehåller vind, lufttemperatur och lufttryck, och med salt- och temperaturskiktning samt flödeshastigheter på de öppna ränderna ut mot havet, och med data på avrinningen från land. Modellen beskriver vattnets rörelser i tre dimensioner och visar hur det renade avloppsvattnet sprider sig i kustområdet. Eftersom spädning och spridning styrs av olika processer under olika faser av utsläppet följs hur det utsläppta vattnets egna egenskaper som utsläppsdjup och densitet tillsammans med omgivningsförhållanden som strömmar, vind, och språngskikt etc. sprider och späder avloppsvattnet. Modellen är uppställd för att motsvara dagens situation och en simulering av strömförhållandena under ett helt år (2014) har gjorts för att täcka in alla de situationer och strömmönster som är av intresse.

Modellresultaten har jämförts med mätdata för temperatur och salinitet från några av mätstationerna i området, och har visat god överensstämmelse.

3.2.1 Modelldomänen

Modellen täcker området från mynningen av Göta älv i öster till utanför Vinga i väster, från nedanför Vrångö i söder och upp till Marstrand i norr. Upplösningen på beräkningsnätet varierar från 20-50 m närmast utsläppskällorna till 2-2,5 km längre ut i domänen. Figur 3-1 nedan visar modelldomänen, en kartbild över samma område och en närbild över området mellan verket och Vinga. Närbildens position i modelldomänen och kartan är utmärkt med en röd kvadrat.

Renat avloppsvatten med specificerade, tidsvarierande halter av kväve och fosfor har släppts ut dels vid Ryaverkets befintliga utsläppspunkt vid Rya Nabbe, ca 850 m väster om Älvsborgsbron, och dels på djupt vatten utanför Vinga. Vid Rya Nabbe finns två stycken 195 meter långa utloppsledningar med två meter i diameter. Utloppsledningarna ligger på botten av Göta älv och mynnar på älvens norra sida. Det är ca 1-3 m djupt där ledningarna ligger. Ledningarna ligger begravda i sedimentet så att endast övre delen bitvis är synlig. Koordinaterna för utsläppspunkten i SWEREF 99 TM är x 6402813, y 1266376. Utsläppspunkten vid Vinga ligger på botten i sundet mellan Vinga och skäret norr om Vinga, på ca 26 m djup. Den har valts så att den ska ge så stor utspädning av det renade avloppsvattnet som möjligt.

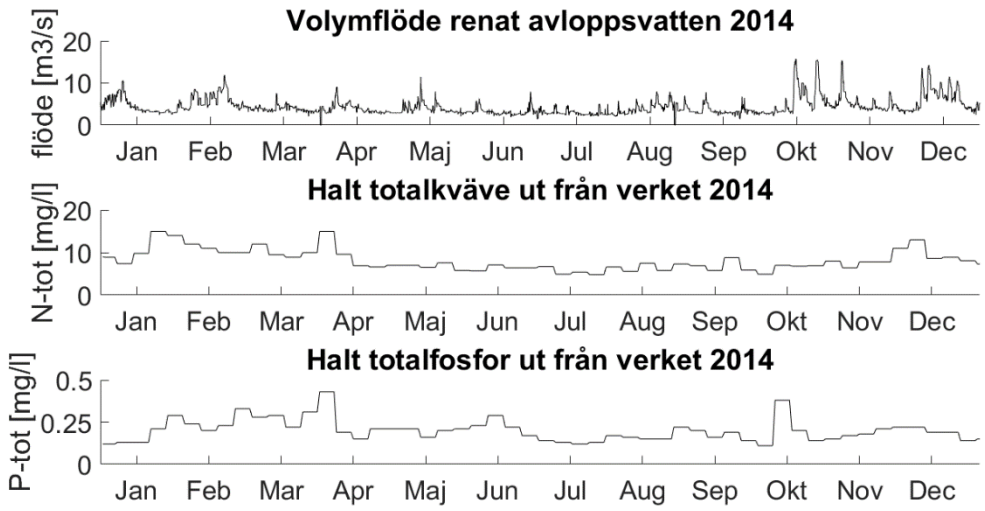


Figur 3-1 Domänen för spridningsmodellen med detalj över utsläppspunkterna vid Ryaverket och Vinga, samt kartbild med mätstationerna 1) Valö, 2) Älvsborgsbron, 3) Skalkorgarna och 4) Danafjord.

3.2.2 Indata från Ryaverket till spridningsmodellen

Som indata till spridningsmodelleringen har använts mätdata från Ryaverket på volymflöde av renat avloppsvatten (mätvärden varje timme), och halter av totalkväve och totalfosfor i det renade avloppsvattnet (veckomedelvärden) se Figur 3-2. Under det modellerade året 2014 varierade utflödet mellan 1,5 och 15,7 m^3/s med ett medelflöde på 4,4 m^3/s. Halten totalkväve varierade mellan 4,8 och 15 mg/l, medelhalt 8,1 mg/l. Halten totalfosfor varierade mellan 0,11 och 0,43 mg/l, medelhalt var 0,20 mg/l.

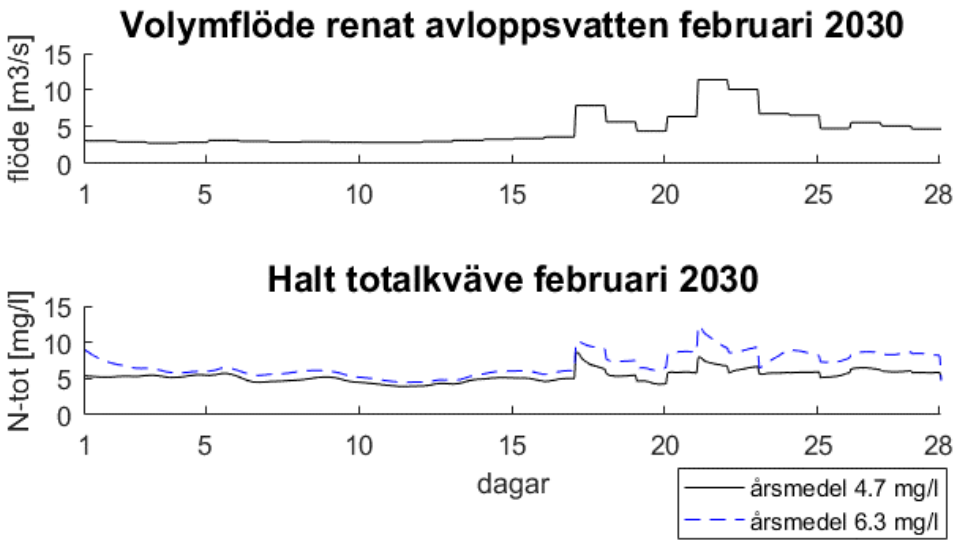
Varken kvävet eller fosforn förbrukas eller bryts ned på något sätt under modelleringens gång, utan de resulterande halterna består av opåverkat kväve och fosfor. I fallet med läkemedelsrester har ett generiskt ämne spritts med det renade avloppsvattnet, och utspädningen av halten räknats fram. Även här har ämnet spritts ”opåverkat” och ingen nedbrytning skett. Detta är för att största möjliga spridningsområde ska kunna visas.



Figur 3-2 Mätdata för flöde och halter av N-tot och P-tot ut från Ryaverket som användes som indata till spridningsmodellen.

3.2.3 Modellerad indata till spridningsmodellen för framtida scenario

För att göra an uppskattning av hur påverkansområdet kan komma att se ut i framtiden modellerades en månad med havscirkulation från 2014 men utsläppsvolymer och totalkväve-halter från Ryaverkets egna modelleringar av belastning år 2030 på verket. Under antagandet att 2014 kan ge en tillfredsställande representation av cirkulationen även 2030 så har tidsserier med modellerade volymflöden och totalkvävehalter för en månad (februari), producerade av Gryaab, använts som indata i spridningsmodellen, Figur 3-3. De modellerade volymflödena för 2030 bygger på det högflödesscenario (4.87 m^3/s) som använts i utredningen av bästa möjliga teknik. Belastning och totalkvävehalter ut är också hämtade från bästa möjliga teknik utredningen (se Teknisk Beskrivning).



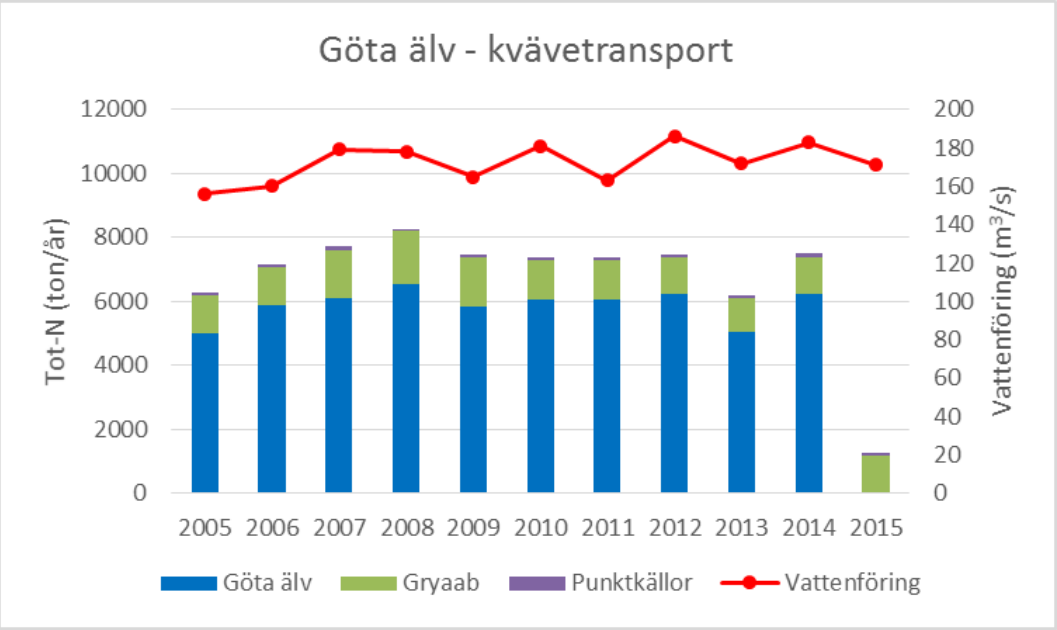
Figur 3-3 Modellerat flöde av renat avloppsvatten och halter totalkväve ut från Ryaverket februari 2030 som användes som indata till spridningsmodellen för ett framtidsscenario.

3.3 Jämförelsemåttet σ

För att sätta utsläppen av totalkväve och totalfosfor i relation till de faktiska halterna ute i recipienten, och de naturliga fluktuationerna över och mellan åren, så jämförs halterna med måttet ”1 standardavvikelse för opåverkad recipient”. Standardavvikelse (σ) är ett statistiskt mått på hur mycket de olika värdena i en serie observationer avviker från medelvärdet. Ju större spridningen är desto större blir σ, proportionellt mot medelvärdets storlek. Det vill säga, ifall vi har två mätserier A och B med ungefär samma storlek på medelvärdet men observationerna i serie A har stor spridning medan de i mätserie B alla ligger nära medelvärdet så kommer σ vara större för serie A. Om vi jämför mot en mätserie C som har ett medelvärde som är 1000 gånger så stort som för serie A och B så kommer σ för C vara större än de för A och B även om spridningen i serie C är väldigt liten.

Översatt till förhållandena i en recipient betyder detta att ifall halterna av t.ex. totalkväve är låga och av ungefär samma storlek hela tiden under sommarmånaderna så kommer σ vara liten. Om fluktuationerna är större blir σ högre. Tanken är att ifall de ökade halterna som uppstår i recipienten till följd av utsläppen från Ryaverket håller sig under σ från ett område som inte påverkas av verket så ligger halterna inom den naturliga variabiliteten. Då går det inte säga att Ryaverket har någon påverkan i området. Ifall halterna ligger över σ är tillskottet större än den naturliga variabiliteten och det går inte att utesluta att utsläppen påverkar biologin i området. Dock ska man i detta sammanhang inte glömma bort att Ryaverket endast står för en liten del av den tillförda halten av kväve till recipienten. Inflödet av kväve via Göta Älv är i storleksordningen 3-5 gånger större än det från Ryaverket, se Figur 3-4 nedan. Eftersom Göta Älv har bidragit till förhöjda kvävehalter i recipienten under lång tid, och biologin i området i viss mån är adapterat till detta tillstånd, är det inte säkert att ett tillskott från Ryaverket större än σ för *opåverkad* recipient faktiskt ger någon påverkan. Jämförelsemåttet är i detta sammanhang, med flera källor till förhöjda kvävehalter, väldigt konservativt valt. Samma resonemang kan i viss mån gälla för totalfosfor, men eftersom halterna totalfosfor är mer lika mellan mätstationerna (Tabell 3-1) så blir inte jämförelsen riktigt lika konservativ som den blir för totalkväve. Se vidare diskussion i avsnitt 8.

Stationen som i samråd med länsstyrelsen valts ut att representera opåverkad recipient och stå för referensmåttet i den här studien är Valö mätstation (siffra 1 i nedre panelen i Figur 3-1). Vidare används data från stationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord, se Tabell 3-1. Alla ingår i Bohuskustens Vattenvårdsförbunds (BVVF) mätprogram med provtagningar varje månad, och all data går att hämta på SMHIs webbaserade databas SHARK. Mätvärden från sommarhalvåret (april till och med september) från 2000 till 2015 från 0-2 m djup har använts för att räkna fram σ-värdena.



Figur 3-4 Årlig transport av total-kväve och årsmedelvattenföring för Göta älv, samt kvävetillförsel från Gryaab och övriga punktkällor. Från DHI rapport *Analys av miljötillståndet 2000-2015 /2/.*

Tabell 3-1 Medelvärden och standardavvikelser för halterna totalkväve och totalfosfor för BVVFs mätstationer inom modellområdet, för perioden april-september 2000-2015, 0-2 m djup.

Mätstation	Medel N-tot [mg/l]	σ N-tot [mg/l]	Medel P-tot [mg/l]	σ P-tot [mg/l]
Valö (”opåverkad recipient”)	0,24	**0,041**	0,020	**0,0051**
Älvsborgsbron	0,64	0,110	0,021	0,0066
Skalkorgarna	0,39	0,109	0,018	0,0044
Danafjord	0,30	0,078	0,016	0,0047

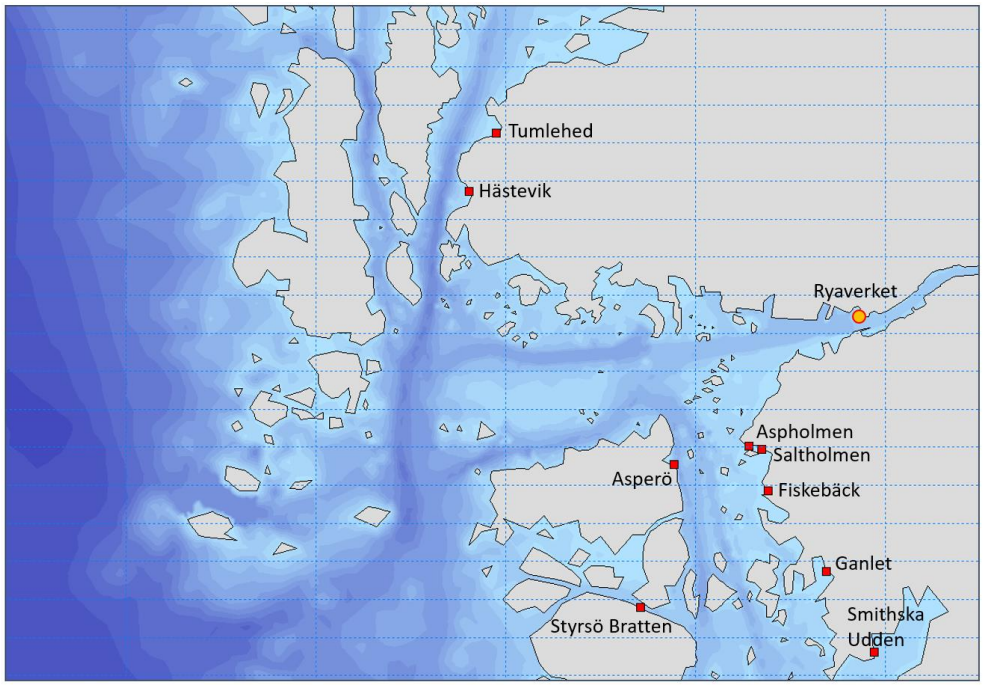
3.4 Badvattenanalys

För att undersöka hur halterna av fekala indikatorbakterierna E.coli och Intestinala enterokocker i det renade avloppsvattnet från Ryaverket påverkar badvattenkvalitén vid havsbaden i närområdet gjordes en badvattenutredning. Avdödning av indikatorbakterierna beräknades med en MIKE ECOLab badvatten-template, vilken beskriver sammanhanget mellan bakteriedöd och de parametrar som påverkar bakterierna (huvudsakligen ljusinstrålning, vattentemperatur och salinitet). Templaten används till DHIs badvattenprojekt och till DHIs badvattenprognoser för danska och svenska kommuner. Då det inte finns några aktuella mätningar av koncentrationerna av indikatorbakterier i det renade avloppsvattnet från Ryaverket har värden från liknande modelleringar i Danmark använts. Dessa koncentrationer baseras på många års arbete med badvattenprognosmodellering och mätningar på renat spillvatten. Perioden maj till och med september modellerades, och halten indikatorbakterier sattes till 75 000 *E. coli*/100ml 14 800 Intestinala enterokocker /100ml av flödet med renat avloppsvatten.

9 badplatser som listas av Havs och Vattenmyndighetens ”badplatsen” ansågs ligga inom räckhåll för eventuell påverkan och ingick i undersökningen. Av dessa är sex stycken klassade som EU-badplatser. I Tabell 3-2 listas badplatserna, och ifall det under 2014 uppmättes halter som gav anmärkning på badvattenkvalitén enligt Havs och Vattenmyndighetens databas. Figur 3-5 visar badplatsernas placering. För alla badplatser räknades tidsserier med bakteriehalterna för varje timme under perioden maj till och med september. Halterna jämfördes med EUs gränsvärden i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (HVMFS 2012:14) om badvatten, se Tabell 3-3.

Tabell 3-2 Badplatser som analyseras i badvattenanalysen

Badplats	EU-bad	Provtaget under 2014	Anmärkning under 2014
Asperö	nej	ja	Ja, ett tillfälle.
Aspholmen	nej	ja	nej
Fiskebäck	ja	ja	nej
Ganlet	ja	ja	nej
Hästevik	nej	ja	nej
Saltholmen	ja	ja	nej
Smithska udden	ja	ja	nej
Styrsö Bratten	ja	ja	nej
Tumlehed	ja	ja	nej



Figur 3-5 Badplatser, listade på HaVs ”badplatsen”, som ingår i badvattenanalysen.

Tabell 3-3 Gränsvärden för fekala indikatorbakterier. Tabell från Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (HVMFS 2012:14) om badvatten.

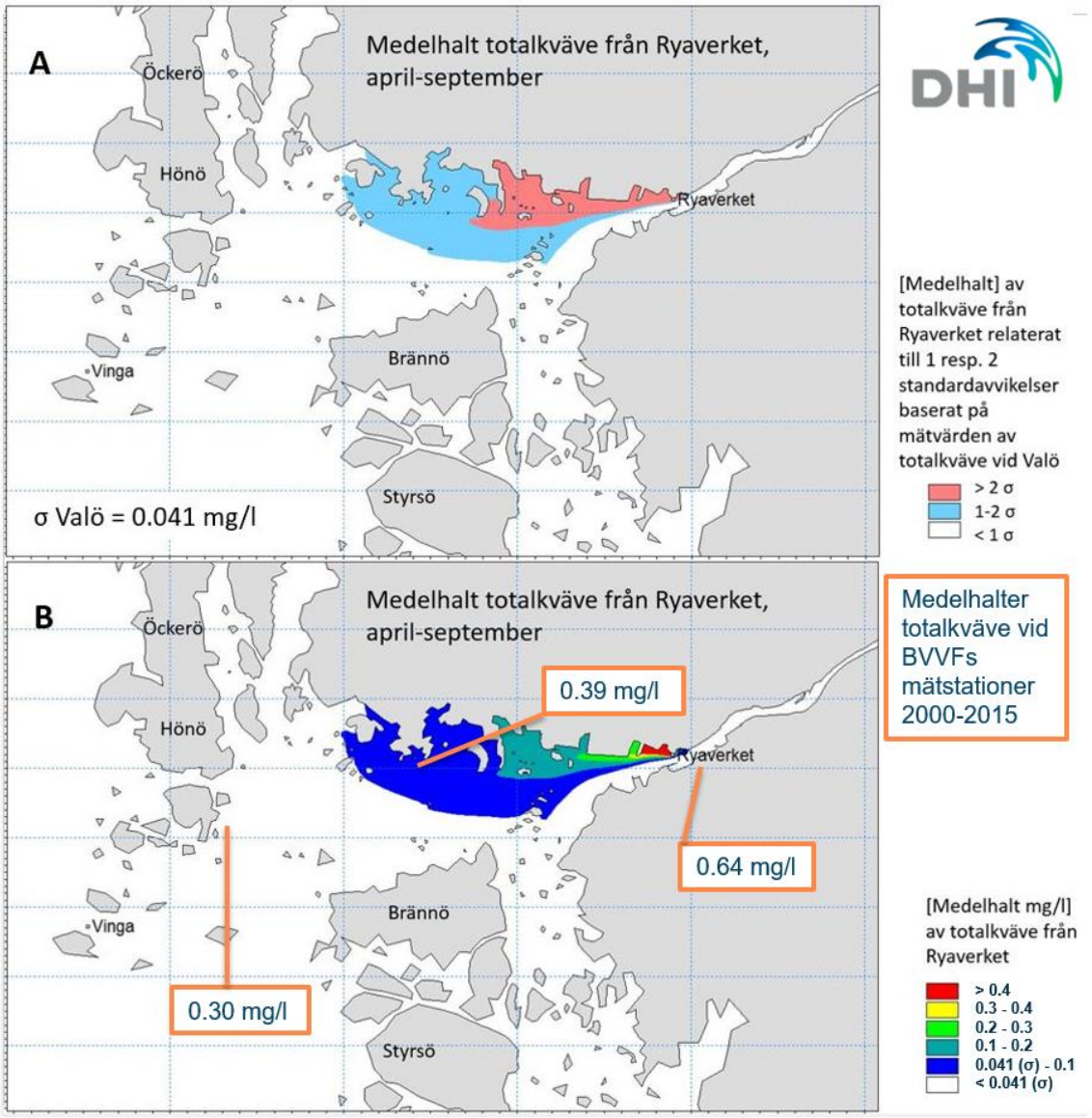
För kustvatten och vatten i övergångszonen

A	B	C	D	E
Parametrar	Utmärkt kvalitet	Bra kvalitet	Tillfreds-ställande kvalitet	Analysmetoder
Intestinala enterokocker (cfu/100 ml)	100 (*)	200 (*)	185 (**)	ISO 7899-1, ISO 7899-2 eller Enterolert-E®/ Quanti-Tray®
Escherichia coli (cfu/100 ml)	250 (*)	500 (*)	500 (**)	ISO 9308-3, ISO 9308-1, SS 028167:2 eller ISO 9308-2[2]

4 Ryaverkets påverkan på recipienten

4.1 Påverkansområdet för totalkväve under sommarmånaderna

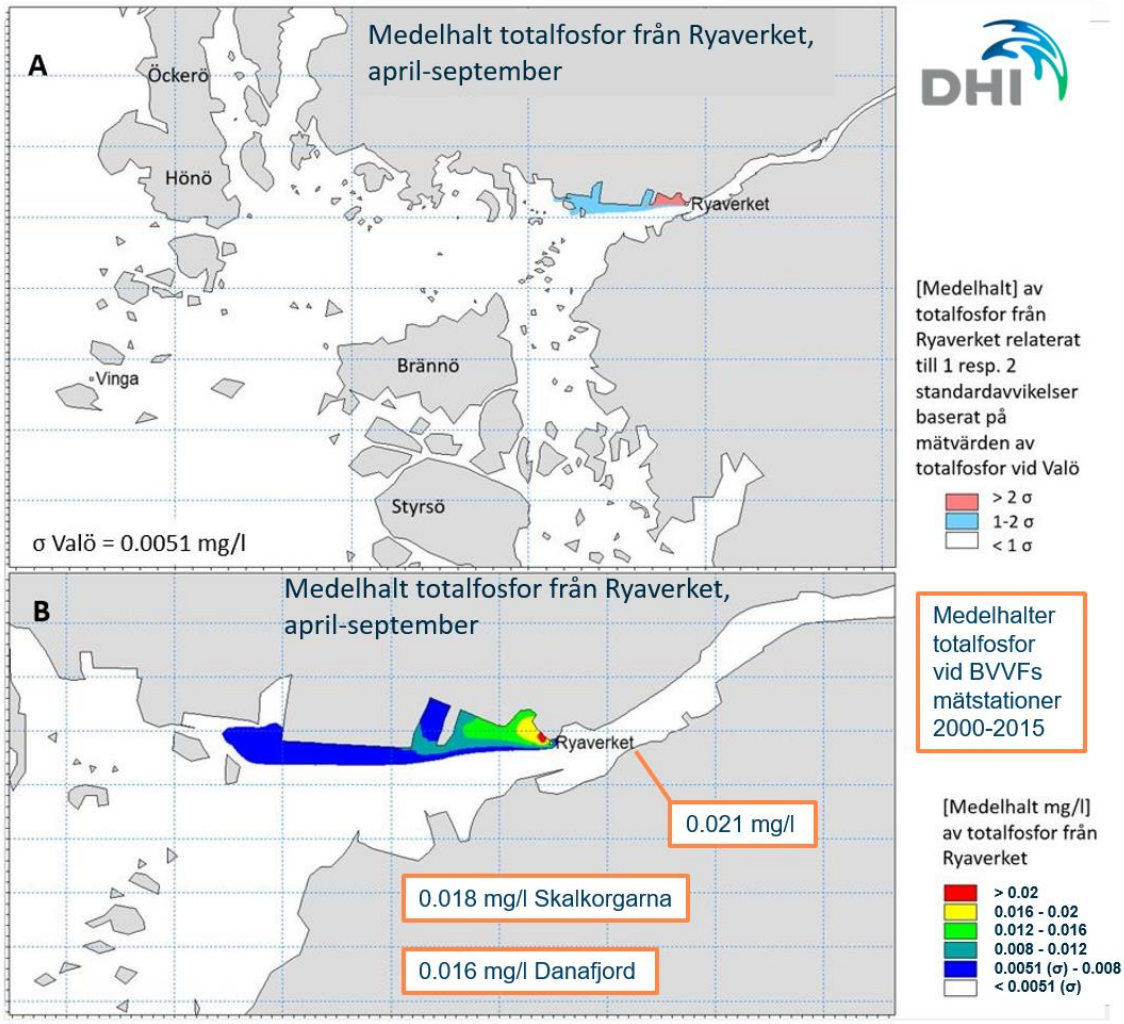
Området där medelhalten av tillfört totalkväve under perioden april-september överstiger σ för Valö innefattar Rivöfjorden och Danafjord. Den ökade kvävehalt som Ryaverket ger upphov till ligger i medeltal mellan 0,04 och 0,1 mg/l, med halter upp till 0,4 mg/l närmast utsläppspunkten. Figur 4-1 nedan visar påverkansområdet dels plottat i relation till referensvärdet σ för Valö (panel A), och dels i mg/l (panel B). Medelhalterna för samma tidsperiod för Bohuskustens Vattenvårdsförbunds mätstationer i området finns redovisade i panel B för jämförelse. Halterna är högst i ytan, 0-0,5 m, och det är dessa som redovisas i figuren.



Figur 4-1 Påverkansområde för totalkväve från Ryaverket i ytan under sommarmånaderna plottat i relation till referensvärdet σ (A) och i mg/l (B). De uppmätta medelhalterna för samma tidsperiod för mätstationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord visas i orangea rutor som referens.

4.2 Påverkansområdet för totalfosfor under sommarmånaderna

Området där medelhalten av tillförd totalfosfor under perioden april-september överstiger σ för Valö innefattar de inre norra delarna av Rivöfjorden. Den ökade fosforhalt som Ryaverket ger upphov till ligger i medeltal mellan 0,005 och 0,01 mg/l, med halter upp till 0,016 mg/l närmast utsläppspunkten. Figur 4-2 nedan visar påverkansområdet dels plottat i relation till referensvärdet σ för Valö (panel A), och dels i mg/l (panel B). Halterna är högst i ytan, 0-0,5 m, och det är dessa som redovisas i figuren. Medelhalterna för samma tidsperiod för Bohuskustens Vattenvårdsförbunds mätstationer i området finns redovisade i panel B för jämförelse.

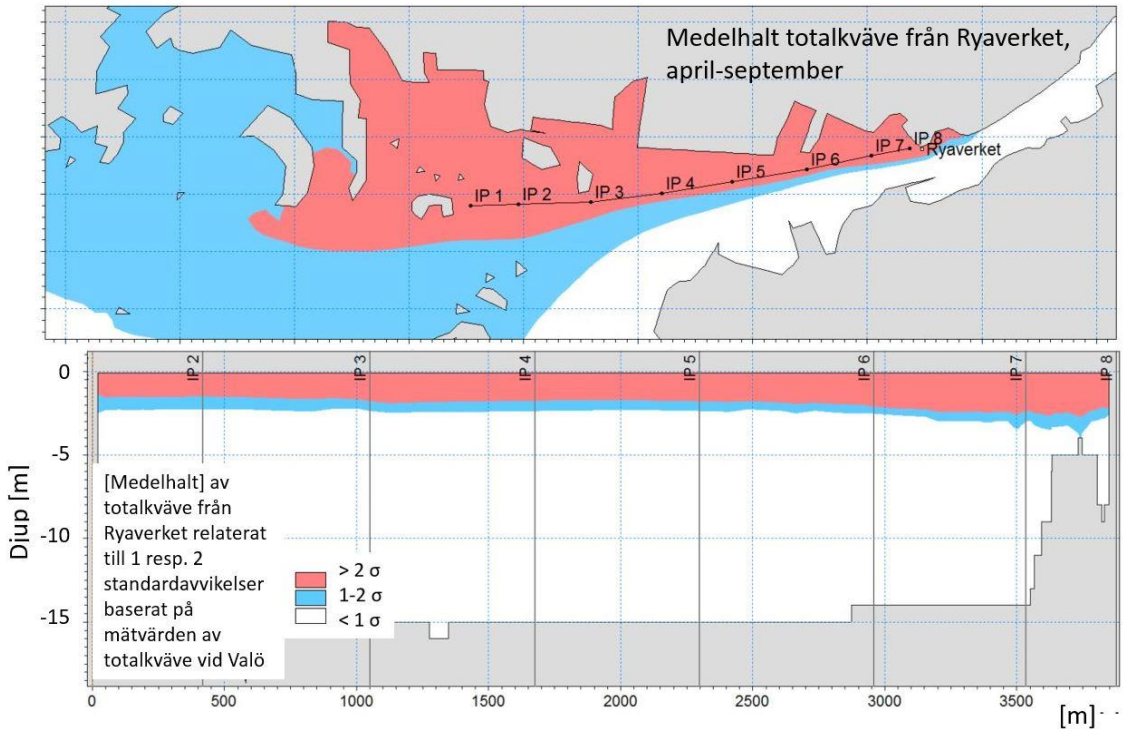


Figur 4-2 Påverkansområde för totalfosfor från Ryaverket i ytan under sommarmånaderna plottat i relation till referensvärdet σ (A) och i mg/l (B). De uppmätta medelhalterna för samma tidsperiod för mätstationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord visas i orangea rutor som referens. (Både Skalkorgarna och Danafjord ligger utanför kartan i panel B)

4.3 Djuputbredningen av de tillförda kväve- och fosforhalterna.

Utsläppspunkten från Ryaverket ligger ytligt och vattnet som kommer ut är sötvatten som till största del strömmar iväg i ytan. Som syns i Figur 4-3 är det primärt i de övre 2 metrarna i vattenpelaren som halterna av totalkväve når nivåer som kan ge påverkan på biologin. I det horisontella påverkansområdets utkanter är skiktet ännu tunnare. Figur 4-3 nedan visar utbredningen i vattenpelaren för medelhalten totalkväve under april till september. Maximalt kan kvävet nå ned till ca 8 meter (5 m för 2 σ) i området precis utanför utsläppspunkten. Medelhalterna kommer inte upp till nivåer över 1 σ inne i älven öster om Ryaverket, men kan högst tillfälligt nå maximala nivåer på över σ in förbi Älvsborgsbron i de övre 7 metrarna (5 m för 2 σ).

För totalfosfor (ej på bild) är medelhalten över σ ned till 2 meter. Den maximala djup-utbredningen kan gå ned till 5 m i ett område på ca 500 m västerut från utsläppspunkten vid verket och ca 500 m öster, in i älven. Medelhalterna kommer inte upp till nivåer över 1 σ inne i älven öster om Ryaverket.



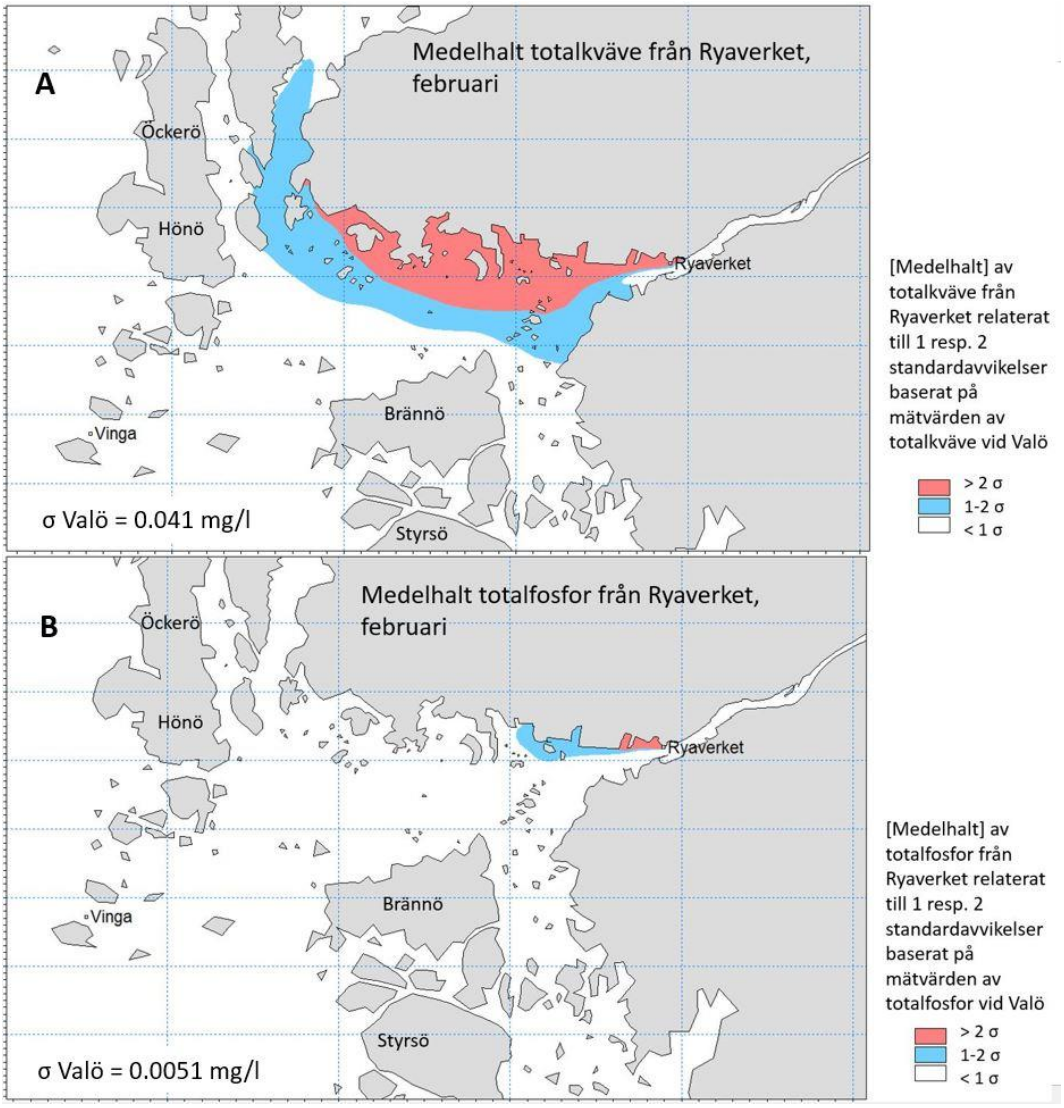
Figur 4-3 Utbredningen av påverkansområdet närmast verket utsläppspunkt under sommar-månaderna. Övre panel visar området närmast Ryaverket med tvärsnittets placering utmärkt, undre panelen visar tvärsnittet.

4.4 Största utbredningsområde av kväve och fosfor från Ryaverket.

För att uppskatta största möjliga utbredning av kväve och fosfor från Ryaverket har två metoder använts. Dels har medelutbredningen räknats fram för den månad då utbredningen är som störst. Dels har en representation av det maximala utbredningsområdet under samma period tagits fram baserat på hur lång tid som gränsvärdet σ har överskridits.

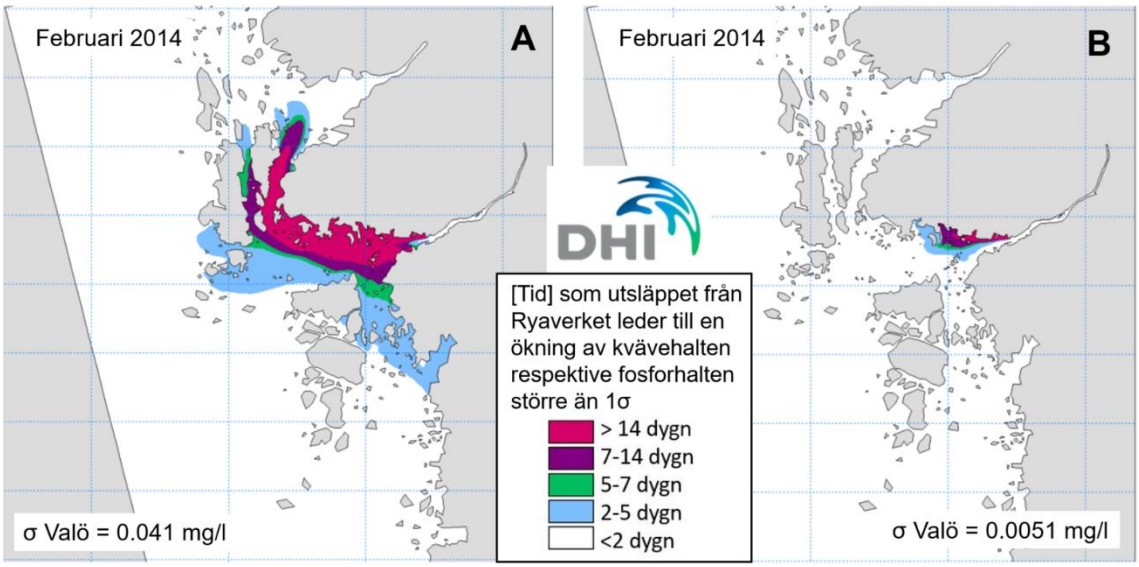
Den månad under det modellerade året 2014 då medelutbredningsområdet för totalkväve och totalfosfor från Ryaverket var som störst var februari. Orsaken var förhållandevis höga halter av kväve och fosfor ut i kombination med ett stort volymflöde, och dynamiska förhållanden i recipienten som ledde till stor spridning.

Som framgår i Figur 4-4 är påverkansområdet för medelhalten betydligt större under februari än under sommarmånaderna, med en dominerande nordlig utbredning. Området där referensvärdet σ för totalkväve överskrids inkluderar även Björköfjorden, utöver Rivöfjorden och Danafjord. För totalfosfor sträcker sig området längre västerut än under sommarperioden, men håller sig fortfarande inom Rivöfjorden. Den största medelutbredningen under året ger en bild av det största potentiella påverkansområdet. Halterna är högst i ytan, 0-0,5 m, och det är dessa som redovisas i figuren.



Figur 4-4 Största potentiella påverkansområde för totalkväve och totalfosfor från Ryaverket under det modellerade året 2014.

Figur 4-5 nedan visar Ryaverkets största utbredningsområde under februari månad. Det är framtaget genom att räkna ut det område där σ har överskridits i ytan, skalat efter den sammanlagda tid som halterna varit högre än σ. Eftersom det är svårt att argumentera för att det skulle kunna ha någon potentiell påverkan i recipienten ifall σ överskridits vid någon enstaka timme så har vi satt som en nedre gräns att halten ska ha överskridits i minst två dygn sammanlagt. För kväve (Figur 4-5 A) innefattar utbredningsområdet kustvattenförekomsterna Rivöfjord, Asperöfjorden, Danafjord, Björköfjorden och Stora Kalvsund. Ifall man strikt väljer att se på området där σ för Valö överskridits i någon del av kustvattenförekomsten tillkommer en liten bit i östra delen av Göteborgs norra skärgårds kustvatten, norra delen av Askims fjord och södra delen av Nordre Älvs fjord. För totalfosforn, Figur 4-5 B, håller sig det största utbredningsområdet inne i norra delen av Rivö fjord.

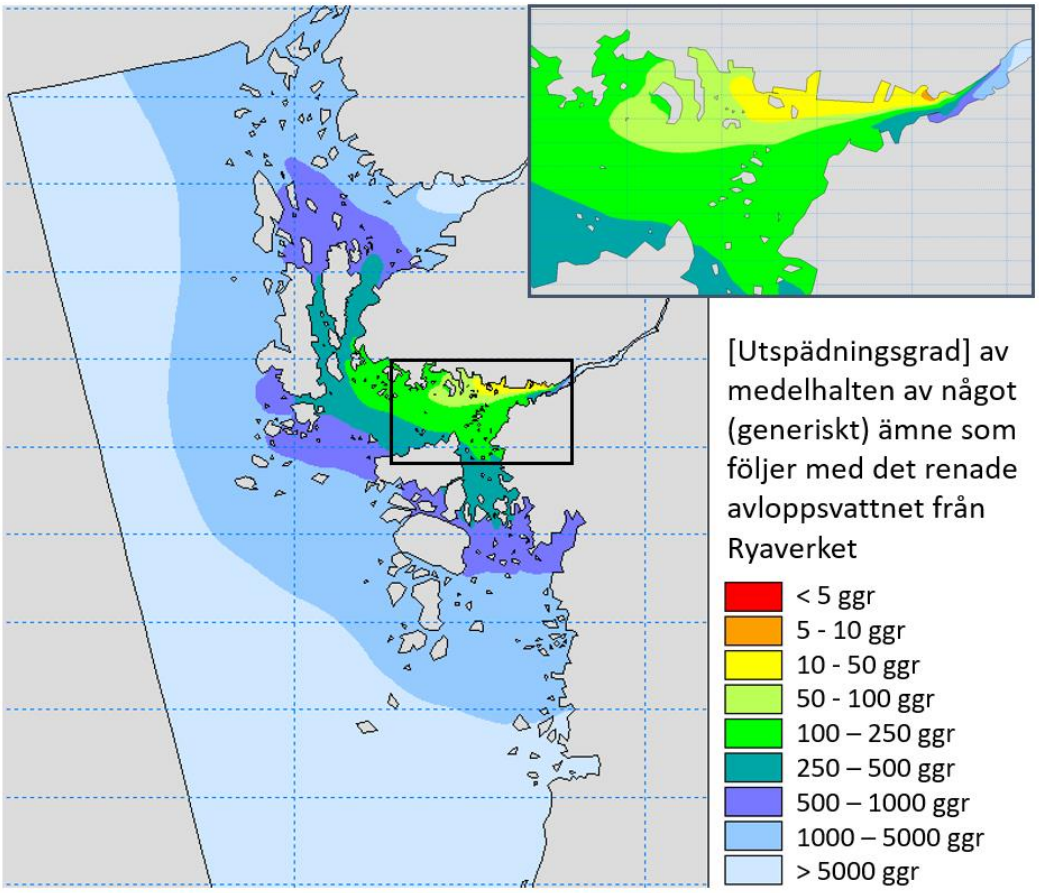


Figur 4-5 Ryaverkets största utbredningsområde för A) totalkväve och B) totalfosfor skalat efter den sammanlagda tid som halterna varit högre än σ för Valö.

Det är tydligt från Figur 4-5 att det renade avloppsvattnet från Ryaverket främst följer den norra kuststräckan ut från älvmynningen och går norrut genom Björköfjorden och stora Kalvsund. Som jämförelse har samma slags analys (tid som ökningen av kväve- respektive fosforhalten överstiger σ) gjorts för en sommarmånad. Den visade att det totala utbredningsområdet under sommaren i princip är det samma, något mindre, men att det då är mer frekvent med spridning i sydvästlig riktning än under februari månad. En diskussion kring utbredningsområdena för kvävet, med figurer med en alternativ referensstation och över en sommarmånad finns i avsnitt 8.

4.5 Utspädning i recipienten

Figur 4-6 visar medel-utspädningsgraden av ett ospecificerat, inert ämne som följer med det renade avloppsvattnet ut från Ryaverket. Halterna är högst i ytan, 0-0,5 m, och det är utspädningen i ytlagret som redovisas i figuren. Kartan kan användas för att uppskatta koncentrationen av särskilt förorenande ämnen (SFÄ) och prioriterade ämnen enligt Havs och vattenmyndighetens föreskrift HVMFS 2015:4.



Figur 4-6 Utspädningsgrad i recipienten av medelhalten av ett generiskt ämne från Ryaverket för hela året 2014.

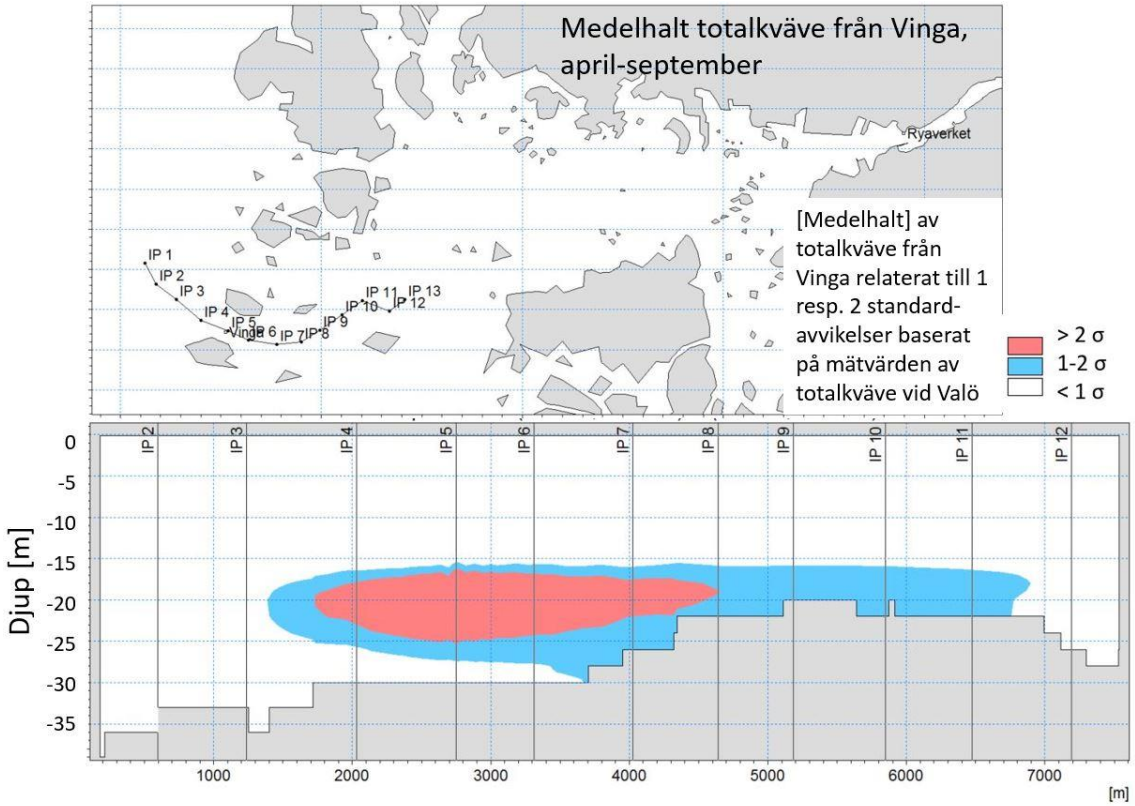
Det finns analysresultat från olika provtagningskampanjer där man utfört mätningar i utgående vatten från Ryaverket under en begränsad period. För särskilt förorenade ämnen indikerar analyser och spridningsberäkningar att Ryaverkets utsläpp av ammoniak, bisfenol A, samt läkemedlen östradiol och diklofenak riskerar att påverka statusen i nordöstra Rivöfjorden (10 – 50 gångers utspädning, gult i Figur 4-6). Etinylöstradiol har inte utvärderats då detektionsgränsen vid analys var för hög för att vara användbar (/3/). Vid Skalkorgarna (100 – 250 gångers utspädning, grönt i Figur 4-6) är det ammoniak som riskerar att påverka klassningen. Detta förutsatt att Ryaverket är enda källan av dessa ämnen till recipienten.

Av de prioriterade ämnena indikerar spridningsberäkningarna att PFOS riskerar att påverka statusen i nordöstra Rivöfjorden och Skalkorgarna (gula och gröna området i Figur 4-6). Återigen förutsatt att Ryaverket är enda källan av ämnet till recipienten.

Man har också gjort mätningar på läkemedelsrester i Ryaverkets renade avloppsvatten (/3/) med slutsatsen att det inte finns starka indikationer för läkemedelspåverkan på fisk i Göta älvs mynning trots att flera betydande osäkerheter kvarstår. IVL har i en rapport (/4/) listat prioriterade ämnen att följa upp för att hålla en god havs- och vattenmiljö, av dessa återfanns endast två i det renade avloppsvattnet från Ryaverket; de antidepressiva substanserna Sertralin och Citalopram. De uppmätta halterna av Sertralin och Citalopram var 0,035 och 0,14 µg/l respektive medan gränsen för när skadliga effekter har kunnat uppvisas är 9 och 105 µg/l respektive.

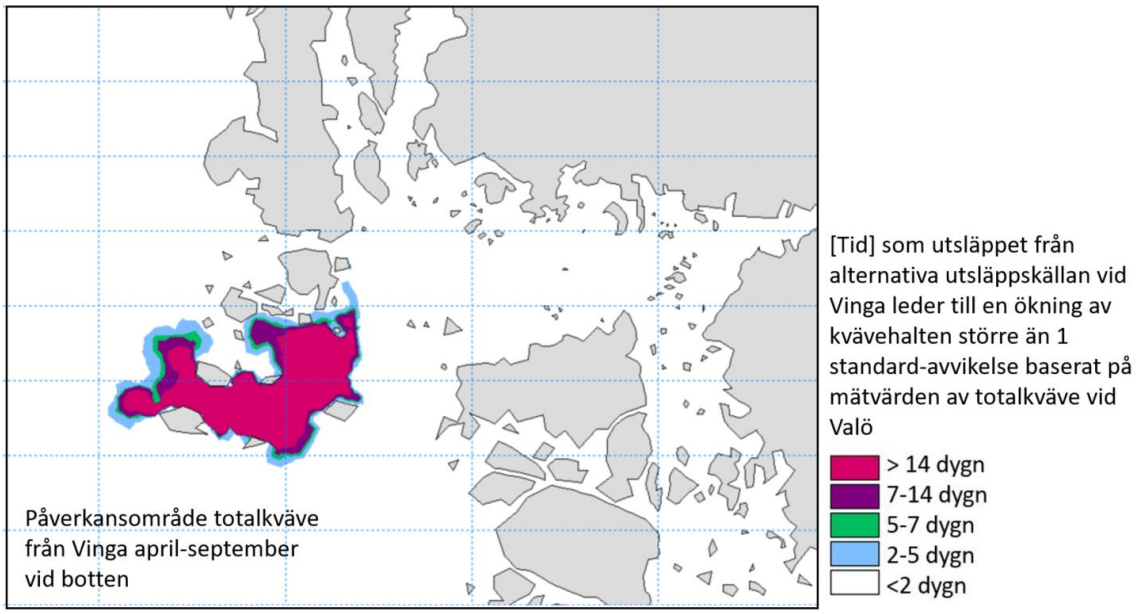
5 Den alternativa utsläppspunkten vid Vinga

Enligt Länsstyrelsens beslut om betydande miljöpåverkan ska en alternativ framtida utsläppspunkt vid Vinga undersökas. För att kunna jämföra med resultaten för den befintliga utsläppspunkten så har samma dataserier över volymer renat avloppsvatten och halter av totalkväve och totalfosfor använts. Vid Vinga har utsläppet lagts på djupt vatten för att få så stor och snabb utblandning och så lite påverkan vid ytan som möjligt, och som synes i Figur 5-1 så når inga halter som överskrider σ för Valö upp till ytan. Både kvävet och fosforn stannar under språngskiktet. Tvärsnittet visar medehalten av totalkväve under april till september, och mönstret står sig även för totalfosfor fast med mindre horisontell utbredning. Inte heller maxhalternas utbredning når ytan utan håller sig mellan botten och ca 10 m djup för kväve och upp till 15 m för fosfor.



Figur 5-1 Utbredningen av påverkansområdet från utsläppspunkten vid Vinga under sommarmånaderna. Övre panel visar tvärsnittets placering, undre panelen visar tvärsnittet. Utsläppspunkten ligger vid IP5.

I Figur 5-2 visas det potentiella påverkansområdet vid botten från utsläppet vid Vinga. Figuren är gjord på samma sätt som Figur 4-5, genom att räkna ut det område där σ har överskridits och skalat efter den sammanlagda tid som halterna varit högre än σ. De kustvattenförekomster som påverkas av kväve från utsläppspunkten vid Vinga är de djupa delarna av Danafjord och Göteborgs norra och södra skärgårds kustvatten. Området som påverkas är till största delen djupt, ovanför 10 meters djup finns nästan ingen påverkan alls.



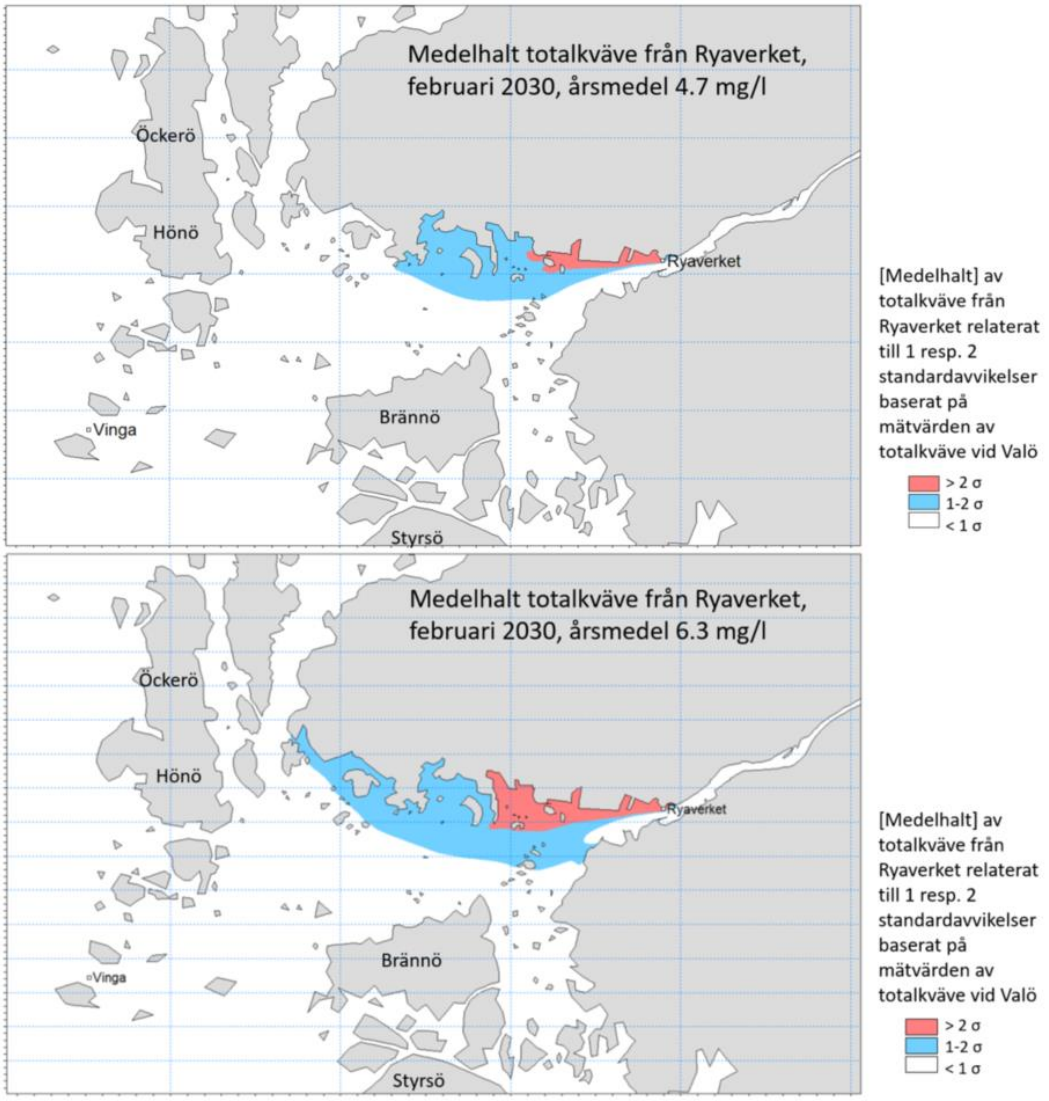
Figur 5-2 Ryaverkets potentiella påverkansområde vid botten för totalkväve vid utsläpp från Vinga under sommarperioden (april-september) skalat efter den sammanlagda tid som halterna varit högre än σ för Valö.

6 Scenarier för utsläpp 2030

6.1 Totalkväve år 2030

Figur 6-1 nedan visar det potentiellt största påverkansområdet för totalkväve från Ryaverket för två scenarier för år 2030, med utsläppsvolymer och totalkväve-halter från Ryaverkets egna modelleringar av belastning på verket år 2030 (se sektion 3.2.3). Figuren är gjord så att den ska vara direkt jämförbar med motsvarande figur för nutid, Figur 4-4 A. Eftersom vi inte vet något om hur de naturligt förekommande kvävehalterna vid Valö kommer att se ut år 2030 så används jämförelsemåttet σ endast för att det ska vara möjligt att jämföra påverkansområdenas storlek mellan figurerna.

Båda belastnings-scenarierna, det baserat på ett årsmedelvärde totalkväve på 4,7 mg/l (överst i Figur 6-1) och det på 6,3 mg/l (understa), ger ett tydligt mindre potentiellt största påverkansområde för totalkvävet än vi har idag. Halterna är högst i ytan, 0-0,5 m, och det är dessa som redovisas i figuren.

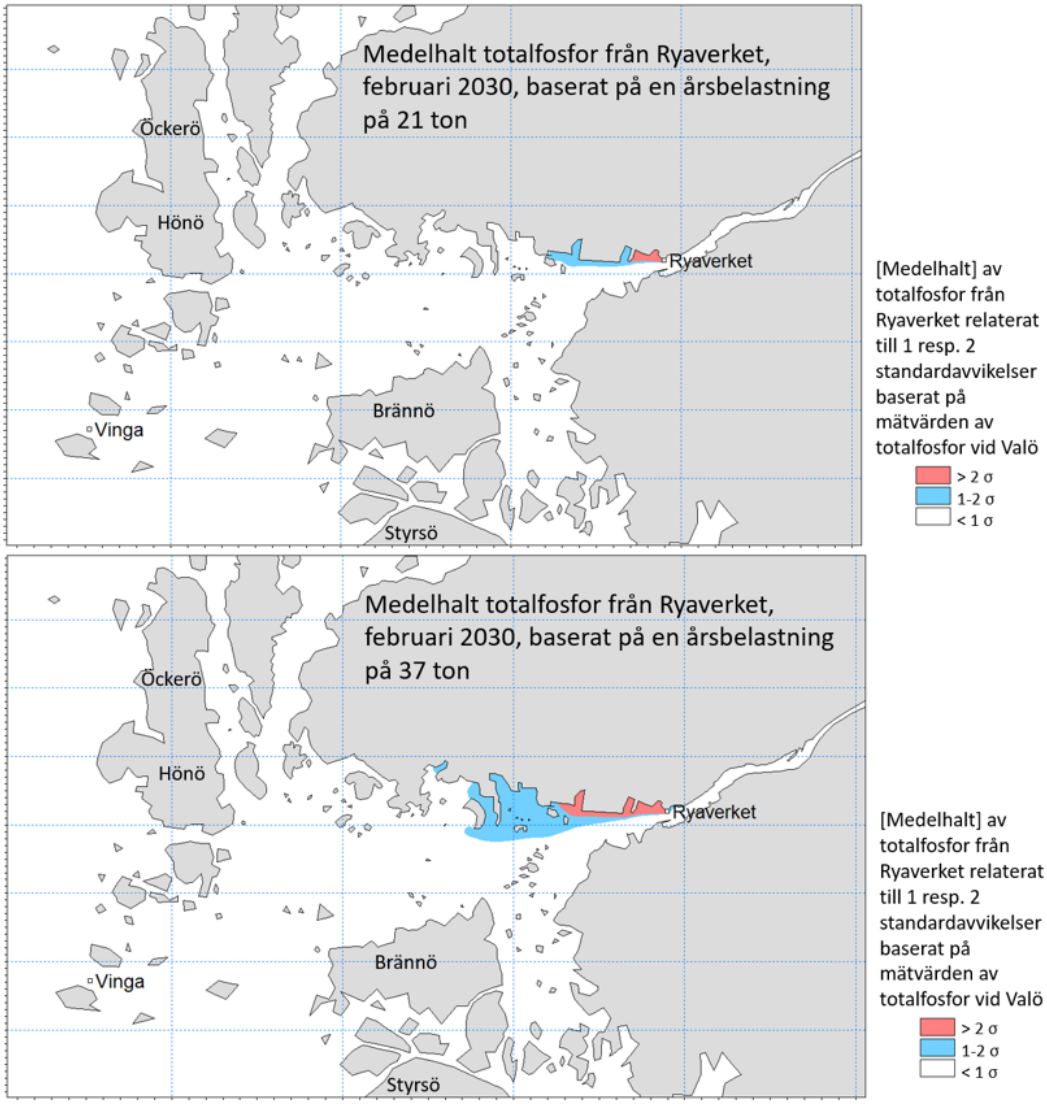


Figur 6-1 Största potentiella påverkansområde för totalkväve från Ryaverket under det modellerade scenariot för 2030. Figurerna är skalade efter σ för Valö på samma sätt som i Figur 4-4 A.

6.2 Totalfosfor år 2030

Det finns inga modellerade tidsserier för framtida belastning av totalfosfor, enbart beräkningar av totalmängder (för framtidsscenarierna för totalkväve kunde Ryaverkets tidsserier för framtida belastning användas, sektion 3.2.3). För att kunna göra en grov uppskattning av hur det största potentiella påverkansområdet för totalfosfor ser ut år 2030 har en skalning gjorts av data för februari 2014 som ligger bakom Figur 4-4 B, resultatet visas i Figur 6-2 nedan. Överst i figuren visas scenariot för en total årsbelastning på 21 ton, vilket härrör från samma scenario som gav ett årsmedelvärde totalkväve på 4.7 mg/l. Undre panelen visar scenariot för en total årsbelastning på 37 ton, vilket härrör från samma scenario som gav ett årsmedelvärde totalkväve på 6,3 mg/l. Det är viktigt att komma ihåg att det inte är några tidsserier bakom plottarna i Figur 6-2, utan enbart en skalning av resultaten för februari 2014, baserat på antagandet att fördelningen av fosforutsläppen över året kommer att se liknande ut 2030 som det gör idag.

Belastnings-scenarierna, baserat på en årsmängd på 21 ton totalfosfor samt 37 ton totalfosfor ger i det första scenariot ett mindre potentiellt största påverkansområde och i det andra scenariot ett något större största påverkansområde relativt dagens situation. Halterna är högst i ytan, 0-0,5 m, och det är dessa som redovisas i figuren.



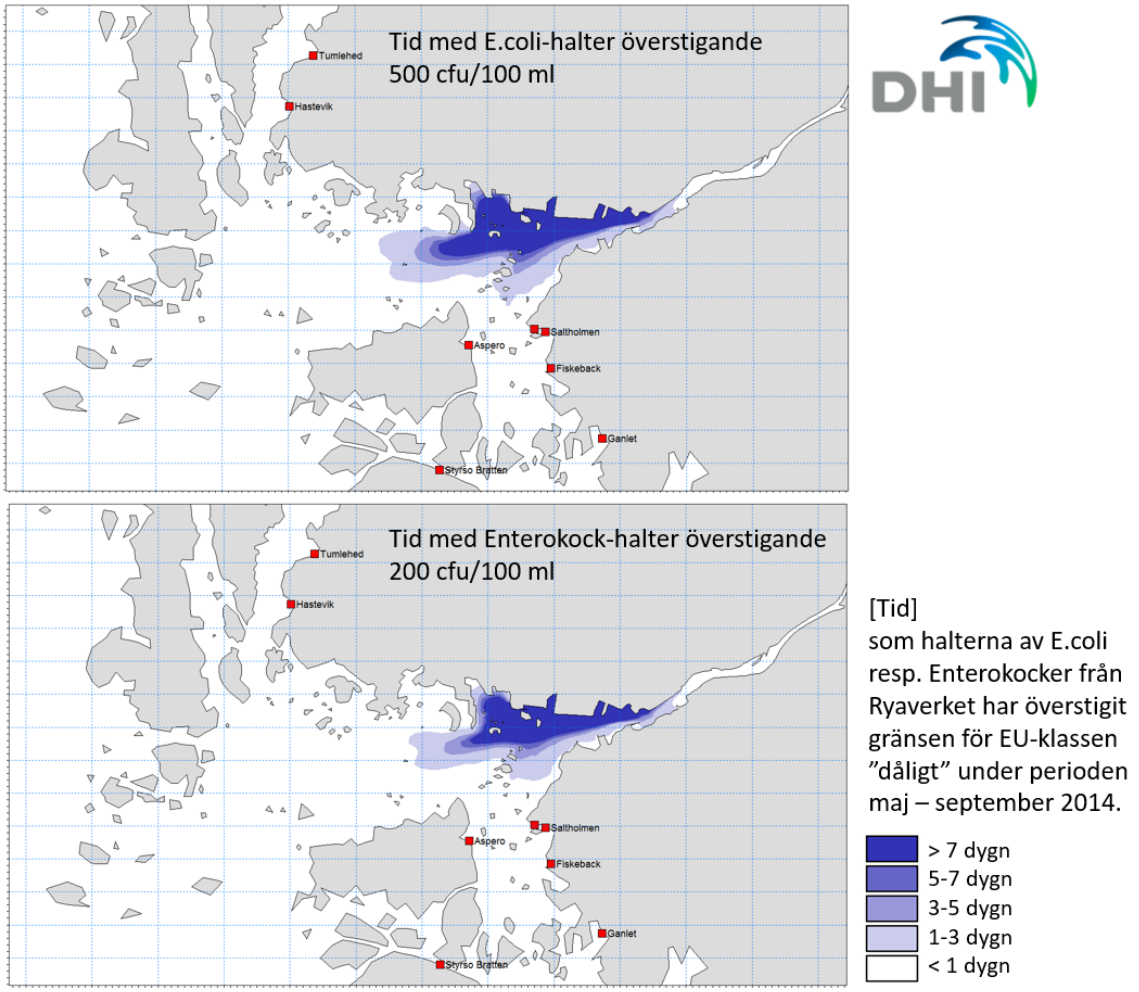
Figur 6-2 Största potentiella påverkansområde för totalfosfor från Ryaverket baserat på beräknad årsbelastning för 2030. Figurerna är skalade efter σ för Valö på samma sätt som i Figur 4-4 panel B.

7 Bakteriehalter i badvattnet

Tidsserierna med bakteriehalter vid de olika badplatserna visade att de flesta badplatser inte hade mätbara halter av E.coli och Enterockocker i ytvattnet med ursprung i Ryaverket. Vid de två närmaste badplatserna Aspholmen och Asperö kan dock halterna vid ogynnsamma förhållanden komma upp i nivåer som ger anmärkning. Detta skedde för E.coli vid sammanlagt tre timmar under hela den modellerade perioden maj till och med september; ett tillfälle under en timme på Aspholmen den 24 augusti och ett tillfälle på Asperö den 9 september under två timmar. För Enterokocker överskreds gränsvärdet vid ett tillfälle, en timme; på Asperö den 9 september.

Asperö badplats hade, enligt Havs och Vattenmyndighetens databas, ett badvattenprov med höga halter av E.coli under badsäsongen 2014. Den uppmätta halten E.coli var då 1000 cfu/100 ml. Vid detta tillfälle var de modellerade halterna från Ryaverket bara ca 100 cfu/100 ml, vilket indikerar att det finns andra källor till bakterier till Asperös badplats.

I Figur 7-1 nedan visas den sammanlagda tiden som bakteriehalterna från Ryaverket uppnår halter som leder till anmärkning på badvattenkvalitén. Man kan se att endast Asperö och Aspholmen ligger så till att de kan nås av sådana halter, och att de endast sker under en mycket begränsad tid. Modelleringen har en mycket väl tilltagen period för undersökningen, enligt Havs och Vattenmyndigheten är badsäsongen i Västra Götalands län definierad till mellan 21 juni och 20:e augusti. Båda tillfällena då bakteriehalterna överskreds ligger utanför den definierade badsäsongen.

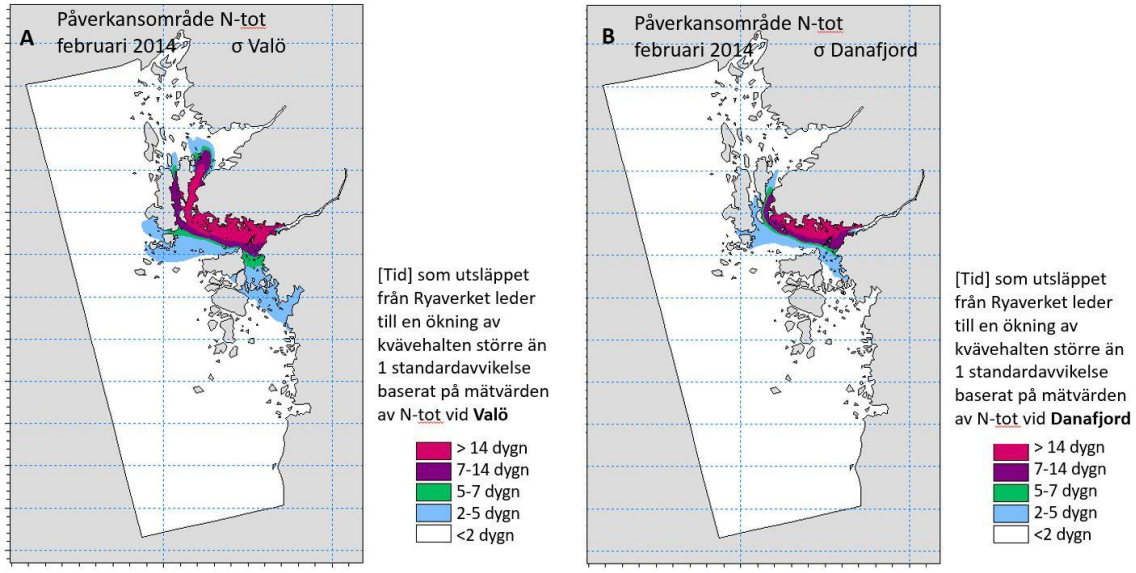


Figur 7-1 Sammanlagd tid under perioden maj-september 2014 som bakteriehalten i recipienten nådde nivåer som medför anmärkning på badvattenkvalitén.

8 Diskussion

Stationen som är utvald som representant för opåverkad recipient är Valö mätstation. Mätvärden från april till och med september från 2000 till 2015 från 0-2 m djup har använts för att räkna fram σ-värdena. På flera dessa stationer har en mätbar förbättring av halterna skett under den aktuella mätperioden (/2/) men serierna har inte korrigerats för trend innan standardavvikelsen räknades ut. Uträkningarna kunde ha gjorts med hänsyn till trenden, och också med högre tidsupplösning, t.ex. per månad för sommarperioden, men eftersom måttet redan från början inte är helt optimalt på grund av den extra kväve- och fosfortillförseln utanför Gryaabs kontroll så valdes att definiera tidsserien som hela sommarperioden för åren 2000-2015.

För att jämförelsen med ”opåverkad recipient” ska fungera bra förutsätts att föroreningskällan, i det här fallet Ryaverket, är ensam om att ge upphov till ökade halter, eller i alla fall är den största utsläppskällan. Det här är ett problem för tolkningen av resultaten i den här studien, eftersom Ryaverket bara står för en mindre del av allt totalkväve och totalfosfor som tillförs recipienten. Tillskottet från Göta Älv av totalkväve är i storleksordningen 3 - 5 gånger större än det från Ryaverket, se Figur 3-4. Det betyder att normalhalterna i Ryaverkets närområde är betydligt högre än de skulle varit med Ryaverket som enda utsläppskälla, och jämförelsen med ”1 σ för opåverkad recipient” inte är helt optimal. För att ge en mer rättvisande bild används därför även medelvärden från mer närliggande (och därmed mer påverkade) mätstationer som jämförelsemått, de är angivna i de orangea rutorna i figurerna Figur 4-1 B och Figur 4-2 B. Stationerna Älvsborgsbron, Skalkorgarna och Danafjord visar alla en påverkan av närsaltstransporten via Göta Älv (/2/). Påverkans omfattning avtar med avstånd från älvmynningen. Av den anledningen kan Danafjord ses som en lämplig kandidat till alternativ referensstation; den uppvisar viss påverkan från Göta Älv, men ligger längst ut mot utsjön i räckan av stationer som påverkas. I Figur 8-1 nedan visas hur det största utbredningsområdet ser ut ifall man i stället skulle välja Danafjord som opåverkad recipient. Panel A är samma som i Figur 4-5 panel A.



Figur 8-1 Ryaverkets största utbredningsområde för totalkväve med A) Valö som definition på opåverkad recipient och med B) Danafjord som definition på opåverkad recipient.

För totalfosfor får inte Ryaverket lika stort genomslag eftersom halterna totalfosfor är mer lika mellan mätstationerna, halten avtar inte med avstånd till älvmynningen på samma sätt som kväve. Detta beror snarare på att det finns ett stort inflöde av totalfosfor utifrån Kattegatt till de yttre stationerna, snarare än att de påverkas av Göta Älv och Ryaverket i samma grad som de inre stationerna. Detta ligger i linje med tidigare studier där både Lars Rydberg (/1/) och DHI (/2/) har visat på att utbytet med havet är den största källan för fosfor till området. Halterna i det vatten som kommer med kustströmmen, ursprungligen från Östersjön, innehåller mycket höga halter fosfor i relation till Ryaverkets utsläpp. Rydberg uppskattar att Kattegatt tillför 15 gånger så mycket fosfor till området som Ryaverket. DHI visar i sin rapport att fosforhalten i recipienten inte minskat sedan 1990 trots att utsläppet av fosfor från Ryaverket har mer än halverats under perioden. För kväve finns däremot under samma tid en tydlig minskning av halten i recipienten som korrelerar med de minskade utsläppen av kväve från Ryaverket.

Som framgår i Figur 8-1 så är omfattningen av det potentiella påverkansområdet känsligt för valet av referensstation, något som man kan ha i åtanke när man värderar Ryaverkets påverkan.

9 Referenser

/1/ Rydberg, Lars, 2010, *Kväve- och fosforomsättningen i Göta älvs mynningsområde, med tonvikt på utvecklingen under 2009-10, samt Ryaverkets, älvens och utsjöns betydelse för klorofyllhalterna i södra älvgrenens mynning.*

/2/ Moreno Arancibia, Patricia, DHI, 2017, *Analys av miljötillståndet 2005-2015,* Gryaab AB

/3/ Larsson, Joakim, 2015, *Läkemedelsrester i Ryaverkets avloppsvatten och effekter på fisk: riskbild och kunskapsluckor*

/4/ Sehlén, R., Malmborg, J., Baresel, C., Ek, M., Magnér, J., Allard, A-S., Yang, J., IVL 2015, Rapport nr B 2218, *Pilotanläggning för ozonoxidation av läkemedelsrester i avloppsvatten.*

/5/ DHI, 2015, *MIKE 21 & MIKE 3 Flow model FM, Hydrodynamic and Transport Module*, Scientific Documentation edition 2016