

Spridningsmodellering Igelstaviken, Södertälje

Spridningsmodelleringar av muddringsmassor och bio-
CCS kylvatten i Igelstaviken

Rapport
Project No. 12806158

2024-01-27

Framtagen för: Söderenergi AB





Spridningsmodellering Igelstaviken, Södertälje

Spridningsmodelleringar av muddringsmassor och bio-CCS kylvatten i Igelstaviken

Rapport

Project No. 12806158

Framtagen för: Söderenergi AB

Representerad av Anna Gustafsson

Kontaktperson:	Anna Gustafsson
Projektansvarig:	Martin Johnsson
Kvalitetsansvarig:	Sina Saremi
Författare:	Martin Johnsson
Projekt No.:	12806158
Godkänd av:	Charlotta Lövestedt
Datum för godkännande:	2024-01-27
Revision:	Final 1.0
Klassifikation:	Restricted: This document may be shared within DHI whereas sharing it outside the DHI Group entities is subject to the client's prior approval.

Filnamn: 12806158_Spridningsmodelleringar Igelstaviken kylvatten och muddring.docx

Förord

Den här rapporten beskriver hydrodynamisk modellering och spridningsberäkningar av kylvatten och muddermassor vid anläggning av bio-CCS anläggning för nytt utlopp och fördjupad hamn för Söderenergi AB's verksamhet i Igelstaviken, Södertälje. Den framtida driftsfasen, där utsläpp av vatten kommer ske söderut via ett nytt utlopp vid ny kaj, har modellerats och jämförts med nuläget och resultaten inkluderas i denna rapport. Modellresultaten som beskrivs här är framtagna som underlag till miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) för den nya verksamheten, inklusive ny vattenverksamhet.

I denna undersökning har arbetet utförts från DHI med Martin Johnsson, fysisk oceanograf, samt Charlotta Lövestedt, Fil.Dr., kvalitetssäkring. Under arbetets gång har löpande kontakt med John Sternbeck på Niras, som utför miljökonsekvensbedömningar, gjort. Alla inblandade har lång erfarenhet inom respektive områden.

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	2
2	Modellering i Igelstaviken.....	4
2.1	MIKE3 Hydrodynamic Flexible (MIKE3 HD FM) Model	4
2.2	Sedimenttransportmodellen (MT)	5
2.3	Modellområdet.....	5
2.4	Modelldata	7
2.5	Validering.....	8
3	Resultat för modellerad spridning: Kylvatten	11
3.1	Kylvatten: befintligt och i framtiden.....	11
3.2	Temperaturskillnad i månadsmedel mellan framtida och befintliga verksamhet	12
3.3	Säsongvariation i temperatur, salthalt och densitet i I1	17
4	Resultat för modellerad spridning: Sedimentspill vid muddring och dumpning.....	19
4.1	Modellinput till muddrig och dumpning.....	20
4.2	Miljömuddring resultat	21
4.3	Kapacitetsmuddring resultat	22
4.4	Kapacitetsdumpning resultat	24
5	Summering och diskussion	26
6	Referenser	27
Appendix A	Temperatur månadsmedel	I
Appendix B	Muddring och Dumpning.....	XV

1 Introduktion

I denna studie undersöks möjligheterna för intag och utlopp av kylvatten för en bio-CCS anläggning i Igelstaviken i Södertälje av Söderenergi AB. Vidare undersöks också muddringspåverkan genom fördjupning och anläggning av en ny kaj vid Igelstaverket samt dumpning av dessa massor i djuphålan vid Halls Holme.

Söderenergi driver ett kraftvärmeverk (IKV) och ett värmeverk (IGV) som levererar fjärrvärme och el till bland annat Södertälje, Nykvarn, Botkyrka, Huddinge och Salem. Bolaget planerar nu att anlägga en CCS-anläggning (Carbon Capture Storage) för att fånga in koldioxiden i de rökgaser som bildas i kraftvärmeverket. Förbränningen baseras till övervägande del på olika biobränslen. Att fånga in koldioxiden för slutlig inlagring i berggrunden innebär ett negativt utsläpp av koldioxid och bidrar således till att minska Sveriges klimatpåverkan.

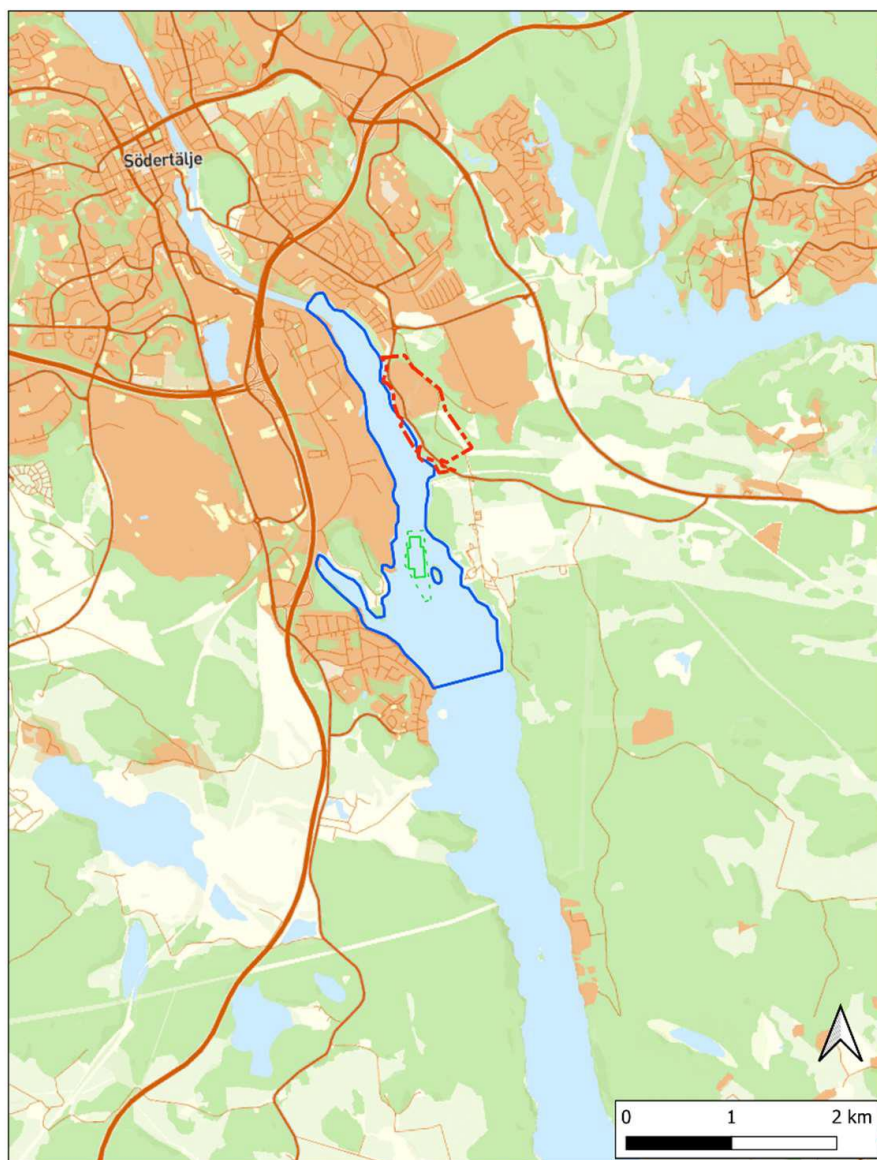
De befintliga anläggningarna är lokaliserade vid Igelstavikens östra strand i Södertälje kommun och det är även här som CCS-anläggningen planeras förläggas (Figur 1.1). Till de befintliga värmeverken hör också en kaj för lossning av bränslen till verksamheten.

Drift av en CCS-anläggning medför ökade kylbehov vilket åstadkoms genom kylning med havsvatten via värmeväxlare. Utsläppet av uppvärmt kylvatten till recipienten kommer därför öka jämfört med dagens verksamhet. Det krävs därför också anläggande och drift av ett nytt vattenintag samt en ny utloppsledning. Den infångade koldioxiden kommer med särskilda fartyg att transporteras bort för slutlig lagring. Drift av Bio-CCS-anläggningen förutsätter därför en ny kaj och viss fördjupning av blivande hamnbassäng.

För att kunna bedöma påverkan från en eventuell framtida verksamhet används en tredimensionell hydrodynamisk cirkulationsmodell för området från Södertälje kanal till södra delen av Hallsfjärden. Modellens syfte är dels att undersöka hur det uppvärmda kylvattenflödet sprider sig från valda positioner och dess påverkan (uppvärmning) av omgivande vattenmassor, och dels att modellera spridning av suspenderade sediment, som spills vid muddrings- och dumpningsaktivitet i området.

Intag- och utloppspositioner skall idealt vara placerade så att nära den planerade anläggningen som möjligt för att minimera ledningsdragning. Anläggningen är tänkt att ligga någonstans på Söderenergi AB's befintliga område. På grund av närheten till farled och hamnområde är antal potentiella placeringar begränsade.

I denna rapport presenteras resultat från de slutliga positionerna som ligger till grund för miljökonsekvensbeskrivningen av den framtida verksamhetens påverkan som kan uppstå till följd av planerade intag och utsläpp av kylvatten, anläggande av intag- och utloppsanläggningar för kylvatten, anläggande (muddring) av en kaj samt dumpning av muddermassor.



Figur 1.1 Överblick av området där Söderenergis nuvarande och framtida verksamhet (röd streckat). Igelstavikens vattenförekomst (blå linje) och i norr (om Igelstaviken) ligger Södertälje kanal med ett utflöde Mälaren.

2 Modellering i Igelstaviken

I detta kapitel beskrivs den använda hydrodynamiska modellen och de drivdata som använts i denna.

Studien för kylvattnets och sedimentplymens spridning har utförts med hjälp av DHIs tredimensionella flödesmodelleringsmjukvara MIKE 3 FM. Modellen har genomförts genom en så kallad "frikopplad" metod, där flödesförhållandena först simuleras med MIKE 3 FM Hydrodynamic and Transport Module (HD). Baserat på resultaten från flödesmodelleringen simuleras därefter sedimenttransporten med MIKE 3 FM Mud Transport Module (MT).

Modellen beskrivs tekniskt övergripande i detta kapitel med fokus på de använda inställningarna. En mer detaljerad beskrivning av programvaran finns i /1/ och /2/.

Modellen har använts för att beskriva hur process- och kylvatten sprids av de lokala strömförhållandena vid den nya framtida driftsfasen.

Då strömningsmönstren är mycket komplicerade och varierar över tid och eftersom det oftast är ett skiktat flöde krävs en hydrodynamisk 3D-modell. Detta är också ett krav för att dynamiskt kunna beräkna det termiska utbytet med atmosfären.

2.1 MIKE3 Hydrodynamic Flexible (MIKE3 HD FM) Model

En hydrodynamisk strömningsmodell har satts upp i MIKE 3 FM, ett tredimensionellt numeriskt modellsystem för beräkning av strömning och transport i vatten. FM står för Flexible Mesh. Detta innebär att området beskrivs med ett ostrukturerat beräkningsnät av trianglar och rektanglar vars storlek kan variera mellan olika delar av modellområdet. På så sätt kan modellens upplösning vara detaljerad i de områden som är av störst intresse och grövre där detaljer inte är lika viktiga. I varje element i beräkningsnätet beräknas strömmarna till riktning och styrka, densiteten (som funktion av temperatur och salthalt), den turbulenta blandningen, lösta ämnens koncentrationer och andra parametrar som efterfrågas.

MIKE 3 består av flera delmoduler. Den grundläggande modulen är den som beräknar de hydrodynamiska processerna (HD), d.v.s. hur vattnet rör sig utifrån de drivande krafterna. Denna modul bygger på välkända hydrodynamiska ekvationer som löses så exakt som beräkningsnätets upplösning, noggrannheten i de drivande krafterna och andra indata tillåter. MIKE 3 HD kan ta hänsyn till alla de viktigaste processerna, vilka är:

- Transport av salt och värme
- Drivning på grund av variationer i densitet
- Bottenfriktion
- Vindens drivning på ytan
- Drivning på grund av vattenståndsvariationer
- Tillflöden och utsläpp från land
- Värmeutbyte med atmosfären
- Istäcke
- Turbulens
- Corioliseffekten

MIKE 3 HD utgör grunden i DHI:s svit av programvaror för marina och kustnära områden och används vid projekt världen över.

2.2 Sedimenttransportsmodellen (MT)

Grumlingen från utsläppt botten sediment i samband med muddring och dumpning har i den här studien modellerats med modulen MIKE 3 FM MT kopplad till den hydrodynamiska modellen.

Sedimentspill som tillförs vattenmassan kommer att spridas med strömmarna. Silt- och lerfraktioner har mycket låga fallhastigheter och kommer därför att förbli i suspension under en lång tid och kan transporteras över långa sträckor. Finkorniga sediment kan sedimentera om strömhastigheterna minskar, men kommer att resuspenderas när den botten nära strömmen eller våginducerade strömmen gör att botten skjuvspänningen överskrider ett kritiskt gränsvärde. Sandfraktioner sedimenterar fort och kommer därmed att förbli i området kring utsläppspunkterna.

För sedimenttransport är de viktigaste parametrarna för spridning av finkornigt bottenmaterial som silt och ler:

- Fallhastighet
- Kritisk botten skjuvspänning för sedimentation (under vilken sediment deponeras)
- Kritisk botten skjuvspänning för erosion (över vilken sediment resuspenderas)

Spridningen av fina sediment beräknas med sedimentspridningsmodulen MIKE 3 FM MT (*Mud Transport*). Modellen är integrerad med hydrodynamik- och vågmodellen och tar hänsyn till:

- Det beräknade spillet av sediment som en funktion av tid, position och typ av material.
- Advektion¹ och dispersion² av suspenderat sediment i vattenpelaren som en funktion av de tredimensionella strömmarna beräknade med MIKE 3 HD.
- Sedimentation av spill.
- Resuspension av spill till följd av botten skjuvspänningar orsakade av kombinationen av vågor och strömmar.

Den kritiska botten skjuvspänningen för deposition är i modellen satt till $0,7 \text{ N/m}^2$ och botten skjuvspänningen för erosion (för resuspensionen) sattes till $0,2 \text{ N/m}^2$. Bägge dessa är standardvärden. Vid $0,2 \text{ N/m}^2$ kan löst och nyligen deponerat material erodera, men modellen eroderar inte konsoliderat bottenmaterial, det vill säga det är bara det tillförda materialet från borrhningen och spolningen som kan eroderas och resuspenderas i modellen. Den befintliga botten eroderas inte i modellen och inget material från den ingår i resultaten för pålagring.

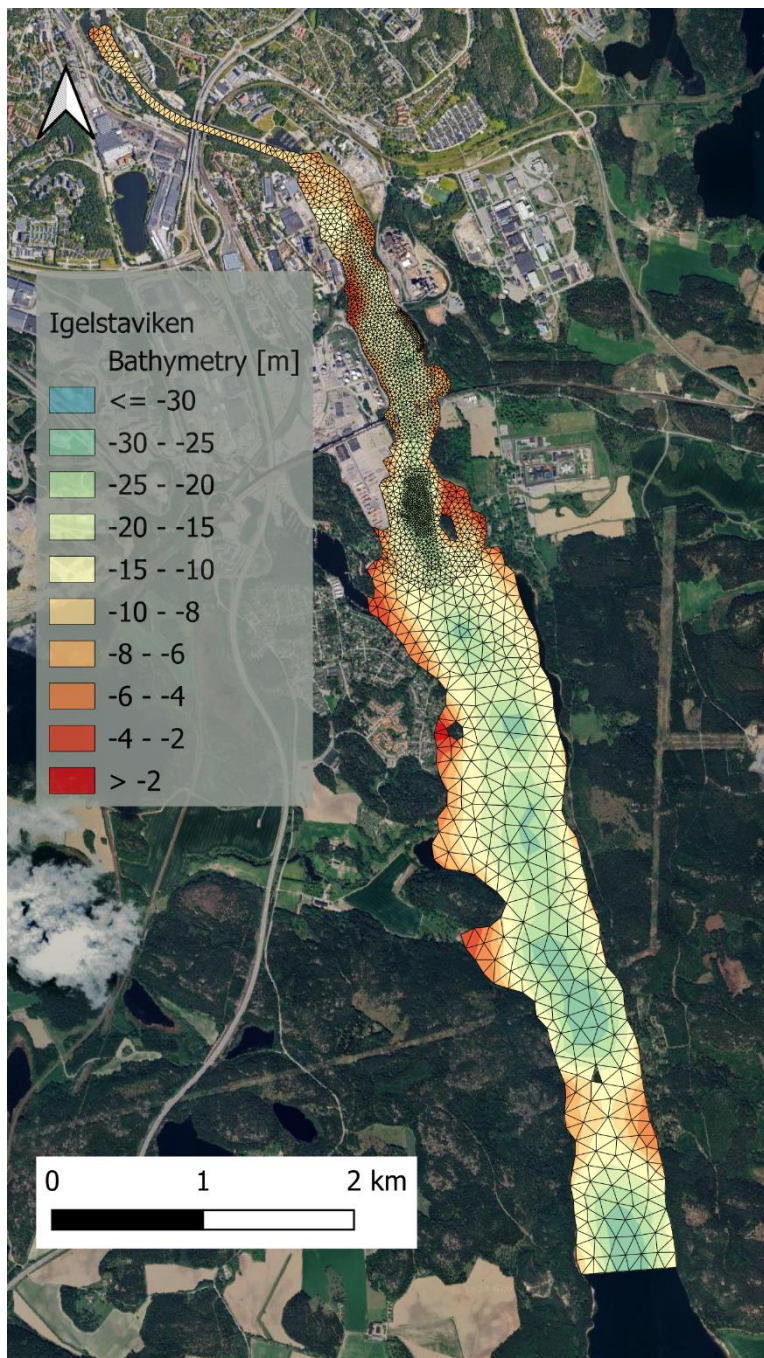
2.3 Modellområdet

Modellen täcker området från utloppet av Södertälje kanal till Fläsklösa i Hallsfjärden (Figur 2.1). Den horisontella upplösningen är som högst runt positionerna för intag och utlopp för kylvattnet, muddrings- och dumpningsområdet, där de triangelformade gridcellerna är mellan 10 och 15 m i längd. Beräkningsnätet blir sedan succesivt grövre. Vertikalt är upplösningen alltid 24 lager ned till 24 m djup som kan variera i tjocklek beroende på aktuellt djup och sedan 1 m lager hela vägen ned till botten där det är djupare än 24 m. De översta lagren ner till 24 m är s.k. konturföljande lager (σ -lager) som kan krympa eller växa i tjocklek för att kunna ta hänsyn till förändringarna i vattenstånd, se Figur 2.2. Lagren närmast botten varierar i tjocklek från 1 m ned till som minst 30 cm för att kunna ta hänsyn till de faktiska djupen. Det djupdata för området som använts för att

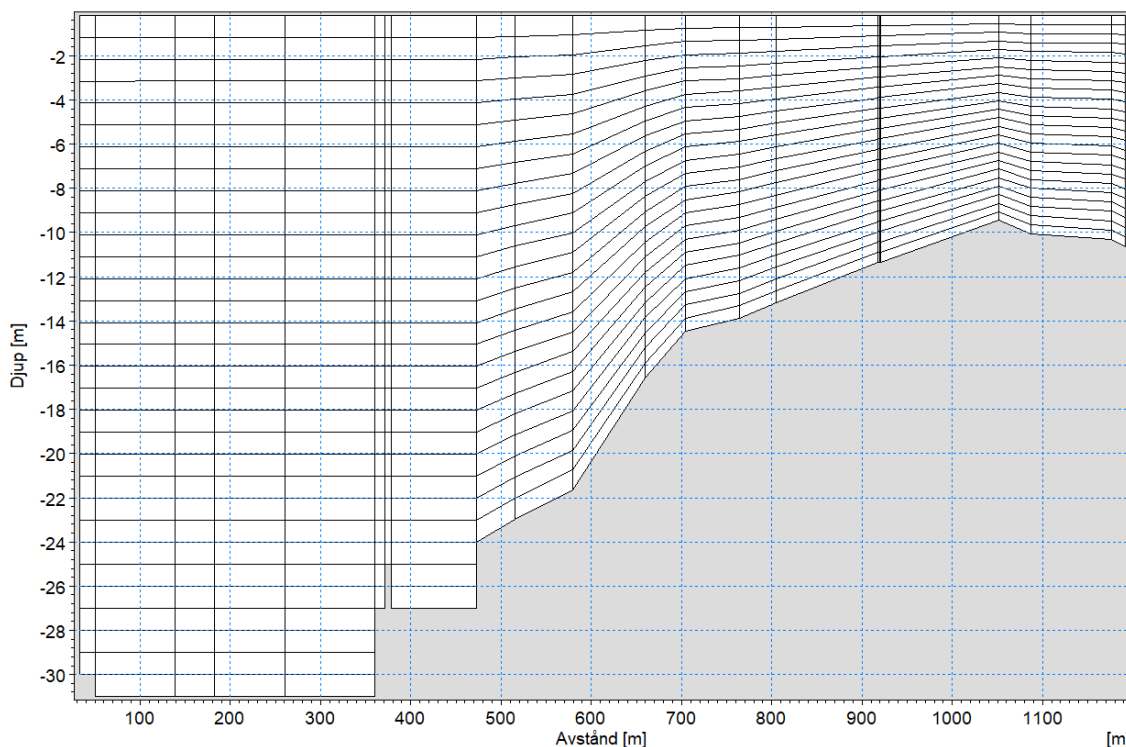
¹ Transport med strömmarna

² Spridning (utspädning)

bygga beräkningsnätet är ursprungligen levererat av Sjöfartsverket och hade upplösning på decimeternivå horisontellt.



Figur 2.1 Modellöversikt med beräkningsnät och djup (Bathymetry).



Figur 2.2 Exempel på vertikal lagerindelning. Från 0 till 24 m är den konturföljande (24 lager oavsett djup) och från 24 m och djupare återfinns 1 m tjocka lager.

2.4 Modelldata

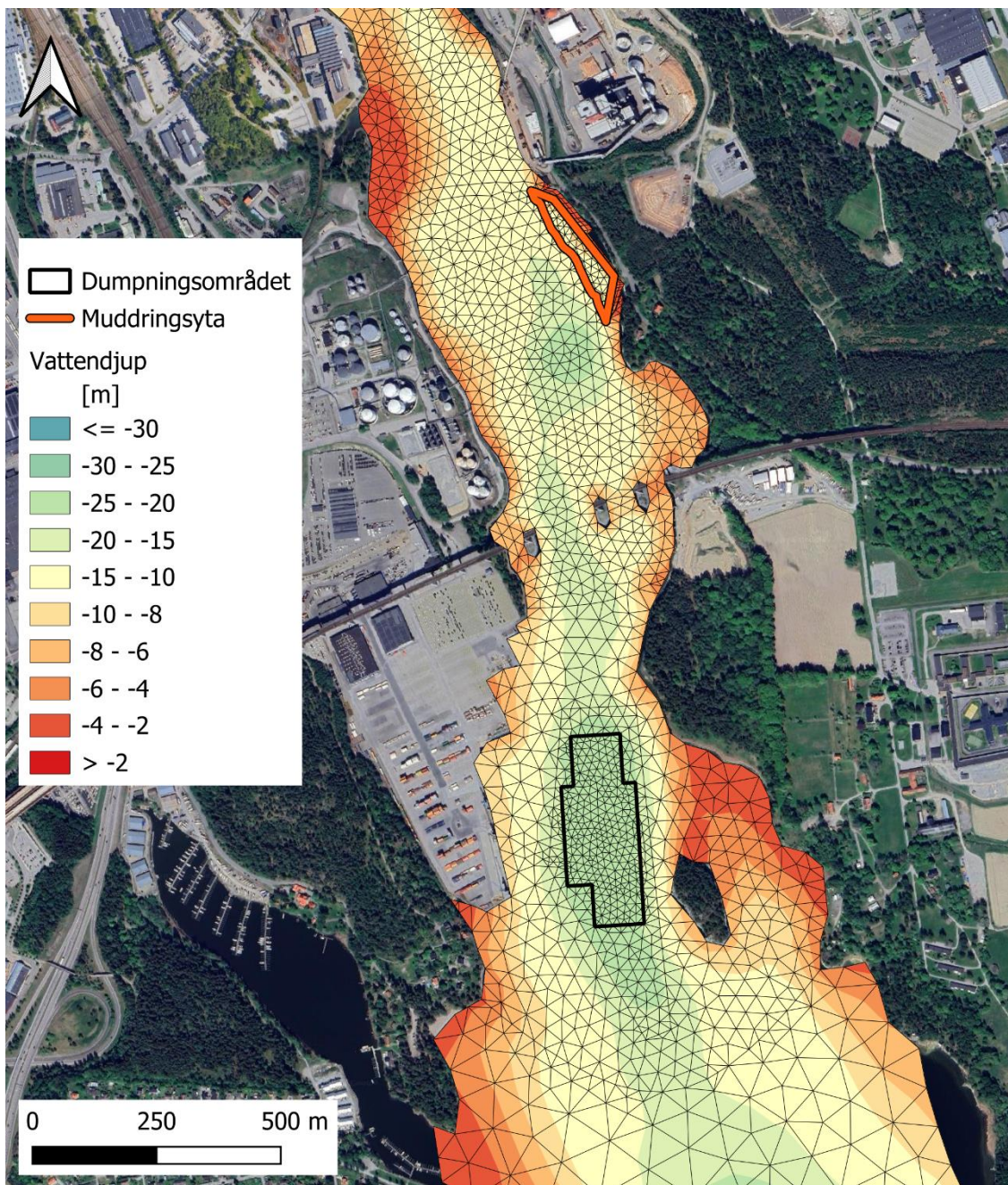
På den öppna randen norr om Fläsklösa i Hallsfjärden drivs modellen med dynamiska modellerade data över salt, temperatur, vattenstånd och strömmar från en modell byggd av DHI för Sjöfartsverkets räkning som täcker området från Landsort in till Södertälje. Den modellen i sin tur får sina randdata från DHI's operativa modell Water Forecast som täcker Östersjön, Kattegatt, Skagerak och Nordsjön.

Tidsserier för inflödet från Södertälje kanal och från Bränningeån i Hallsfjärden kommer från stationskorrigerade data från SMHI's S-HYPE, nedladdade från SMHI's vattenweb.

Griddade (i rutnät) meteorologiska data för vind, lufttemperatur och lufttryck kommer från företaget STORMGEO.

För att validera modellen har även observationsdata från station H7 från Himmerfjärdens Eutrofieringsstudie³ använts på randen, för året 2010. Observationsdata levererades av Ulf Larsson på Stockholms universitet.

³ <http://www2.ecology.su.se/dbhfj/index.htm>



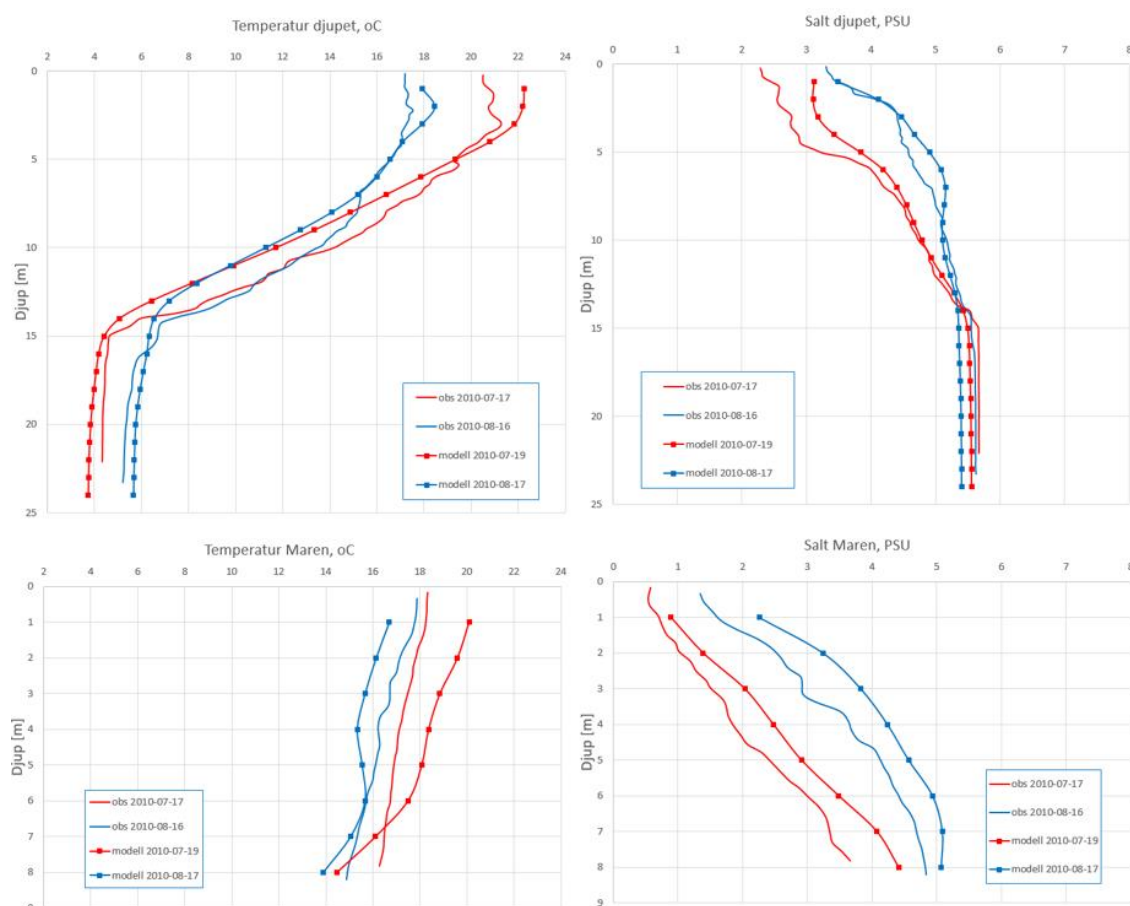
Figur 2.3 Inzoomning på områdena för kylvattenutsläpp, muddring och dumpning
 Kylvattenutsläppen är i huvudsak placerade inom muddringsytan.

2.5 Validering

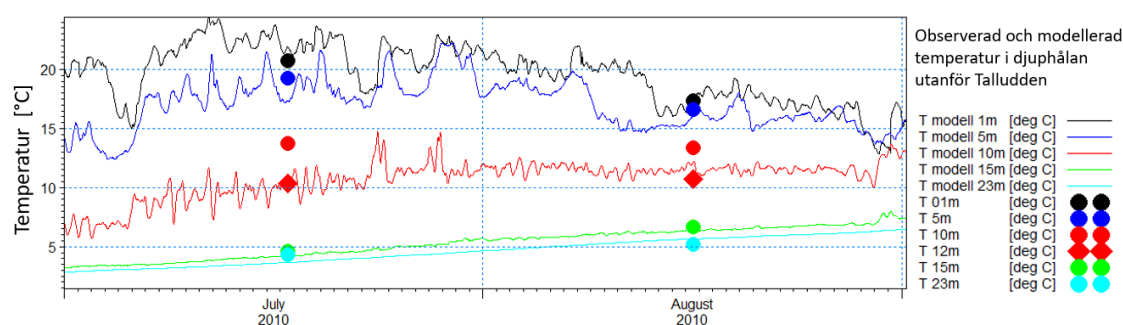
För att undersöka hur modellen reproducerar observationsdata användes observationer av temperatur och salt från station H7 (Himmerfjärden) för året 2010 som är belägen nära södra randen i modellen och från djuphålan utanför Talludden samt Maren uppe vid utloppet från Södertälje kanal.

Valideringen visar att modellen på ett bra sätt kan återskapa temperatur- och saltprofilerna i djuphålan utanför Talludden. I den grunda Maren överskattar modellen salthalten något. Figur 2.4 visar djupprofiler av temperatur (vänster) och salthalt (höger) för djuphålan (överst) och Maren (nederst), med observationsdata som heldragna linjer och modelldata

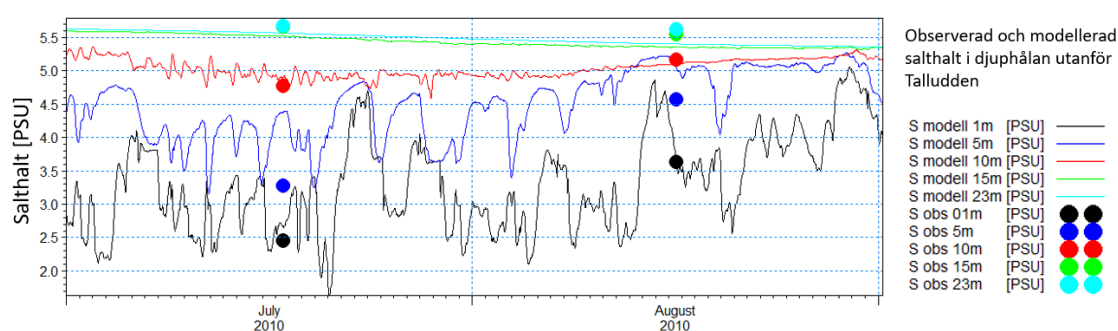
som prickade linjer. I Figur 2.5 och Figur 2.6 visas tidsserier av modelldata för djuphålan som heldragna linjer med observationerna som fyllda markörer. Färgen på linje och markör indikerar djupet.



Figur 2.4 Djupprofiler av temperatur (vänster) och salthalt (höger) för djuphålan (överst) och Maren (nederst), med observationsdata som heldragna linjer och modelldata som prickade linjer.

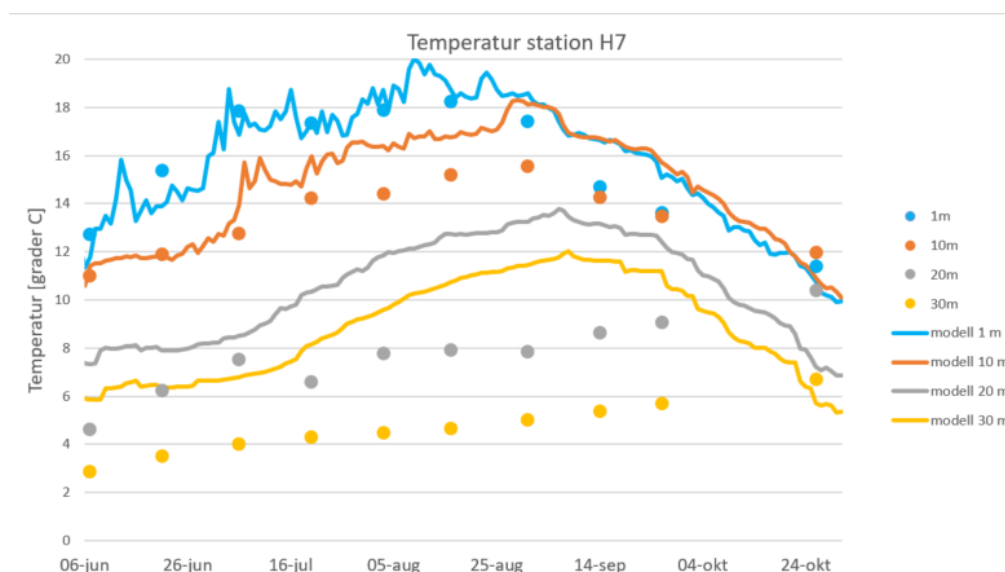


Figur 2.5 Tidsserier av temperatur från modellen som heldragna linjer. Observationsdata som fyllda markörer. Färg på linje och markör indikerar djup.



Figur 2.6 Tidsserier av salthalt (underst) från modellen som heldragna linjer. Observationsdata som fyllda markörer. Färg på linje och markör indikerar djup.

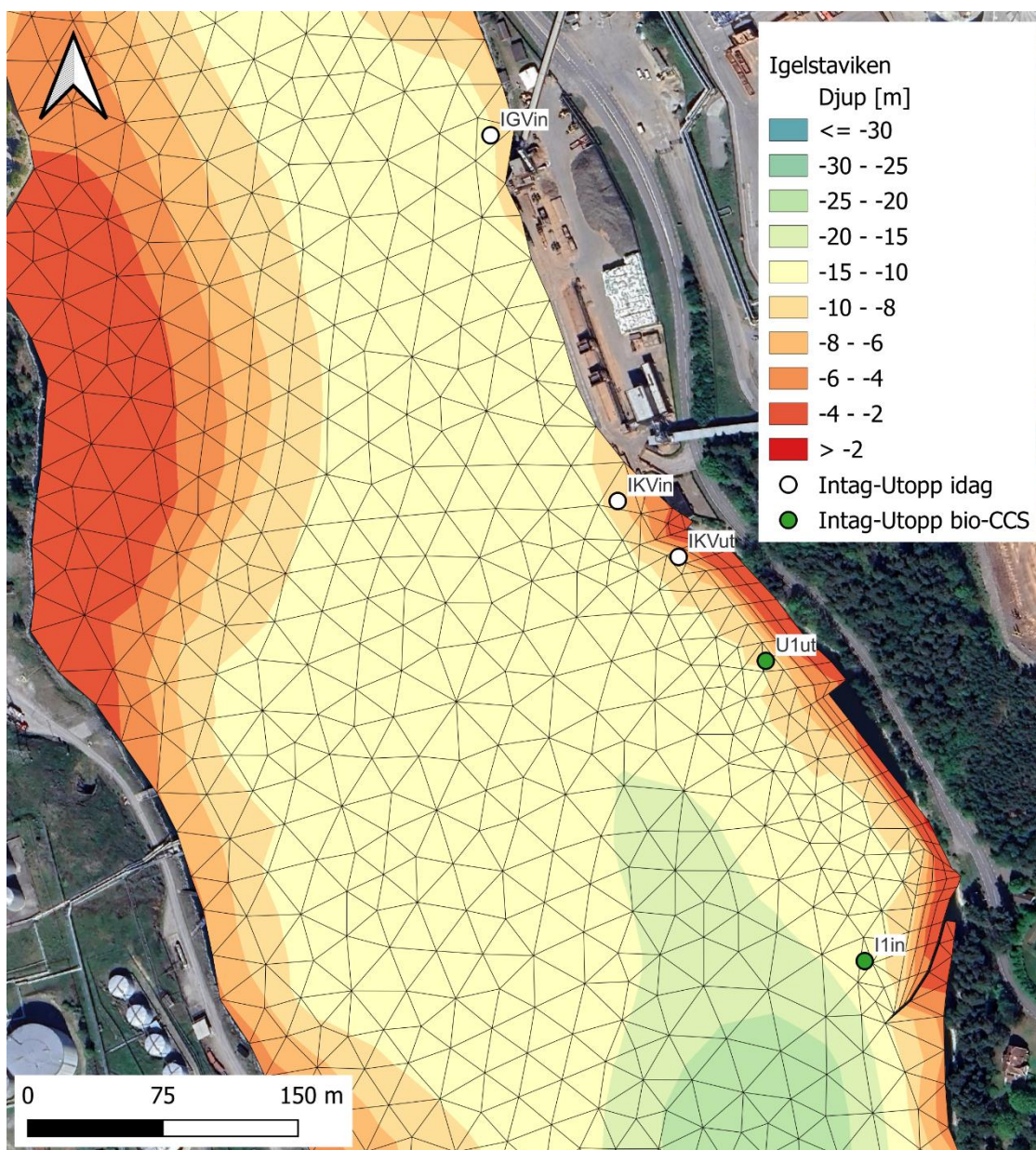
Observationerna vid station H7 är gjorda var annan vecka eller månatligt under 2010. För att kunna köra modellen med mer dynamiska randdata med högre tidsupplösning används i stället modellerade data från år 2015. Tidsupplösningen på dessa är en gång i timmen. Jämför man den modellerade randdata för salt och temperatur (från 2015) med den observerade (från 2010) kan man konstatera att 2015 var ett något varmare år, och att modellen som producerat randdata sannolikt överskattar temperaturerna något på djupet mot slutet av sommaren, se Figur 2.7. Det skulle eventuellt innebära att vattnet i modellen som helhet blir något för varmt och de modellerade intagstemperaturerna något högre än vad man kan förvänta sig under ett normalår.



Figur 2.7 Jämförelse av drivdata till modellen från år 2015 (heldraget) mot observationsdata (prickar) från station H7 för år 2010.

3 Resultat för modellerad spridning: Kylvatten

I detta kapitel beskrivs olika beräkningsscenarier temperatur vid intag och spridning av kylvatten. Fokus på resultaten är skillnaden mellan utsläpp från dagens verksamhet och den framtida verksamheten då bio-CCS anläggningen tillkommer. I Figur 3.1 nedan visas beräkningsnätet i verksamhetsområdet och positioner för intag och utsläpp.



Figur 3.1 Positioner för intag- och utlopp av kylvatten för idag (vita punkter) och tillägg i framtiden för bio-CCS (gröna punkter).

3.1 Kylvatten: befintligt och i framtiden

Intags- och utsläpps volymflöden och ΔT (temperaturpåslag mellan intag och utsläpp) för befintlig och framtida verksamhet (CCS) är angivna i Tabell 3.1 nedan. CCS skall ses som ett tillägg till befintlig verksamhet. Det äldre värmeverket IGV som är beläget norr om IKV drivs också av Söderenergi och berör samma recipient och är i drift året om. Vattenflödena

är dock små och saknar betydelse för recipienten och har därför inte inkluderats i beräkningarna.

Tabell 3.1 Volymflöden för intag och utsläpp samt ΔT för det utsläppta kylvattnet

Månad	IKV in [m ³ /s]		IKV ut [m ³ /s]	ΔT [°C]	CCS in [m ³ /s]	CCS in [m ³ /s]	ΔT [°C]
Januari	400		440	3	2800	2800	20
Februari	400		440	3	2800	2800	20
Mars	400		440	3	2800	2800	20
April	400		440	3	2800	2800	20
Maj	400		440	3	2800	2800	20
Juni	400		440	3	2800	2800	20
Juli	400		440	0	0	0	0
Augusti	400		440	0	0	0	0
September	400		440	3	2800	2800	20
Oktober	400		440	3	2800	2800	20
November	400		440	3	2800	2800	20
December	400		440	3	2800	2800	20

Alla intagen i modellen antas ske 1 m ovanför botten och utsläpp har satts till 1 m under vattenytan. Flödesriktningen för utgående vatten är initialt riktat bort från land och ut mot centerlinjen av fjärden.

Intagsvattnet använder momentant den omgivande vattentemperatur och salthalt vid angiven position och djup. Det uppvärmda kylvattnet, som släpps ut, har samma egenskaper som vattnet vid intagspositionen förutom att ett ΔT har adderats till temperaturen.

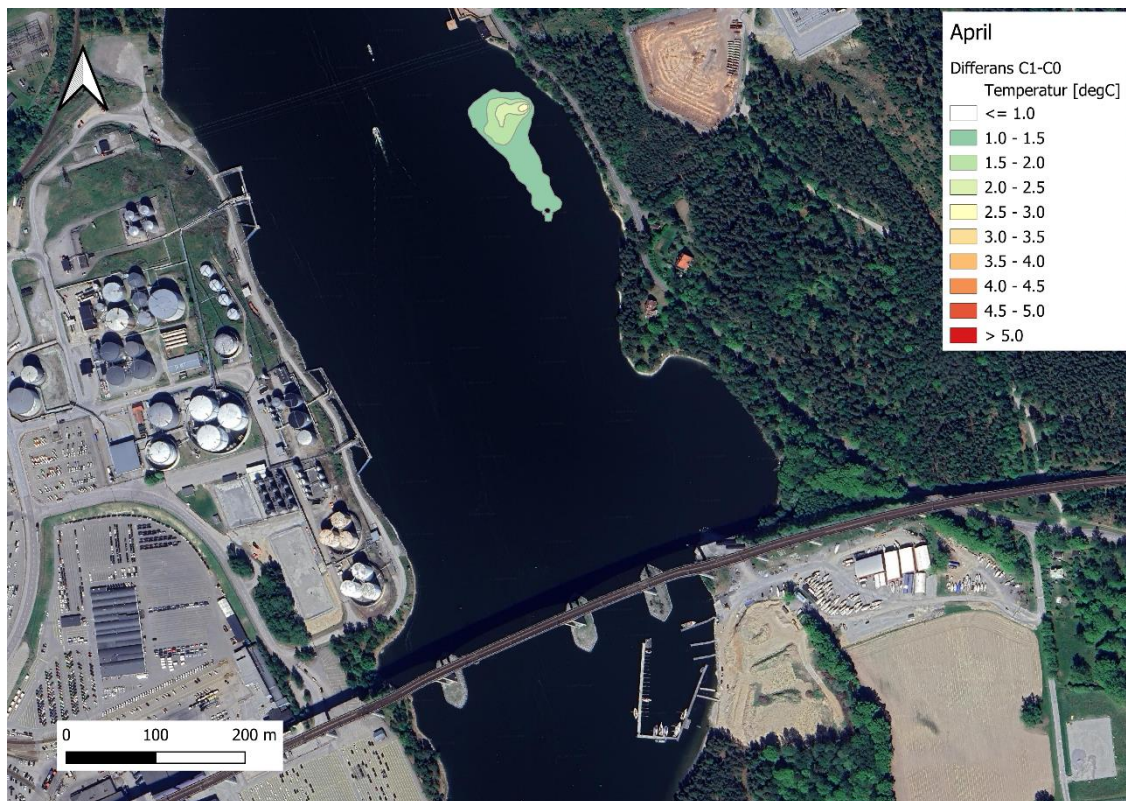
I denna studie har utsläpp modellerats för mars-juni och september-november. I juli och augusti är anläggningarna nedstängda för underhåll och inget intag eller utsläpp sker.

3.2 Temperaturskillnad i månadsmedel mellan framtida och befintliga verksamhet

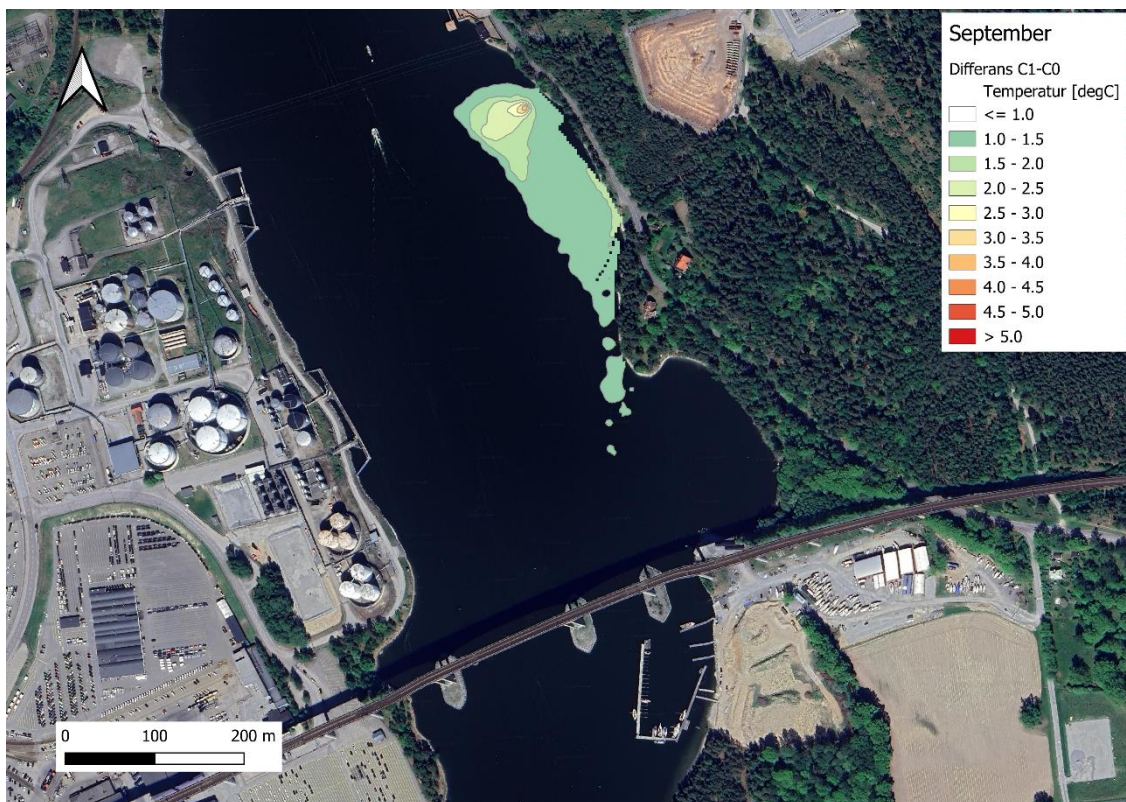
Påverkan från framtida verksamhet redovisas genom att beräkna differensen mot befintlig verksamhet. Eftersom den framtida verksamheten släpper ut mer uppvärmt vatten är alltid differensen positiv. Medelvärde av temperaturen i de översta 4 m i vattenkolumnen görs alltid innan jämförelsen mellan beräkningsscenarierna.

I Appendix A redovisas resultat som månadsmedel för samtliga simulerade månader (mars-juni och september-november) och i Figur 3.2 och Figur 3.3 nedan visas exempel från april och september. Påverkan blir något större i september än i april och att det närmast utsläppet inom några meter kan bli upp till fem graders skillnad medan området

som påverkar upp till en grad sträcker sig ca 300 m, huvudsakligen söderut, från utsläppspunkten. I djupled sträcker sig temperaturpåverkan ned till 4m djup.

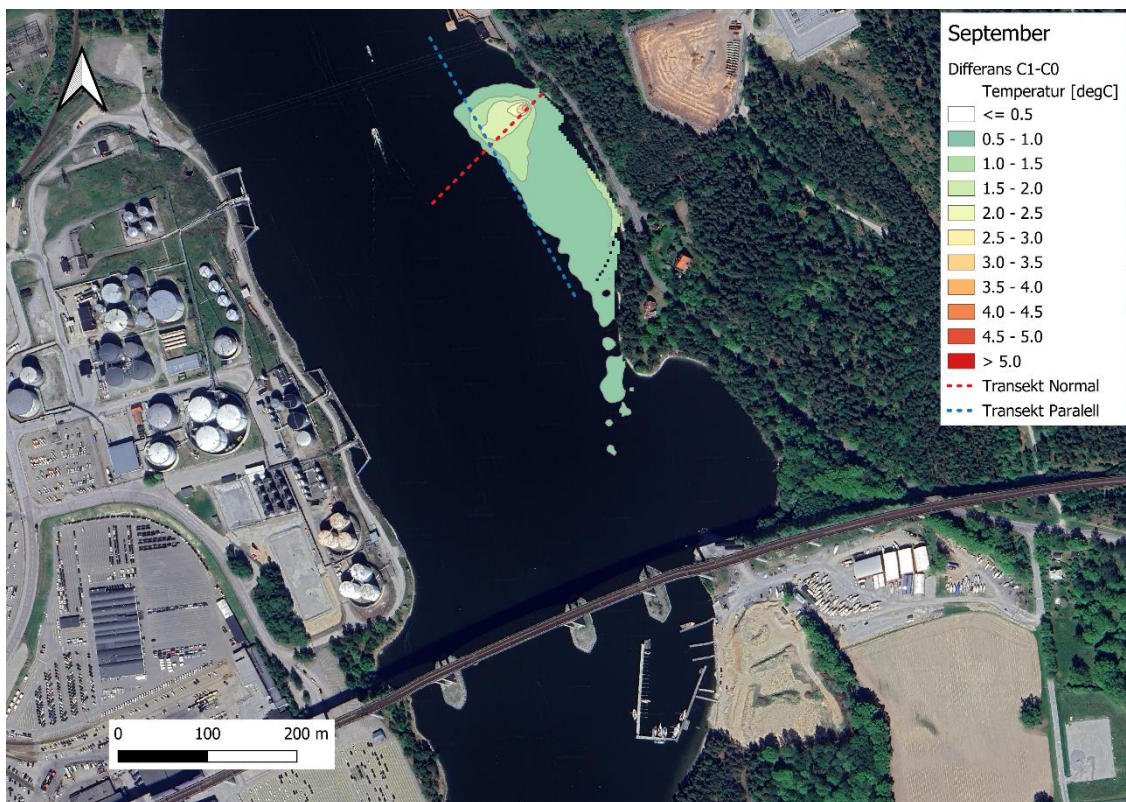


Figur 3.2 Temperaturskillnad i månadsedel, för april i de översta 4 m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

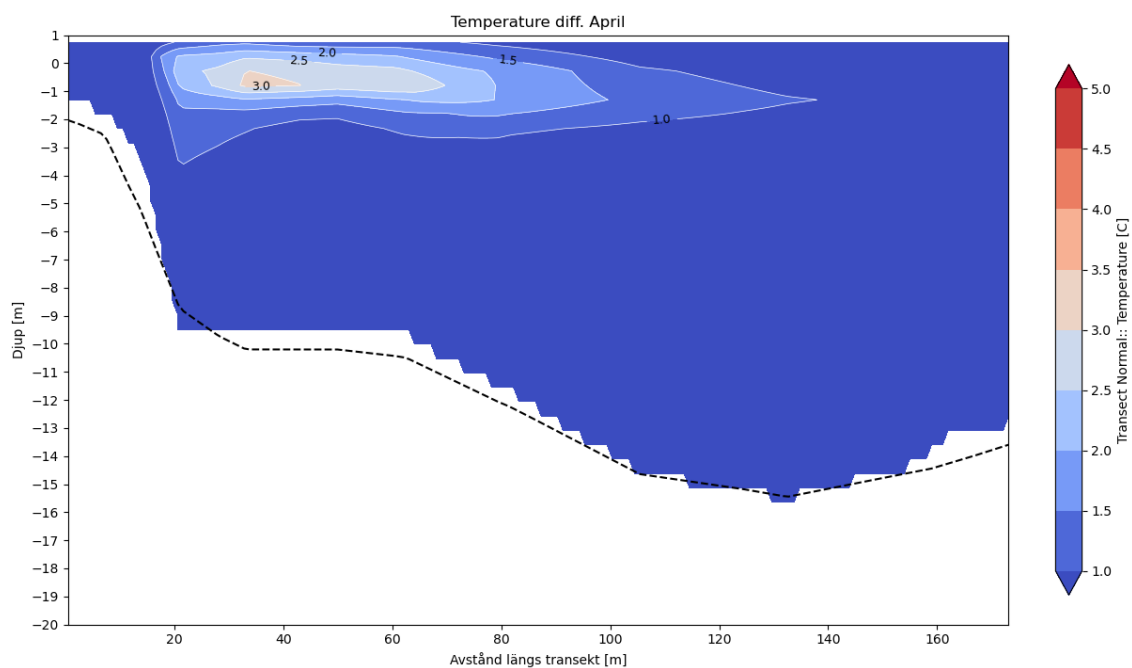


Figur 3.3 Temperaturskillnad i månadsedel, för september i de övre 4 m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

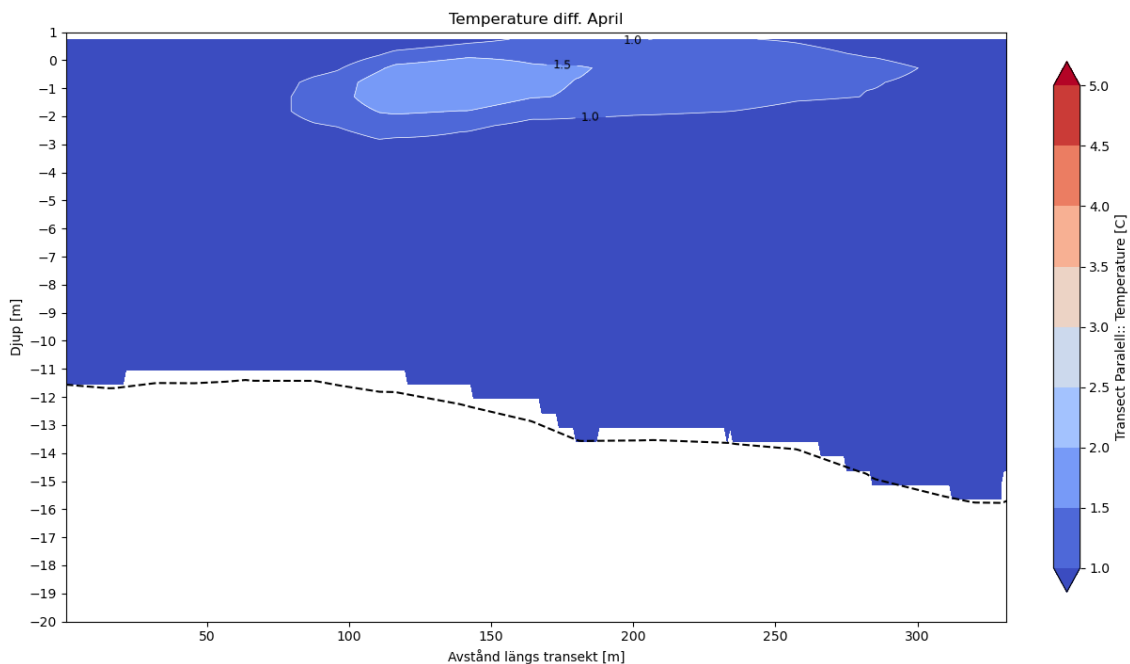
Skillnaden längs djuptransekter har också gjorts för att bedöma uppvärmningen i vertikalled. I Figur 3.4 ses positionen för transekterna, en rakt ut från strandlinjen som går genom utloppet ("Normal") och en ungefär parallellt med strandlinjen ("Parallell"). Alla transekter återfinns i Appendix A och nedan visas exempel för april (Figur 3.5 och Figur 3.6) och oktober (Figur 3.7 och Figur 3.8).



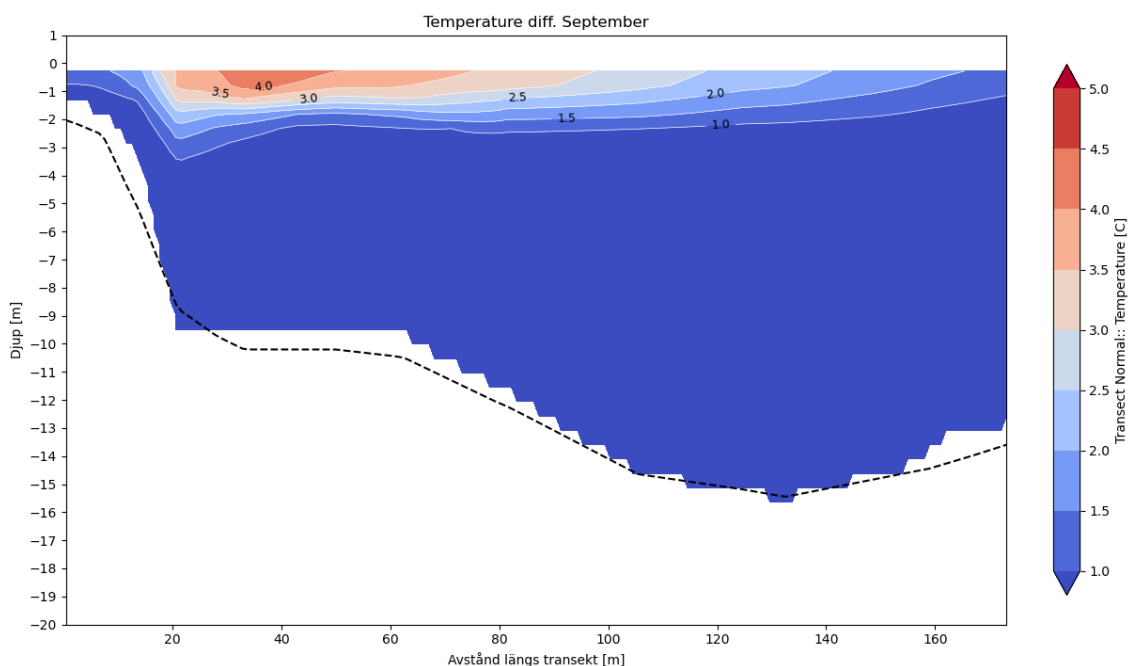
Figur 3.4 Positioner för djuptransekterna. Röd "Normal" och blå "Parallell".



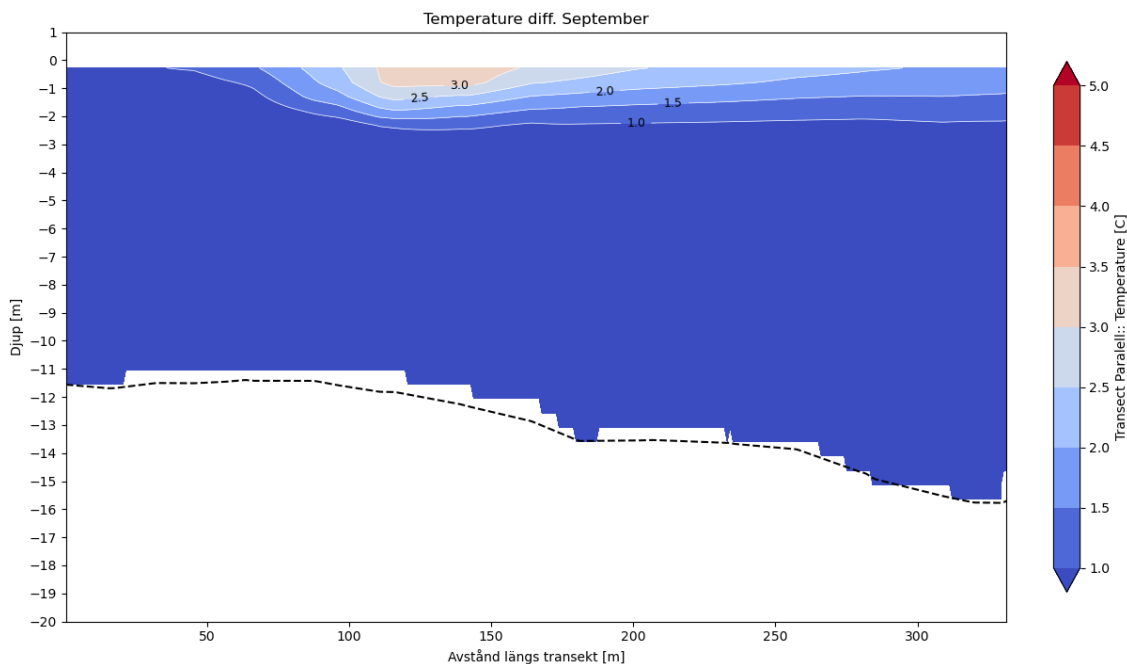
Figur 3.5 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för april i de övre 4 m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



Figur 3.6 Djuptransekt "Parallell". Temperaturskillnad i månadsedel, för april i de övre 4 m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



Figur 3.7 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för september, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



Figur 3.8 Djuptransekt "Parallell". Temperaturskillnad i månadsedel, för september, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

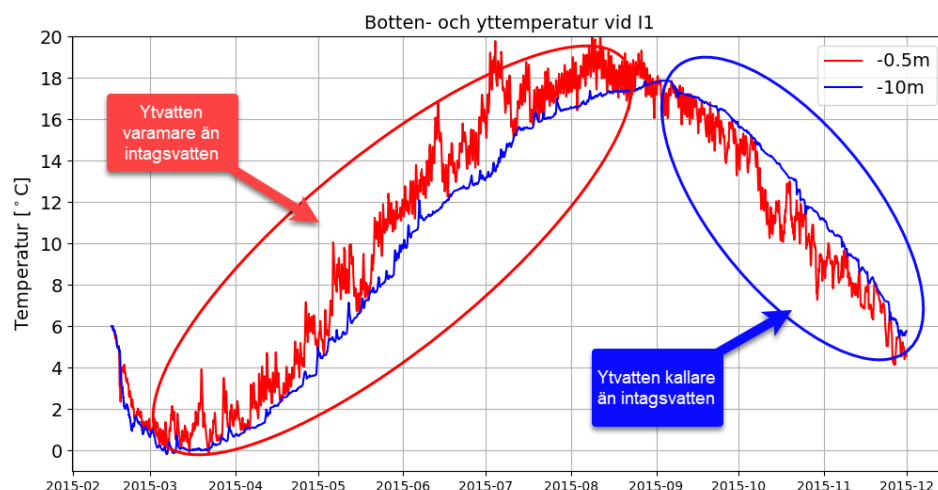
3.3 Säsongsvariation i temperatur, salthalt och densitet i I1

Temperaturen i luften och i vattnet varierar naturligt över året och påverkar storleken på temperaturpåverkan från kylvattnet. Temperaturen vid ytan och botten är något fasförskjutna på grund av trögheten i det termiska utbytet mellan dessa skikt. Som ett exempel visas temperaturen, 0,5 m under ytan och på 10 m djup nära botten, vid CCS intaget "I1" (se Figur 3.9).

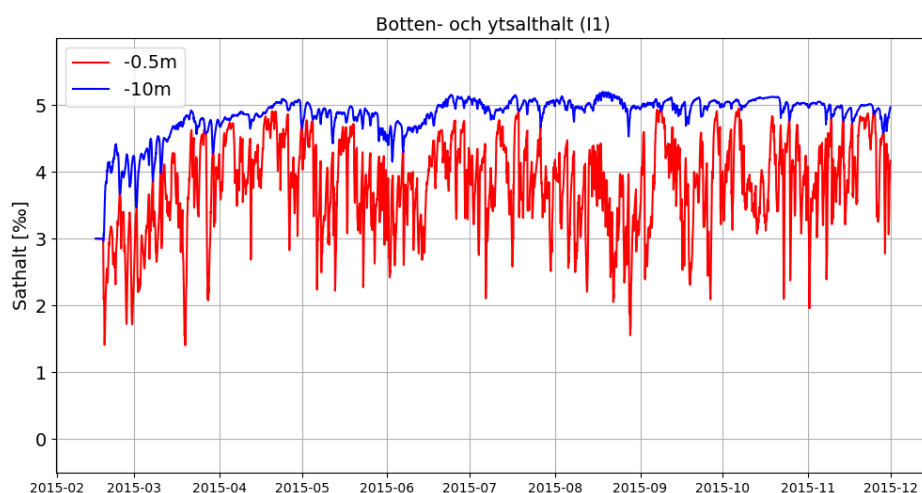
Säsongsvariation ses över året på båda djupen men de är dock mer eller mindre förskjutna från varandra över året (och olika varma beroende på säsong). Vid två tillfällen möts temperaturerna vid ytan och botten och det sker ungefär i början av mars och i början av september. I perioden mellan mars och tidig september är ytemperaturen generellt högre än i bottenvattnet och det omvända sker mellan tidig september och november.

Samma säsongsvariationer kan inte ses i salthalten (Figur 3.10) men återspeglas i vattendensiteten där den kombinerade effekten av temperatur och salthalt kan ses i Figur 3.11.

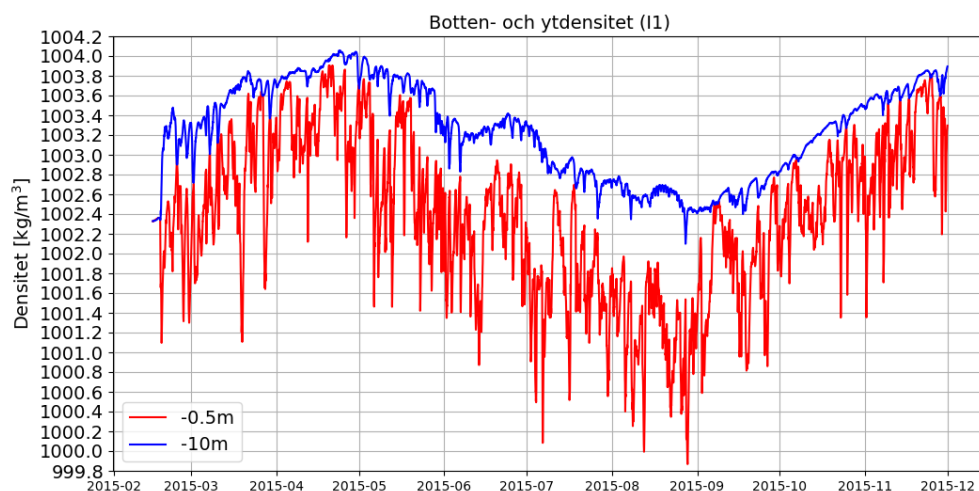
Effekten av att intagsvattnet är något varmare än ytvattnet på hösten gör att temperaturskillnaderna blir något större då man jämför temperaturpåverkan mellan dagens- och framtidens verksamhet. Se



Figur 3.9 Vattentemperaturen vid ytan och botten vid intagspunkten I1. Röd (yta) och blå (botten).



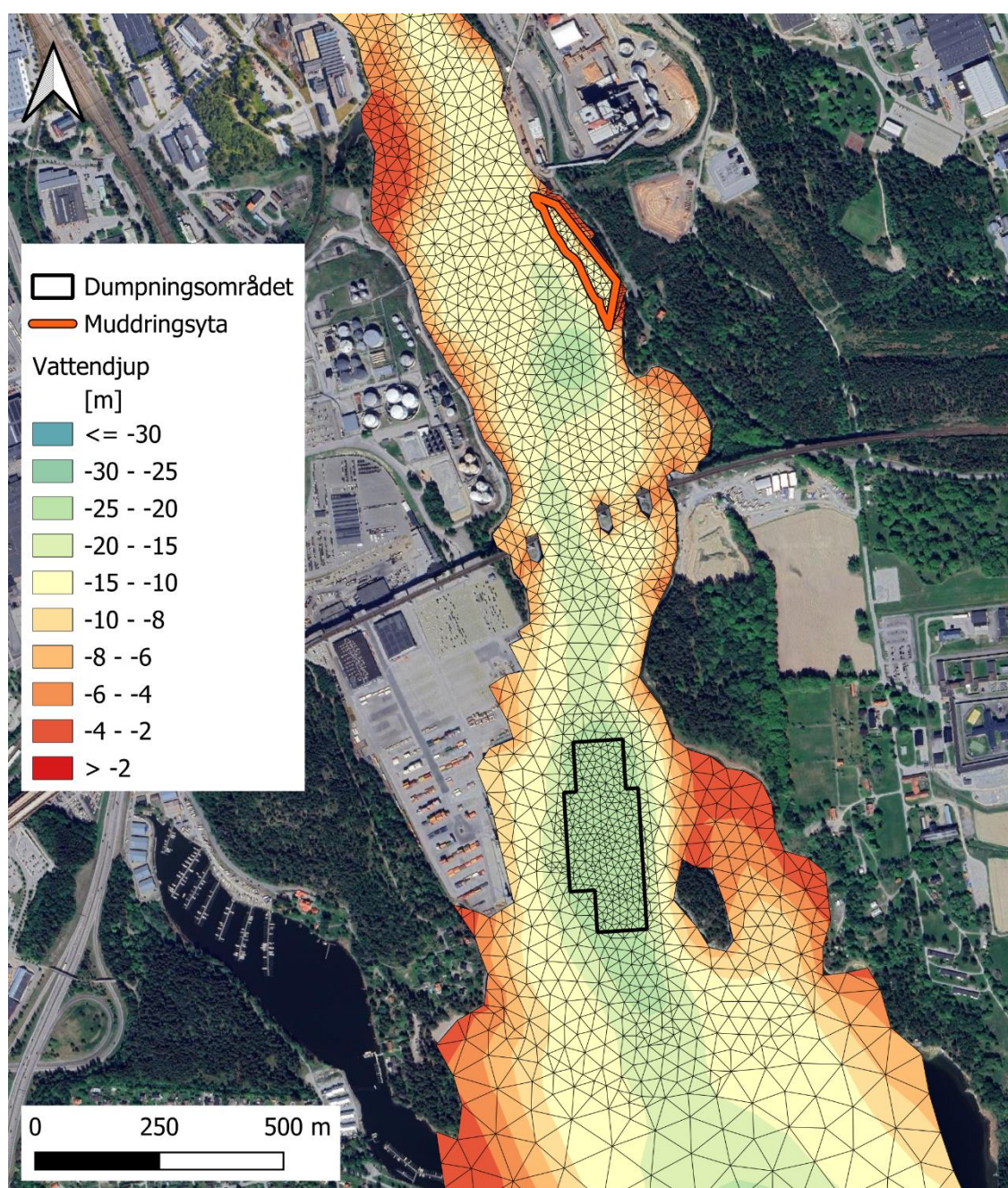
Figur 3.10 Salthalten vid ytan och botten vid intagspunkten I1. Röd (yta) och blå (botten).



Figur 3.11 Vattendensiteten vid ytan och botten vid intagspunkten I1. Röd (yta) och blå (botten).

4 Resultat för modellerad spridning: Sedimentspill vid muddring och dumpning

I detta kapitel beskrivs spridningen av sediment vid muddring och dumpning. Muddringen sker vid anläggningen av den nya kajen och sker i två steg. Det första steget är en så kallad miljömuddring som mer försiktigt tar de översta mest förorenade sedimenten för minimalt spill och detta material tas omhand på land. Därefter genomförs en snabbare kapacitetsmuddring som tar resten av erforderliga muddringsvolymen och dumpar materialet under arbetets gång. I Figur 4.1 visas en översikt på vart muddrings- och dumpningsområdena ligger



Figur 4.1 Områdena för muddring (röd) och dumpning (svart).

Muddringsytan som behöver muddras för att skapa hamnbassängen till den nya kajplatsen för utlastning uppgår till ca 15 800 m². Ytan är redovisad i Figur 4.1. Sedimentprovtagning

visar på förhöjda föroreningshalter i ytsedimenten som bedöms komma att behöva tas upp på land. Det förorenade ytskiktet är i stort sett utbredd över hela muddringsytan och varierar i djupled från 40 cm till 70 cm. Den totala mäktigheten på sedimentlagret som behöver tas bort bedöms uppgå till från ca 0,5 m och upp till ca 7 m.

Muddringsarbetena kommer att inledas med en skiktmuddring där man med stor noggrannhet tar bort det förorenade skiktet. Det kan bli krav på att använda tätslutande miljöskopa vid muddring av de förorenade massorna vilket minskar spillet något. Beräknad mängd massor inklusive viss övermuddring uppgår till ca 9 300 fm³ [fasta kubikmeter] Alla skiktmuddrade massor förväntas behöva tas upp på land.

Efter miljömuddringen är slutförd kommer kapacitetsmuddringen att påbörjas. Muddring utförs med grävuddervek som lastar massorna till pråm för tippning vid djuphåla ca 1,1 km söder om hamnen vid Halls Holme. Muddringsarbetet omfattar dels muddring av hamnbassäng och urgrävning för utläggning av erosionsskydd. Mängden massor som behöver muddras uppgår till ca 53 300 fm³.

4.1 Modellinput till muddring och dumpning

Följande information nedan har erhållit från Söderenergi AB använts i modelleringen av spridning av muddrings- och dumpningsmassor.

Sedimentet består av fem typer med olika fraktion och med olika egenskaper enligt Tabell 4.1

Tabell 4.1 Sedimenttyper och egenskaper

Typ	Fraktion [%]	Fallhastighet [mm/s]	Storlek [µm]	Densitet deponerat material [kg/m ³]
Ler	10	0,02	1-2	300
Finsilt	20	0,04	10	300
Mellansilt	30	0,16	30	300
Grovsilt	30	0,51	60	300
Sand	10	1,00	63	1600

Muddringsschema enligt Tabell 4.2 och Tabell 4.3 användes för spillberäkningar.

Tabell 4.2 Muddringsschema miljömuddring

Beskrivning	Mängd
Muddringskapacitet vid skiktmuddring	800 fm ³ /dygn
Bedömt antal muddringsdagar	16 dagar
Antaget spill vid skiktmuddring	4%

Tabell 4.3 Muddringsschema kapacitetsmuddring

Beskrivning	Mängd
Muddringskapacitet vid skiktmuddring	2000 fm ³ /dygn
Bedömt antal muddringsdagar	33 dagar

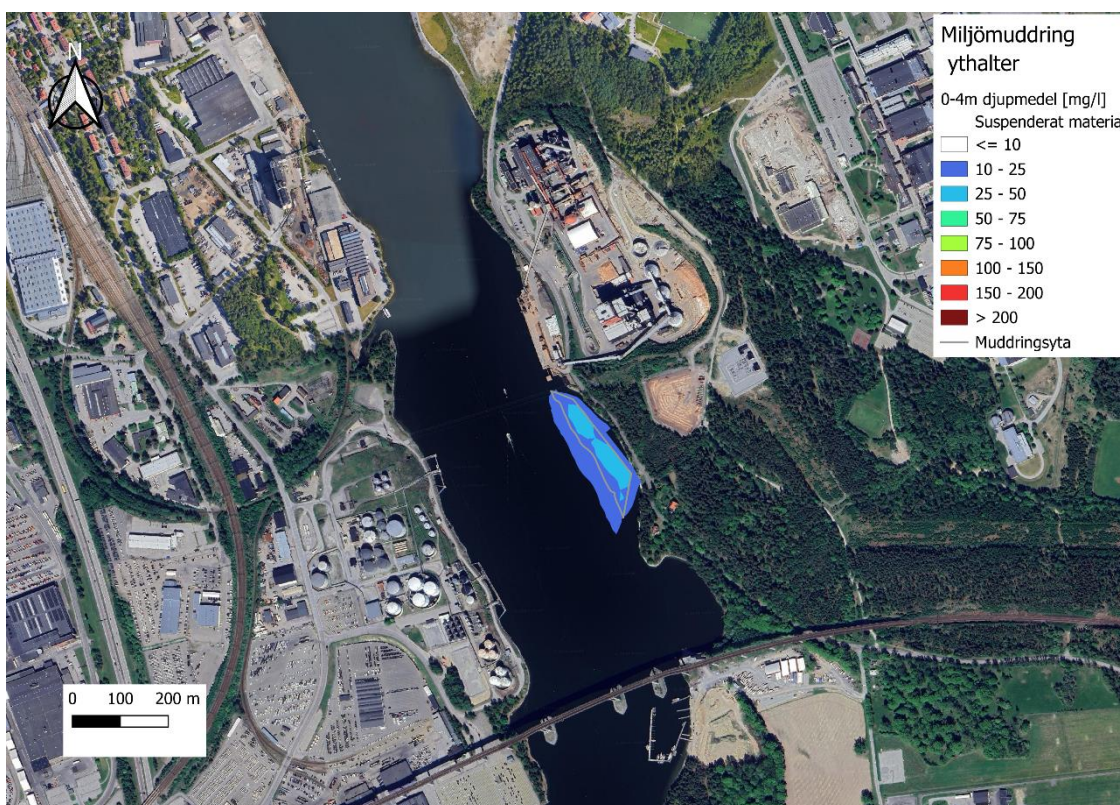
Antaget spill vid skiktmuddring	5%
---------------------------------	----

Dumpningen av kapacitetmuddrat material planeras att ske med 6 timmars intervall (dygnet runt) av fullastade pråmar under muddringens gång. Positionerna för både muddrings- och dumpningsspill varierar över tiden under hela kampanjen så att majoriteten av respektive område täcks in.

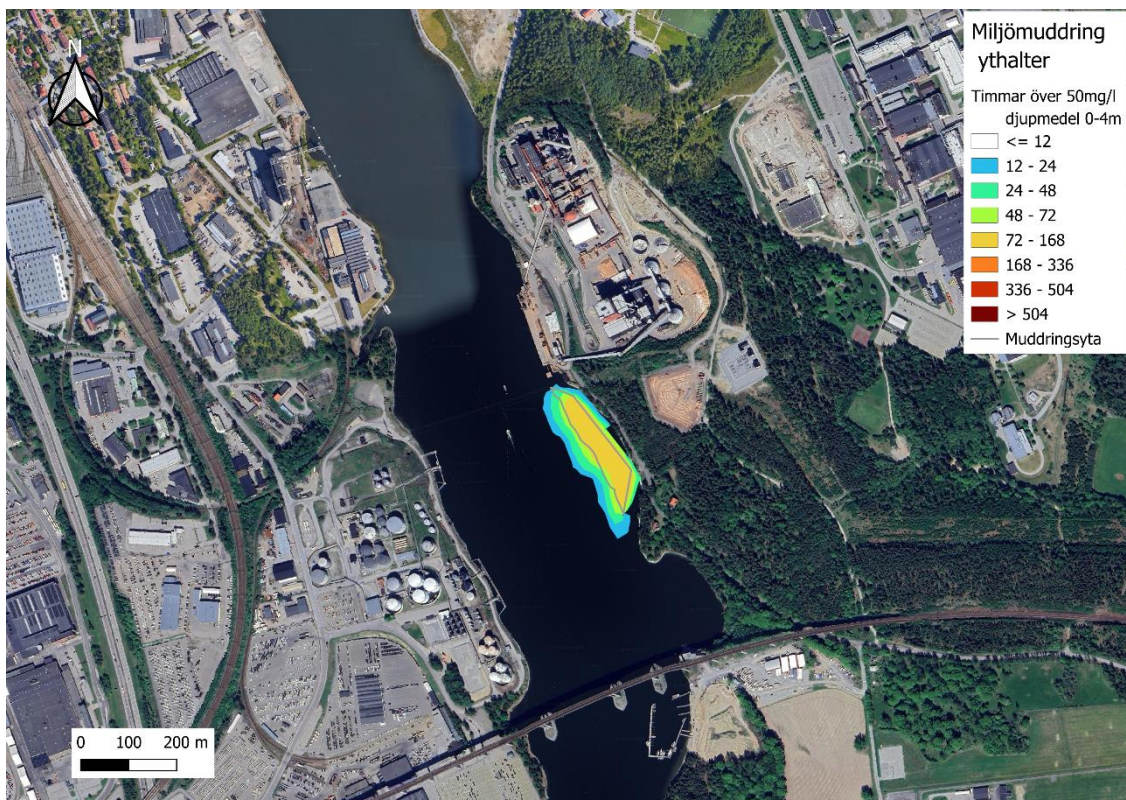
4.2 Miljömuddring resultat

I Appendix B återfinns alla resultat från miljömuddringen i form av kartor på medelgrumling i ytlagret (0-4 m under ytan) och bottenlagret (0-2 m över botten) samt varaktighet för 20-, 50- och 100 mg/l. I Figur 4.2 nedan återfinns ett exempel på medelkoncentrationer i ytan samt i Figur 4.3 varaktighet för 50 mg/l.

Dessa djupintervall har valts ut då de representerar vart merparten av spillet hamnar. Halterna skall beskrivas som överhalter orsakade av muddringen och att bakgrundshalter inte är med i beräkningarna.



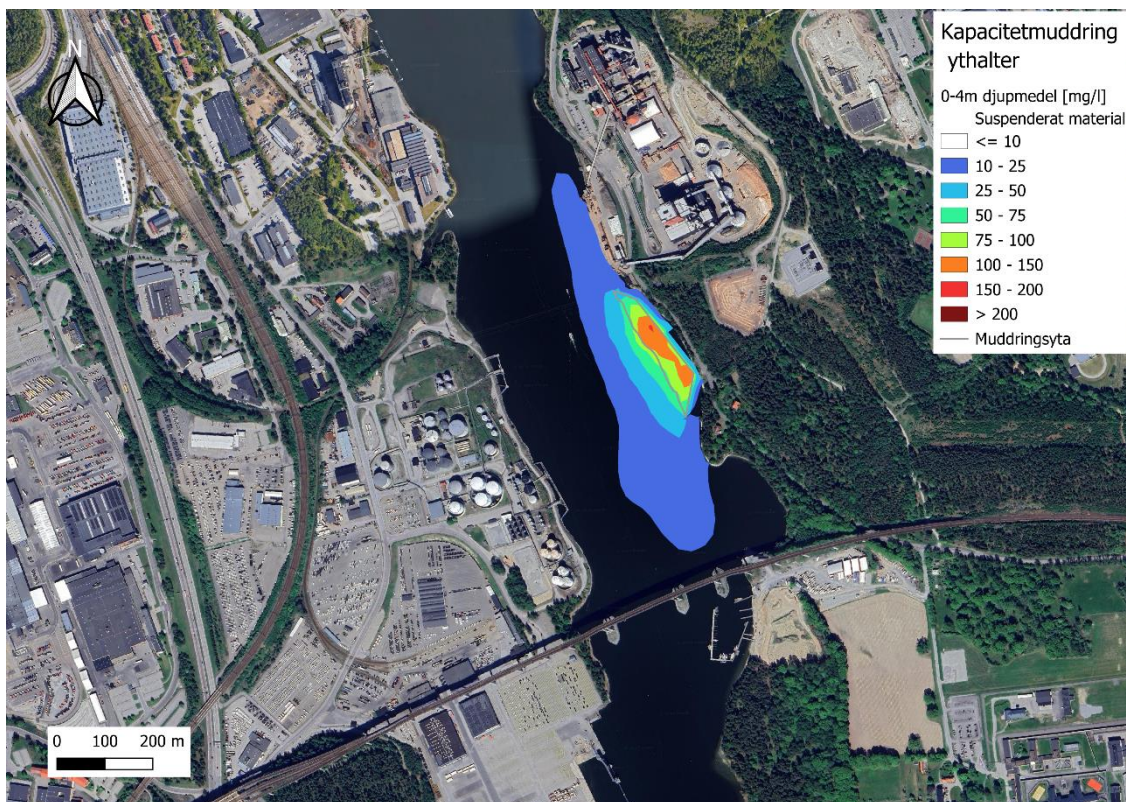
Figur 4.2 Medelvärde på grumling i ytan (0-4 m) under den tid miljömuddringen pågår (i september).



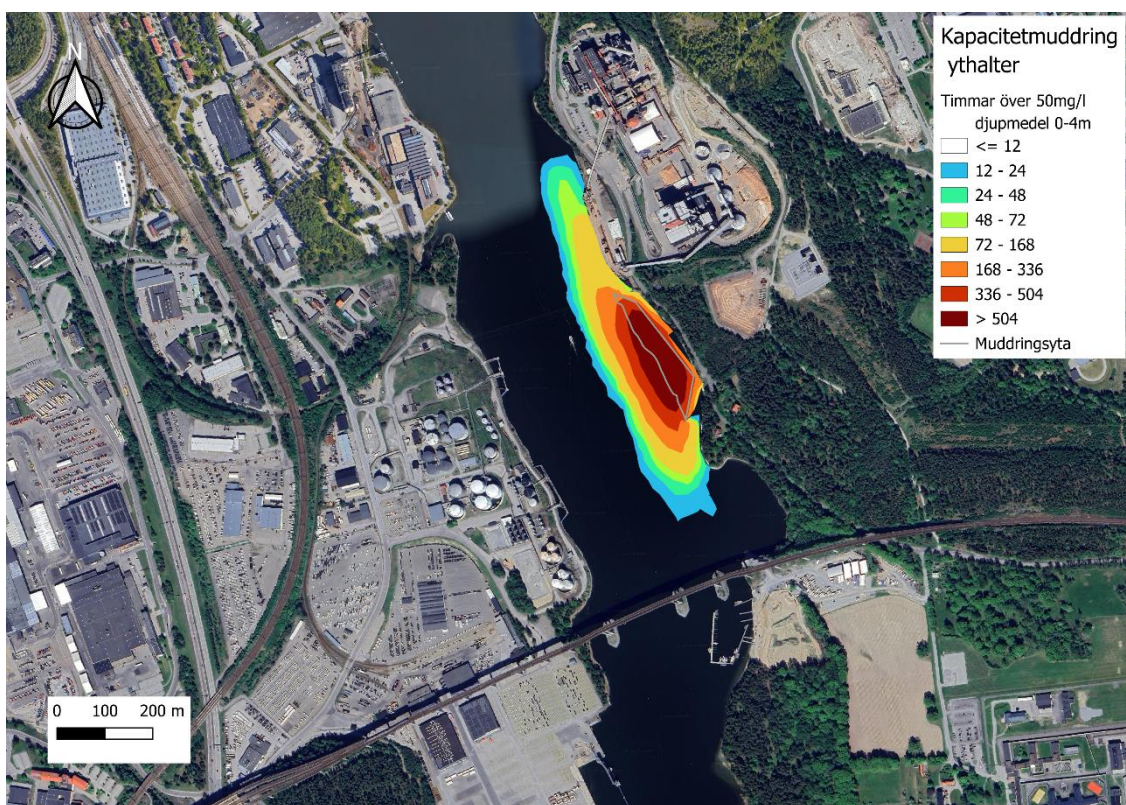
Figur 4.3 Grumling vid miljömuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för miljömuddring bedöms till ca 384 timmar.

4.3 Kapacitetsmuddring resultat

I Appendix B återfinns alla resultat från kapacitetsmuddringen i form av kartor på medelgrumling i ytlagret (0-4 m under ytan) och bottenlagret (0-2 m över botten) samt varaktighet för 20-, 50- och 100 mg/l. I Figur 4.4 nedan återfinns ett exempel på medelkoncentrationer i ytan samt i Figur 4.5 varaktighet för 50 mg/l.



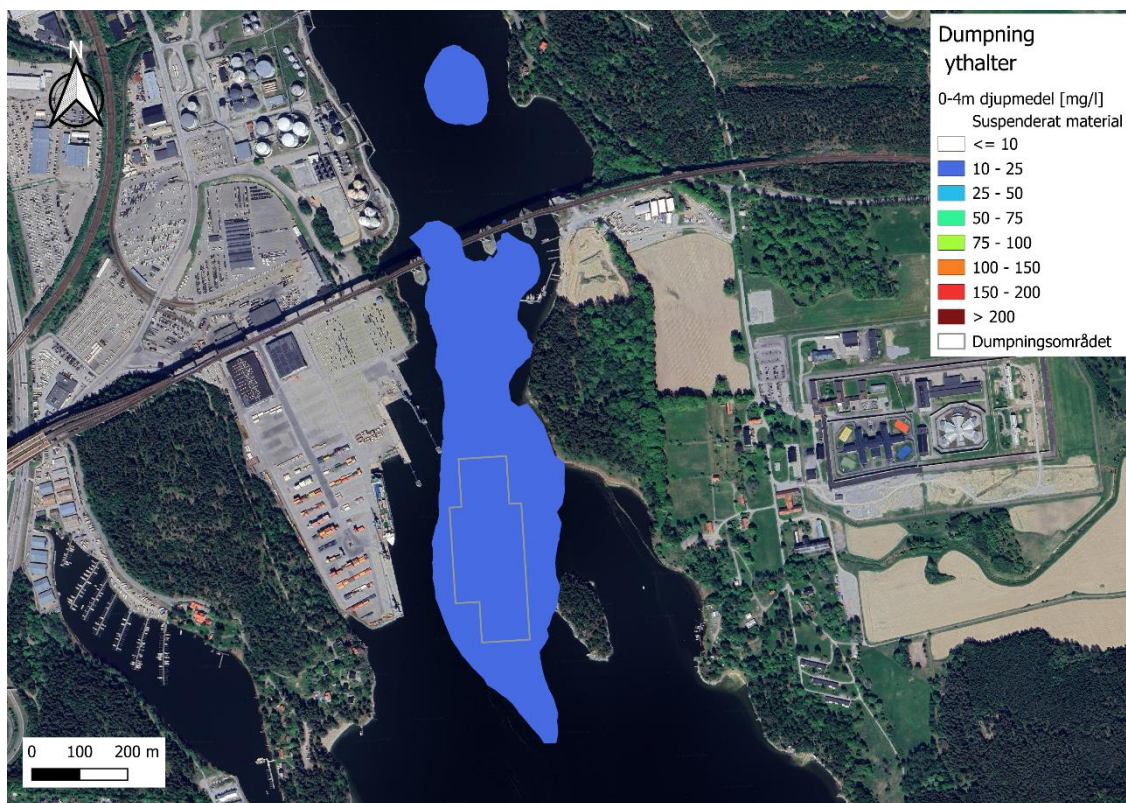
Figur 4.4 Medelvärde på grumling i ytan (0-4m) under den tid kapacitetmuddringen pågår.



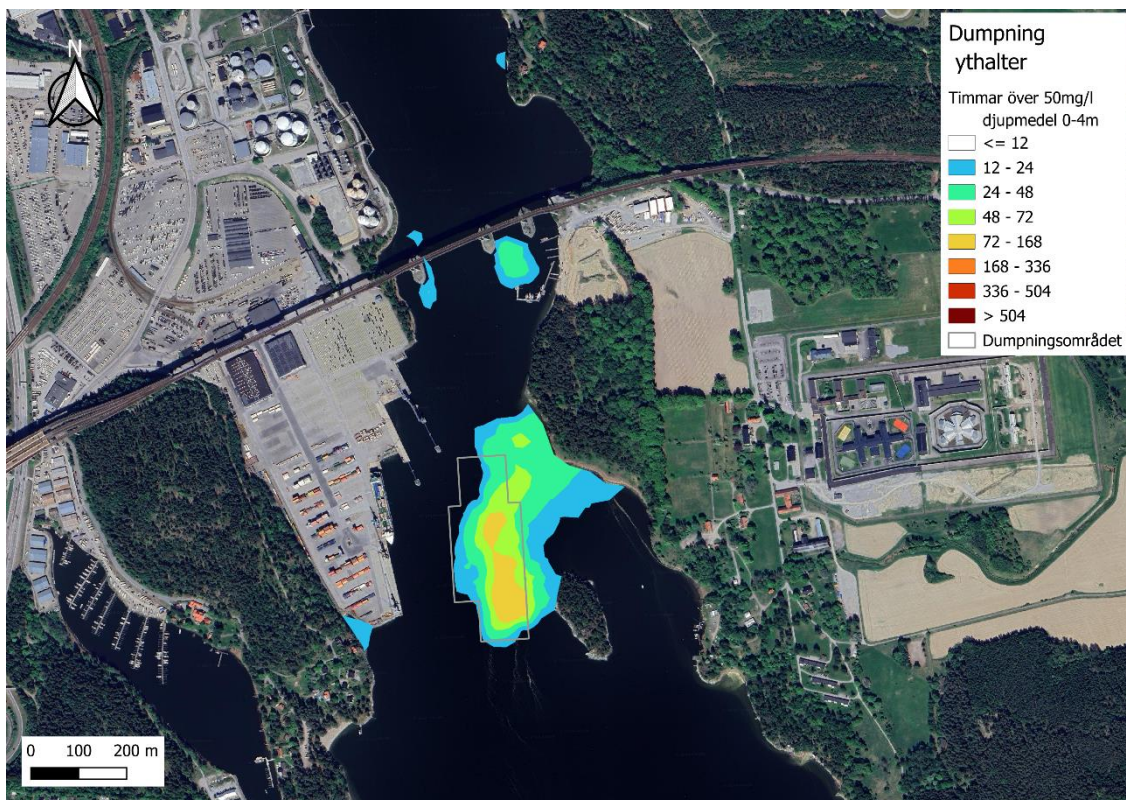
Figur 4.5 Grumling vid kapacitetmuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för miljömuddring bedöms till ca 512 timmar

4.4 Kapacitetsdumpning resultat

I Appendix B återfinns alla resultat från kapacitetsdumpningen i form av kartor på medelgrumling i ytlagret (0-4 m under ytan) och varaktighet för 20-, 50- och 100 mg/l. I Figur 4.6 nedan återfinns ett exempel på medelkoncentrationer i ytan samt i Figur 4.7 varaktighet för 50 mg/l



Figur 4.6 Medelvärde på grumling under den tid kapacitetsmuddringen pågår.



Figur 4.7 Grumling vid kapacitetsdumpning – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för kapacitetsdumpning bedöms till ca 512 timmar

5 Summering och diskussion

Temperaturpåverkan

Det är en skillnad i hur stort utbredningsområdet blir över året för det temperaturpåverkade området. I mars till juni är utbredningsområdet tämligen lika och återfinns inom hamnbassängen och kajområdet (Figur 6.1-Figur 6.4). På hösten sker en större påverkan och området med en temperaturökning på större än 1 grad sprider sig söder mot järnvägsbron (Figur 6.5-Figur 6.7).

Påverkan varierar över året och är som högst ca 4,5 grader i ett litet område invid utsläppet. Som nämnts är påverkan högre och påverkansområdet större under hösten jämfört med vår och sommar. Detta kan förklaras av att det djupa vatten som tas in under hösten är varmare än i de ytliga vattenlagren och får ett extra temperaturspåslag relativt på våren (se Figur 2.5). Temperaturökningen i ytskiktet beror således inte bara på den värme som kommer från CCS-anläggningen.

Muddring och Dumpning

I genomsnitt kommer grumlingen från miljömuddring främst påverka ett litet område inom 200 m ifrån muddringsarbetet. I detta område är grumlingsnivåerna i medeltal 10-50 mg/l (Figur 6.22). Under kortare perioder överskrids 20 mg/l i ett något större område (Figur 6.24), medan nivåer över 100 mg/l endast förekommer i direkt anslutning till muddringsområdet (Figur 6.29).

Kapacitetsmuddring beräknas pågå ca åtta veckor, utförs sannolikt med en öppen skopa och har högre produktionstakt än miljömuddring. Denna muddring ger i medeltal något högre grumling (Figur 6.30) och området med medelgrumling i intervallet 10-50 mg/l är ca 700 meter långt.

Grumling från dumpning uppstår momentant i samband med varje enskilt dumpningsförlopp. Själva dumpningsförloppen är snabba och kortvariga. Grumlingen avtar med avståndet från dumpningsplatsen vilket framgår tydligt i Figur 6.40. I genomsnitt under hela dumpningsperioden om ca 8 veckor bedöms grumlingen beröra påverka ett område som går ca 500 meter norr om och ca 200 meter söder om dumpningsområdet (Figur 6.38). I detta område är grumlingsnivåerna i medeltal 10-25 mg/l. Under perioder överskrids 20 mg/l i ett större område (Figur 6.39) medan nivåer över 50 respektive 100 mg/l endast förekommer i direkt anslutning till dumpningsområdet (Figur 6.40 och Figur 6.41).

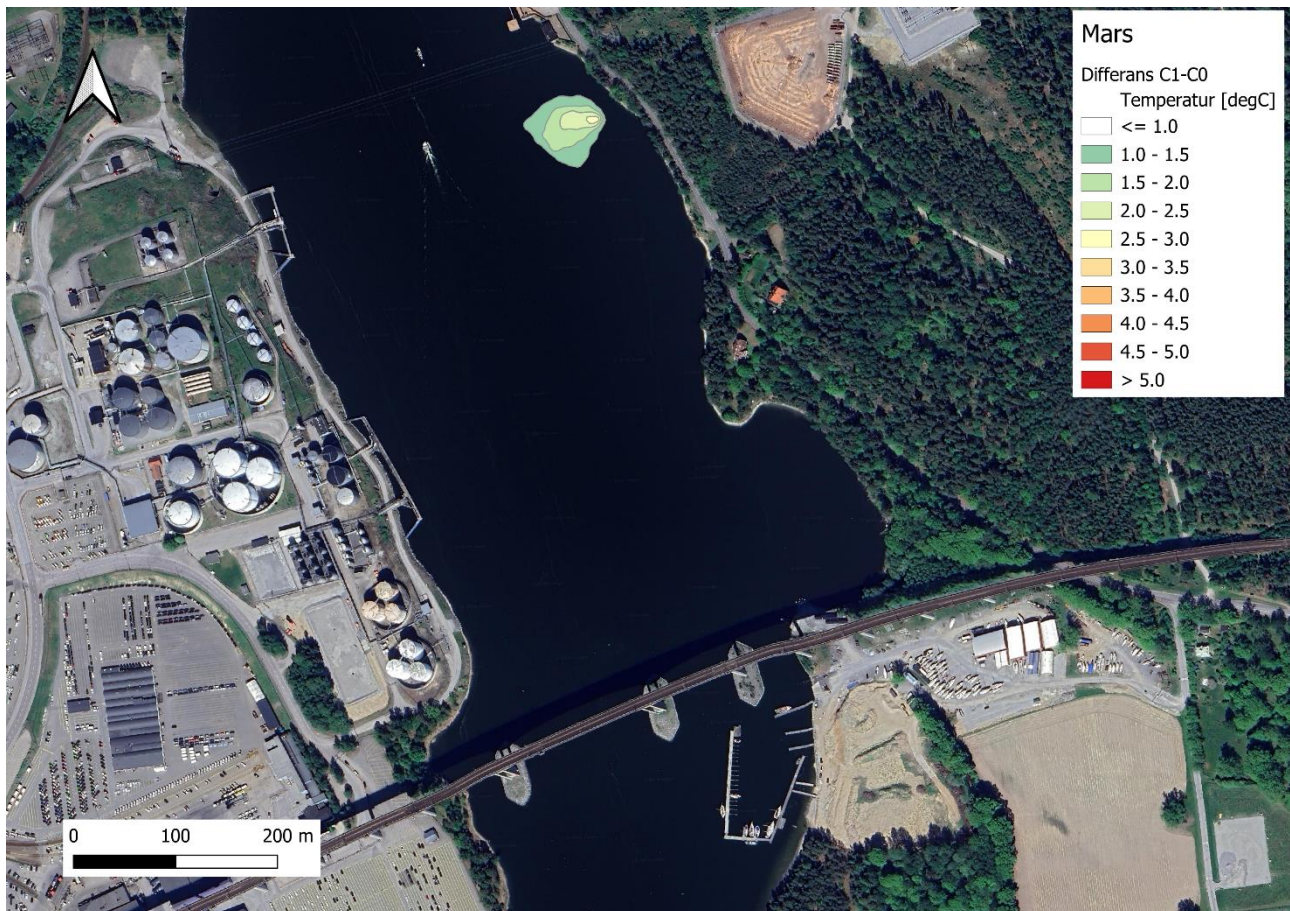
6 Referenser

- /1/ DHI, *MIKE 3 Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Scientific Documentation*, 2024.
(https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2024/Coast_and_Sea/MIKE_3_Flow_FM_Scientific_Doc.pdf)
- /2/ DHI, *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, Mud Transport Module, Scientific Documentation*, 2024.
(https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2024/Coast_and_Sea/MIKE_213_MT_FM_ScientificDoc.pdf)

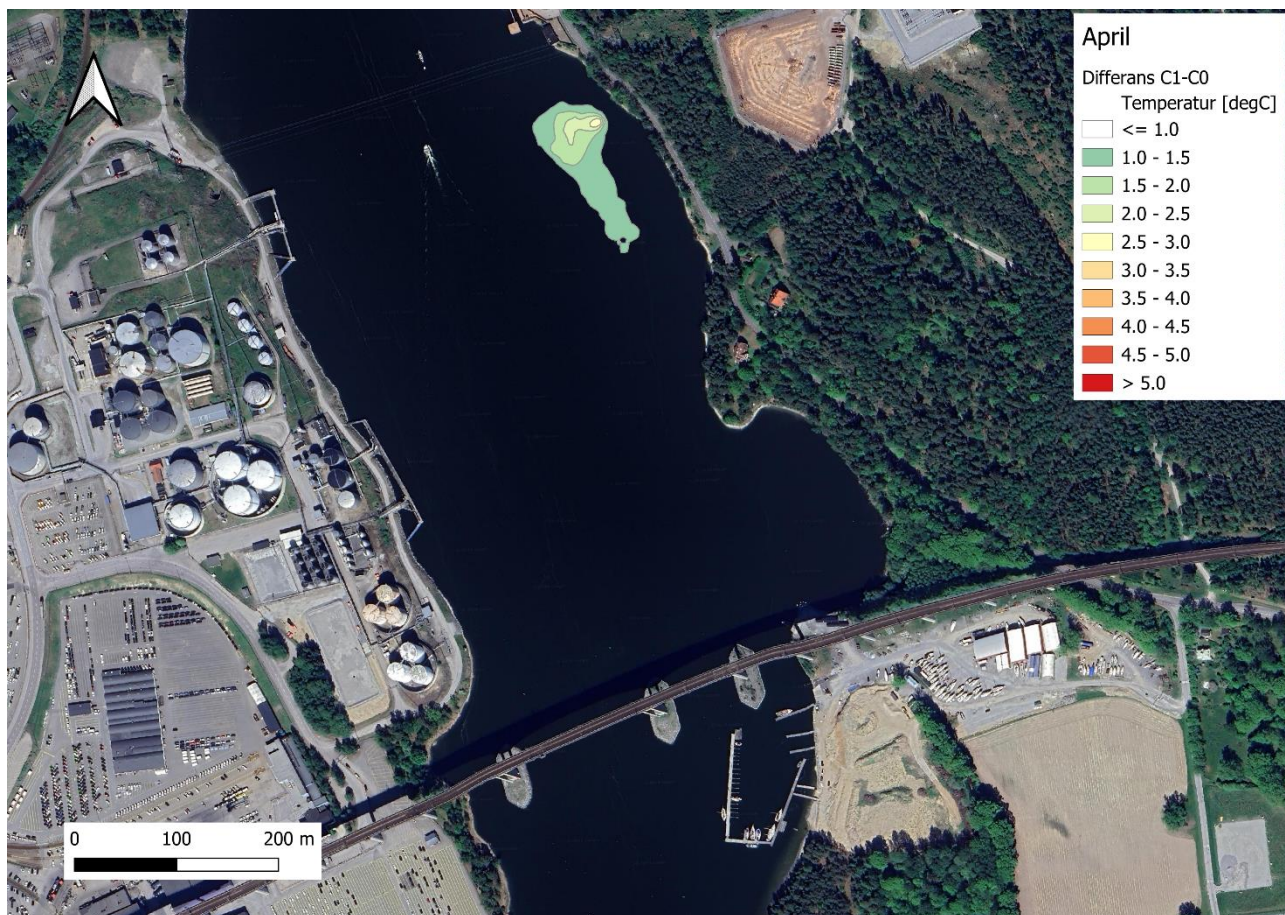
Appendix A Temperatur månadsmedel

Appendix A.1 Differenser C1 (framtida verksamhet) och C0 (dagens)

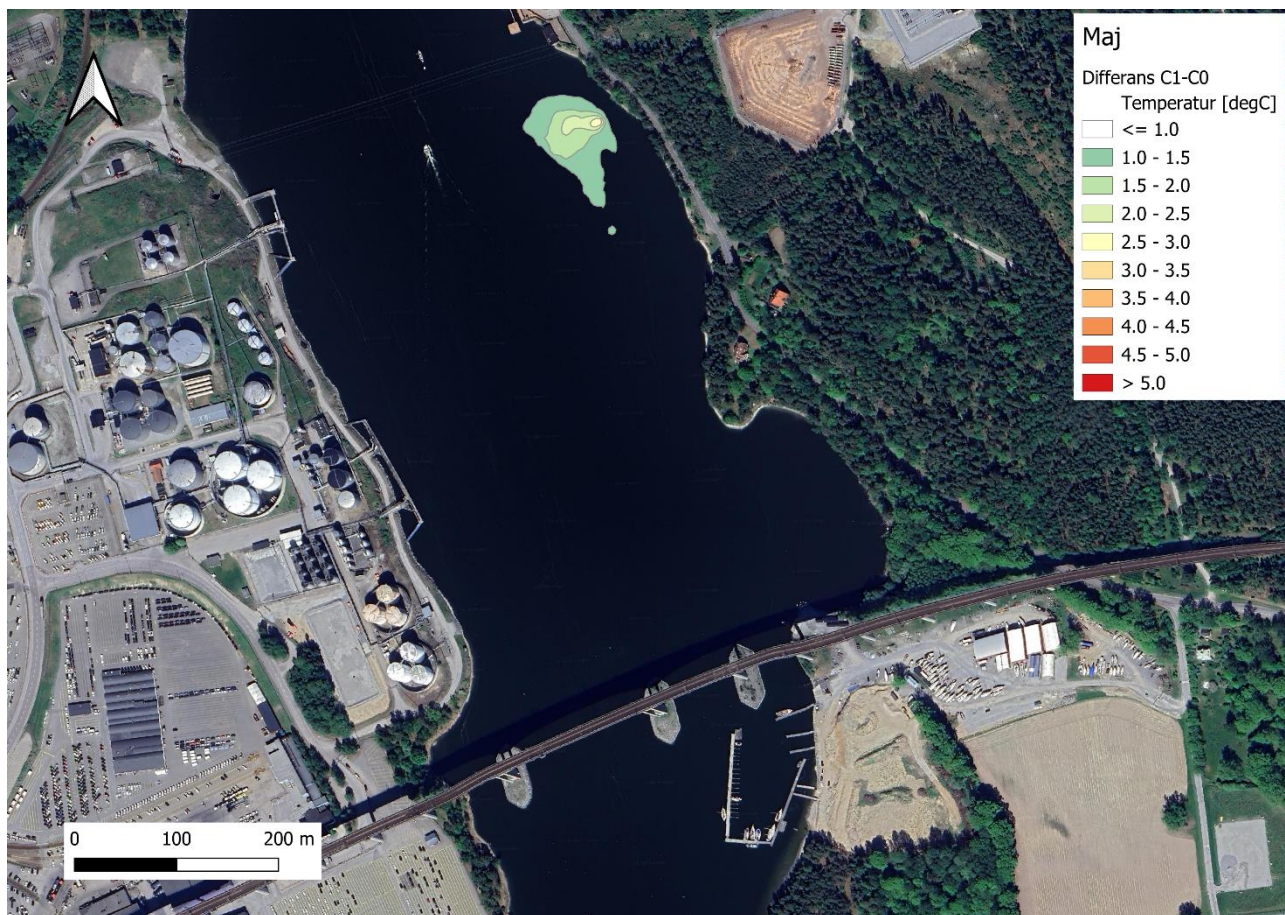
Appendix A.1.1 Djupmedel 0-4 m



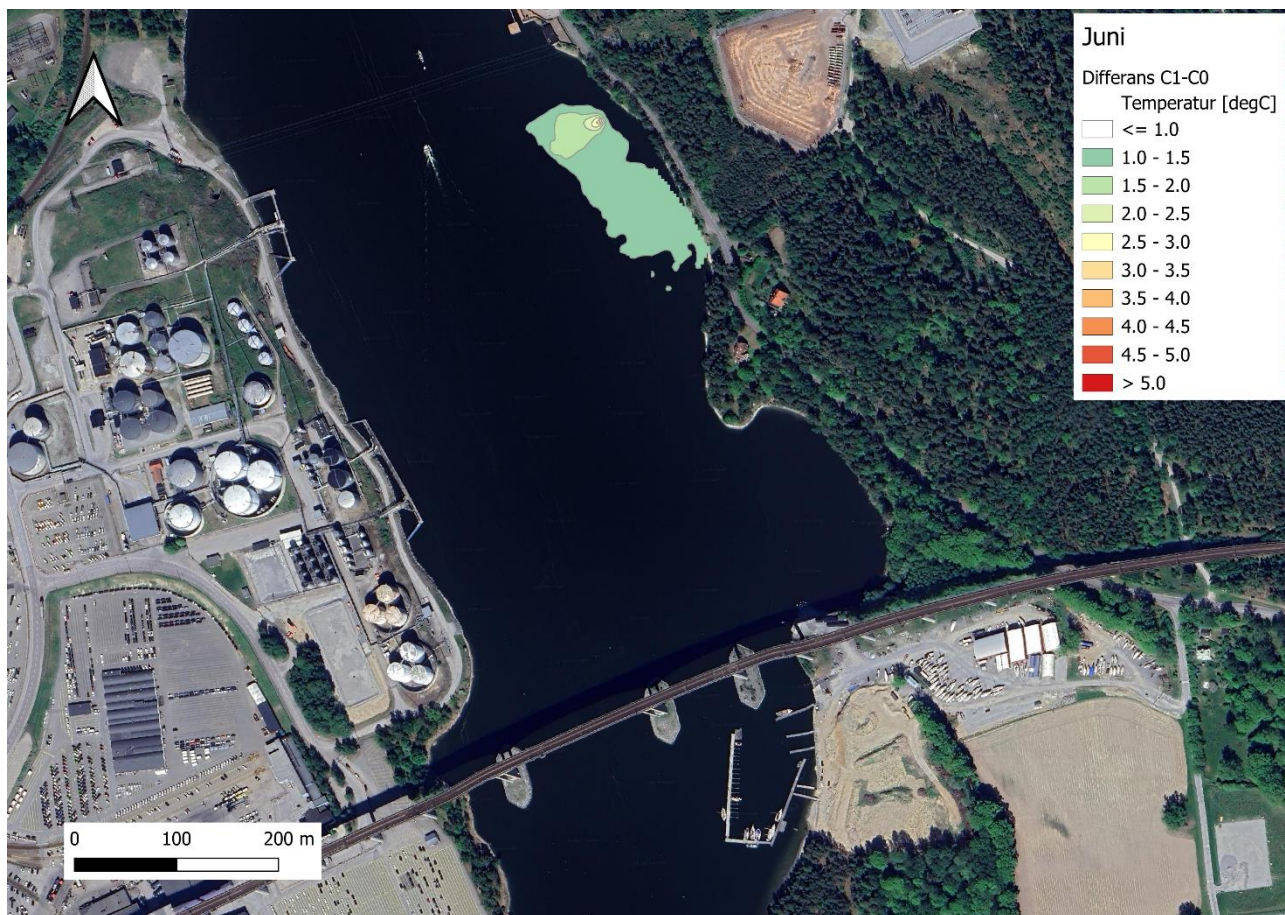
Figur 6.1 Temperaturskillnad i månadsedel, för mars i de övre 4 m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



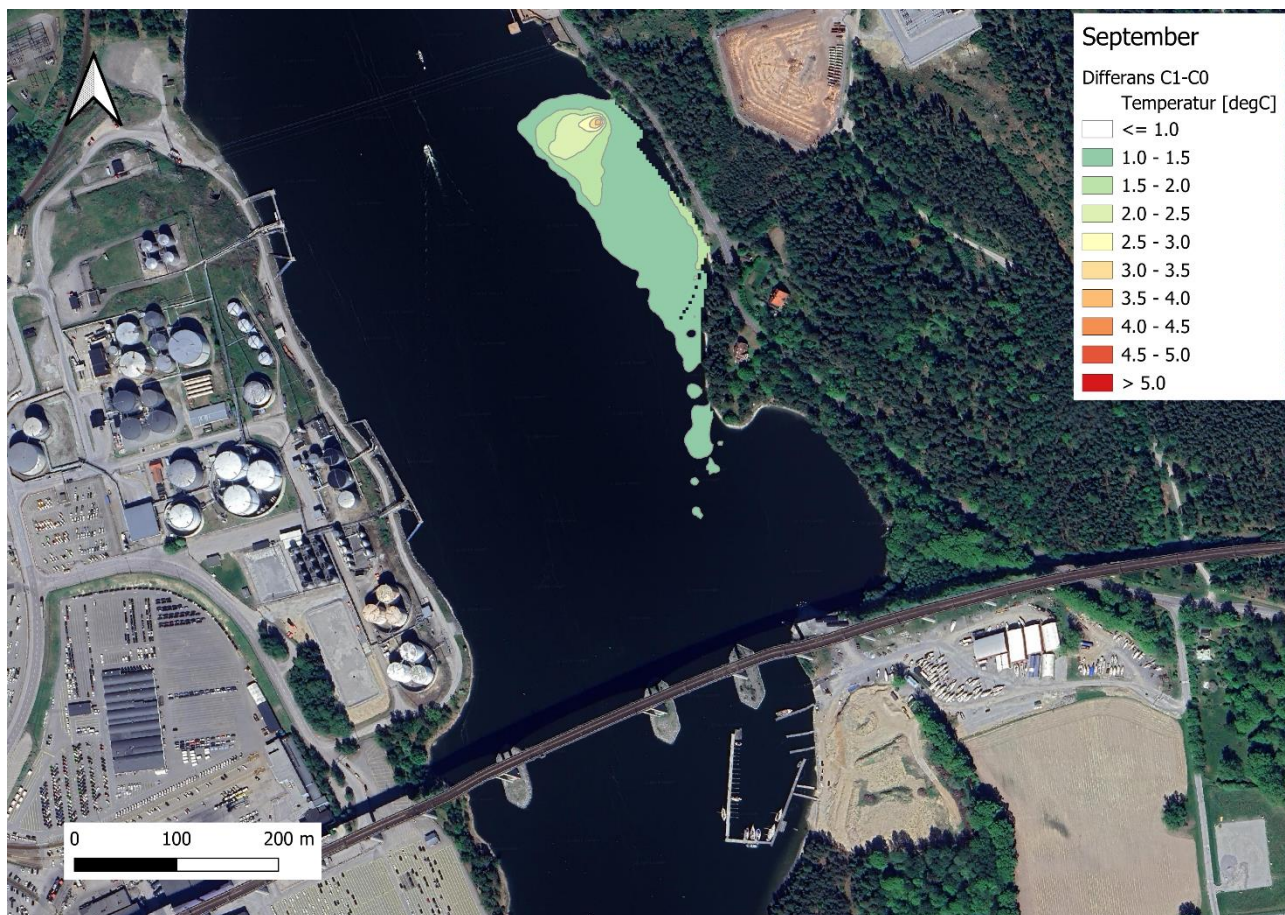
Figur 6.2 Temperaturskillnad i månadsedel, för april i de övre 4m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



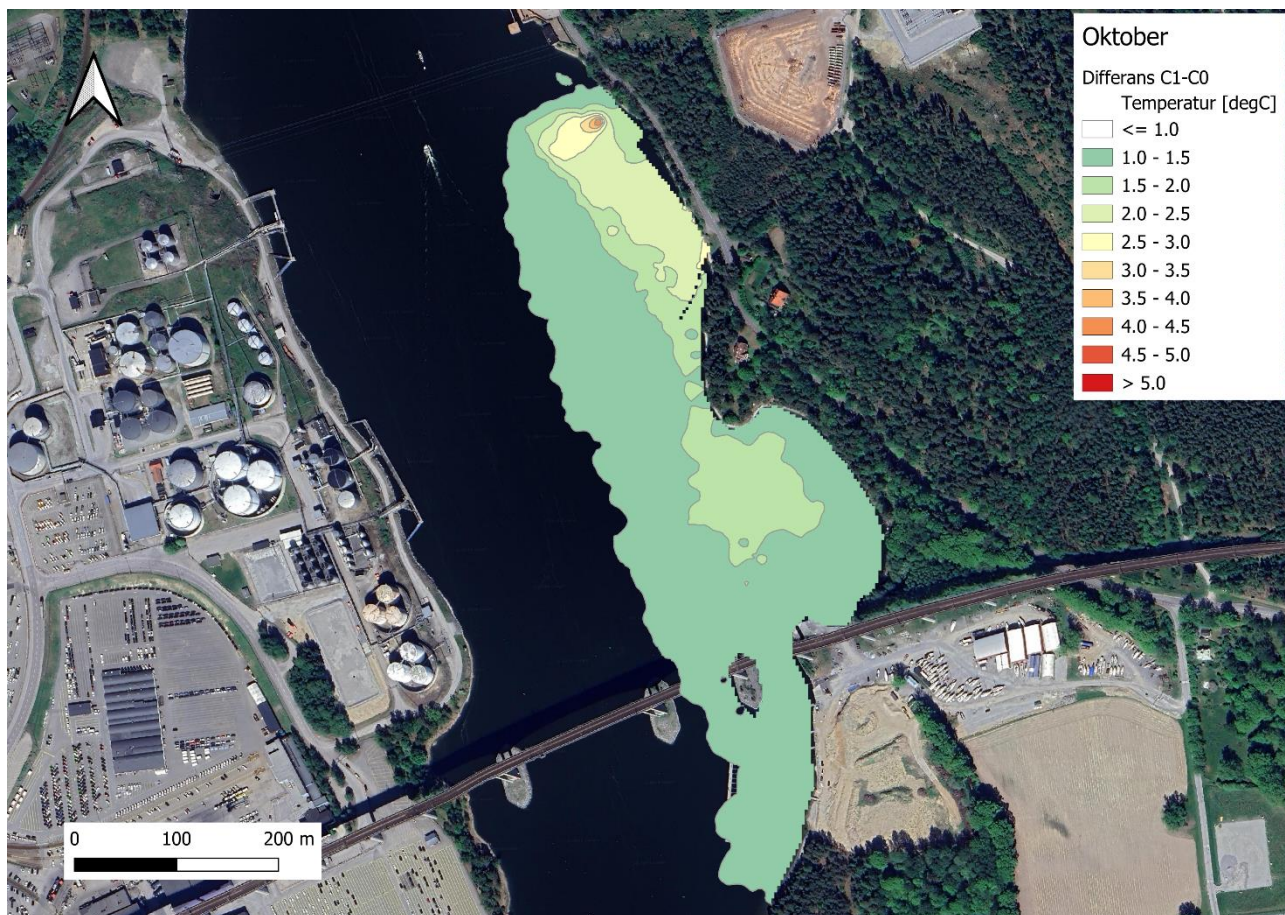
Figur 6.3 Temperaturskillnad i månadsedel, för maj i de övre 4m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



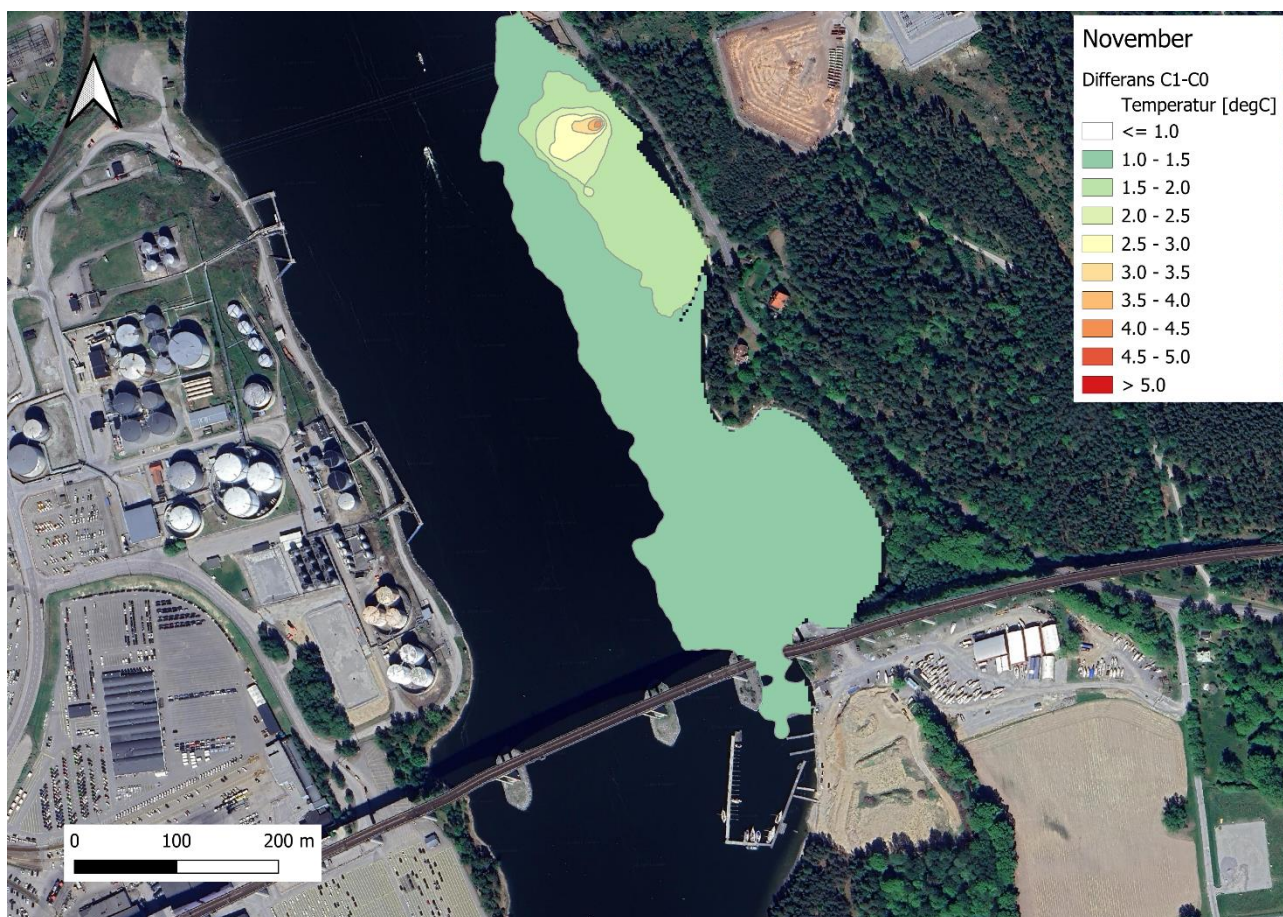
Figur 6.4 Temperaturskillnad i månadsedel, för juni i de övre 4 m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



Figur 6.5 Temperaturskillnad i månadsedel, för september i de övre 4 m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

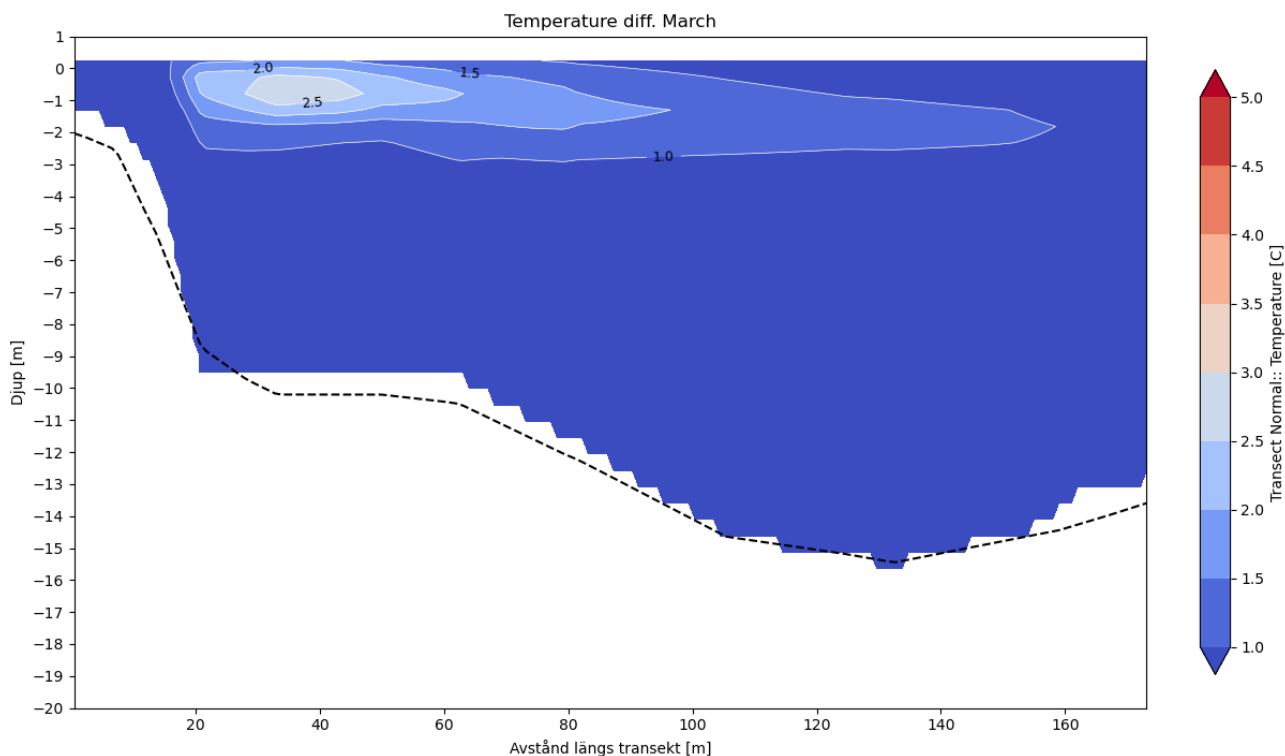


Figur 6.6 Temperaturskillnad i månadsedel, för oktober i de övre 4m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

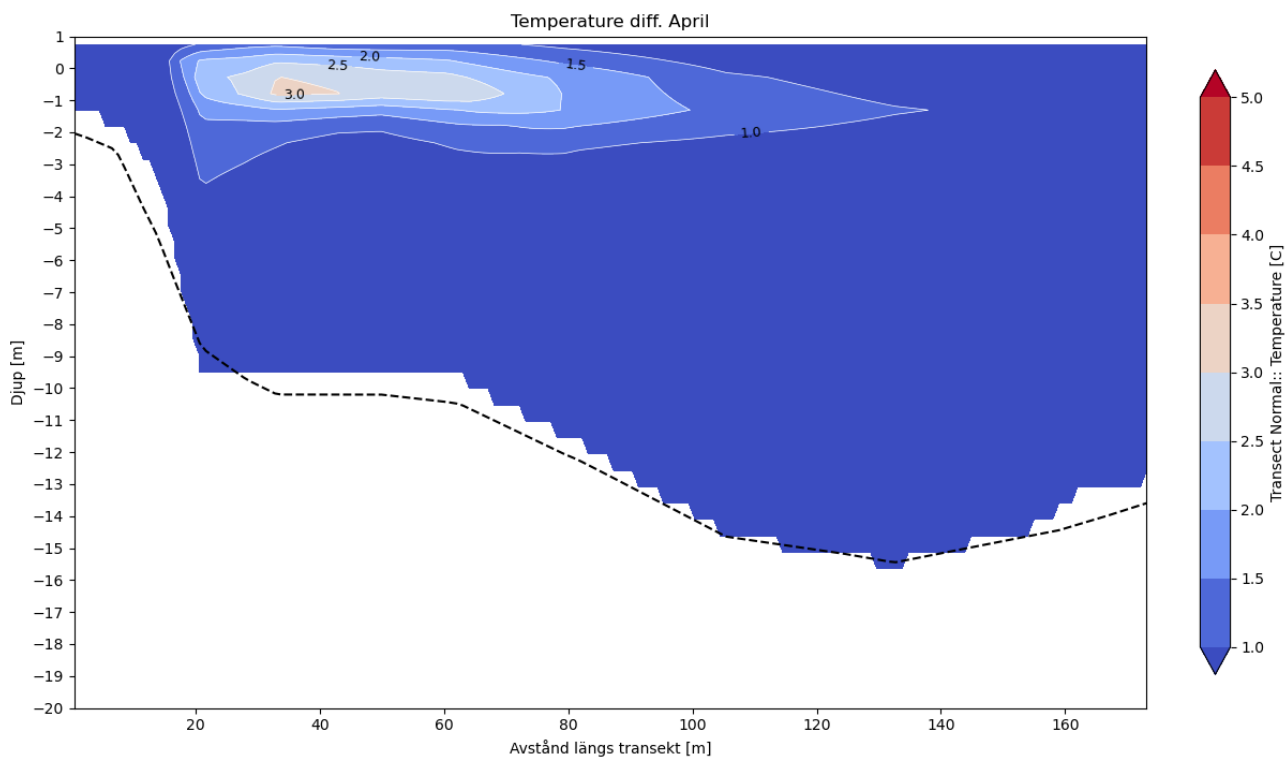


Figur 6.7 Temperaturskillnad i månadsedel, för november i de övre 4m, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

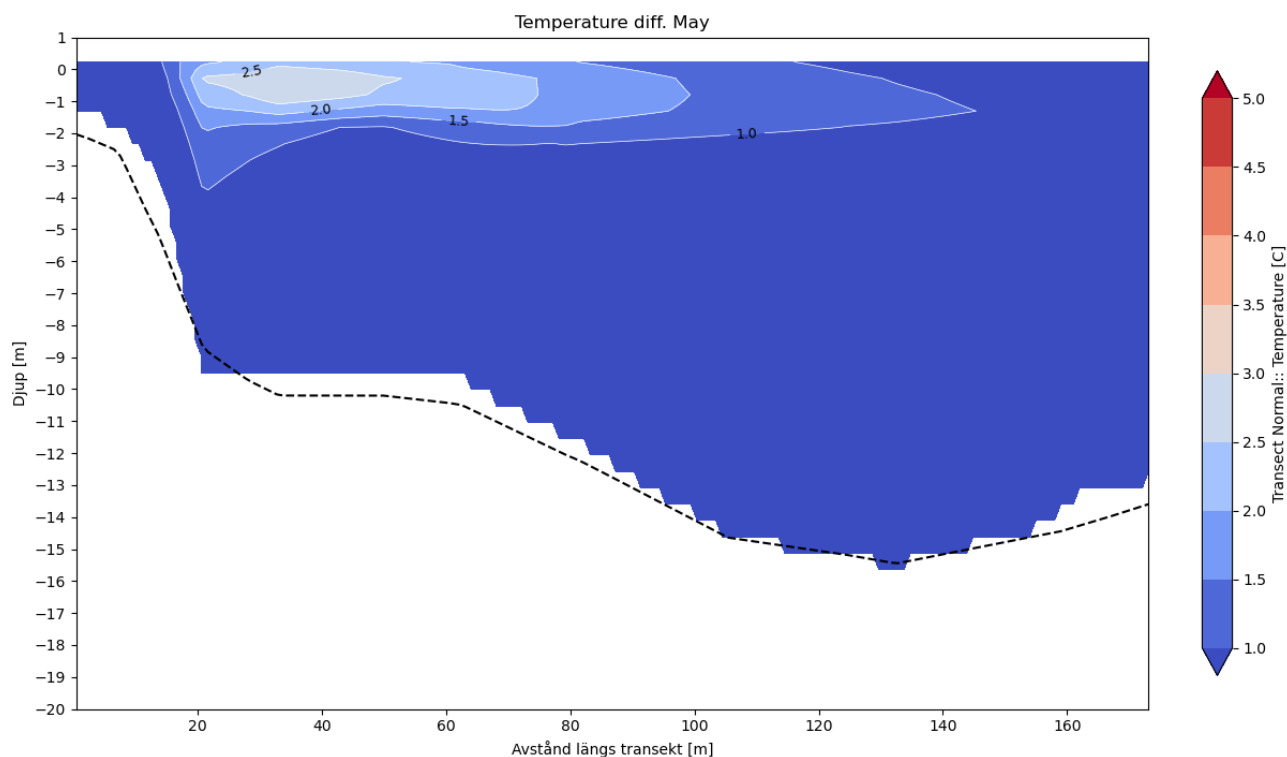
Appendix A.1.2 Transekt "Normal"



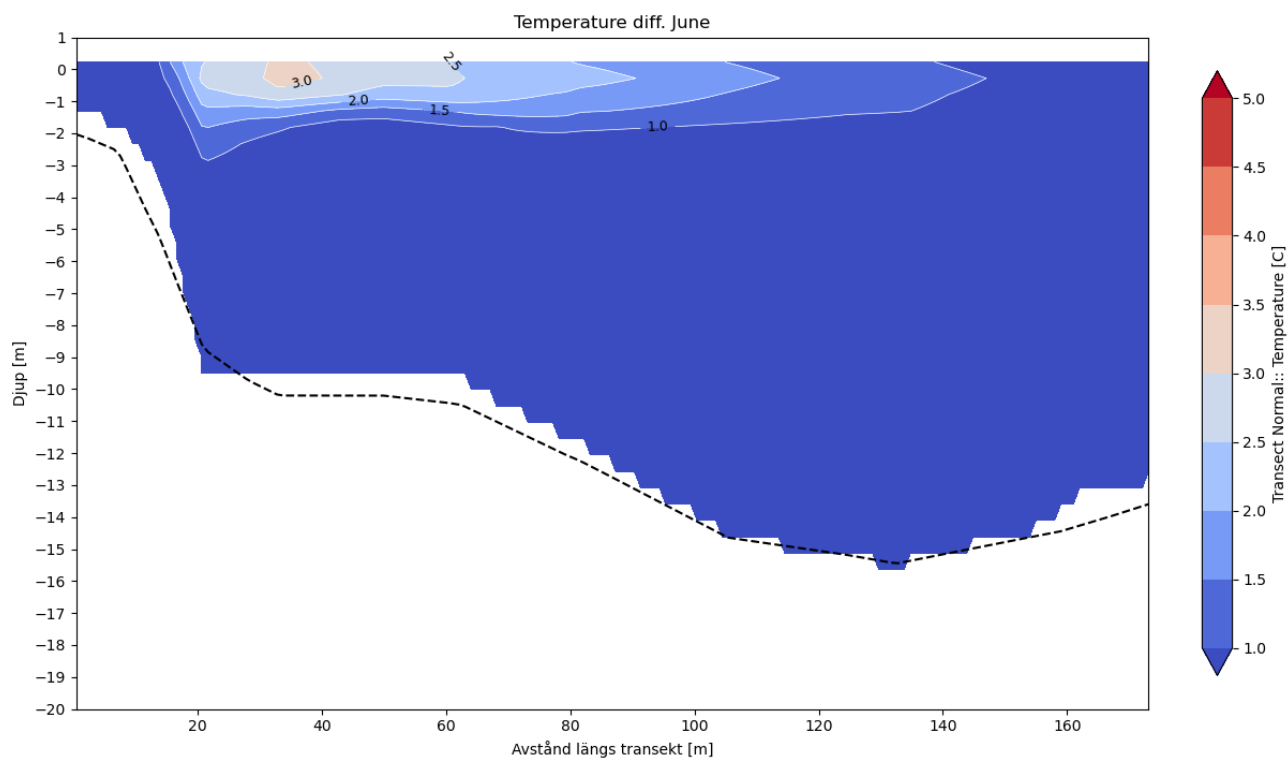
Figur 6.8 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för mars, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



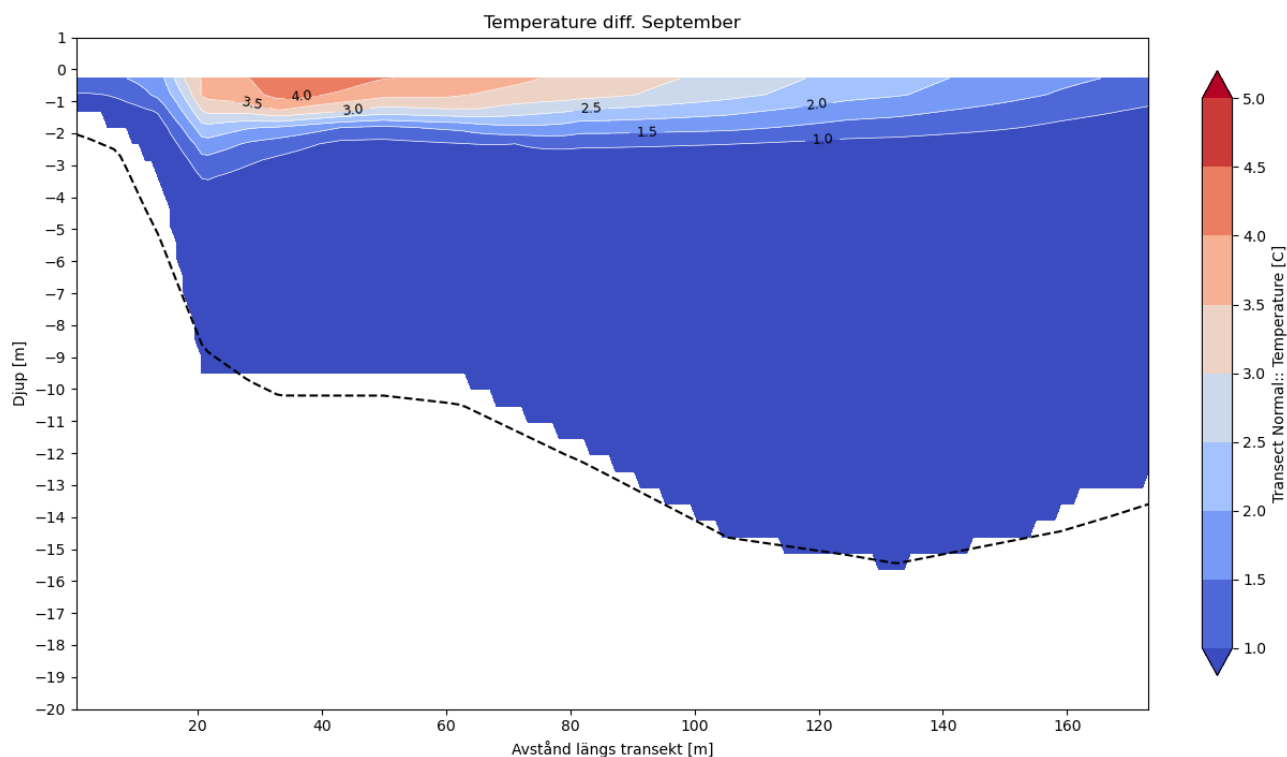
Figur 6.9 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för April, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



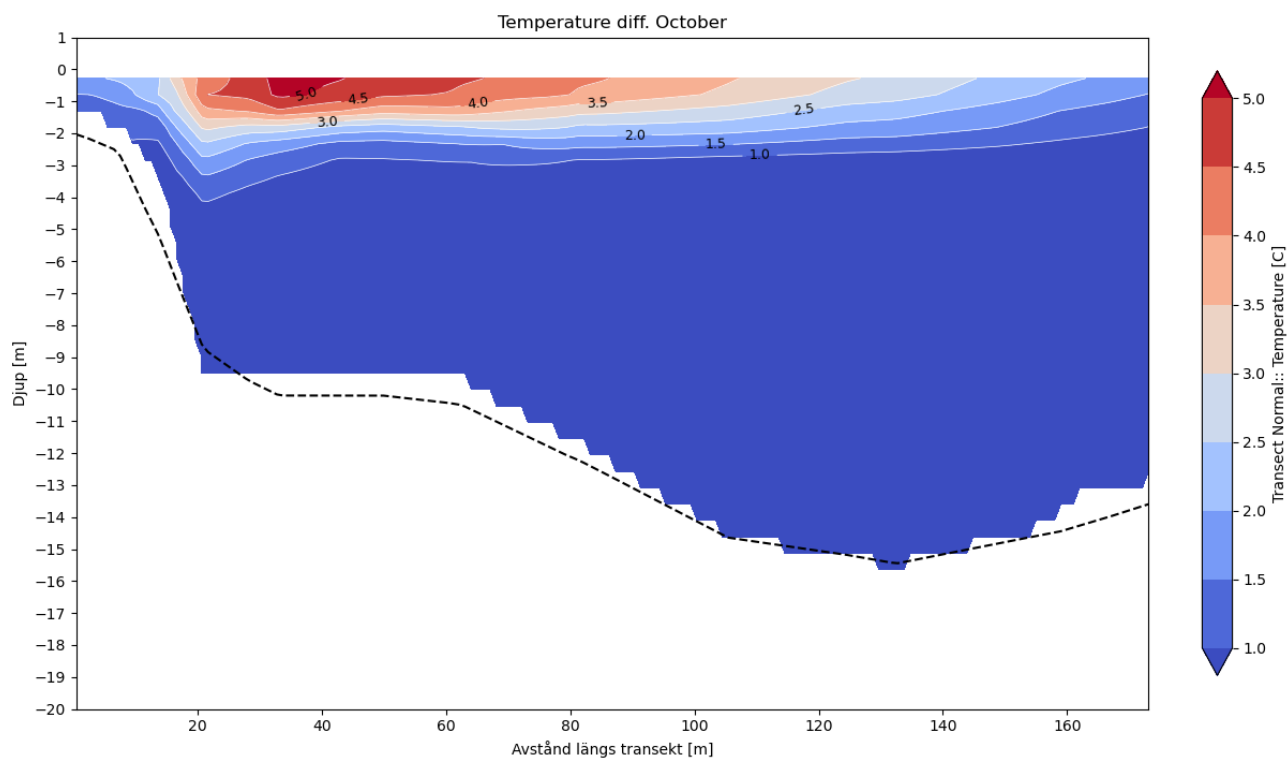
Figur 6.10 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för maj, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



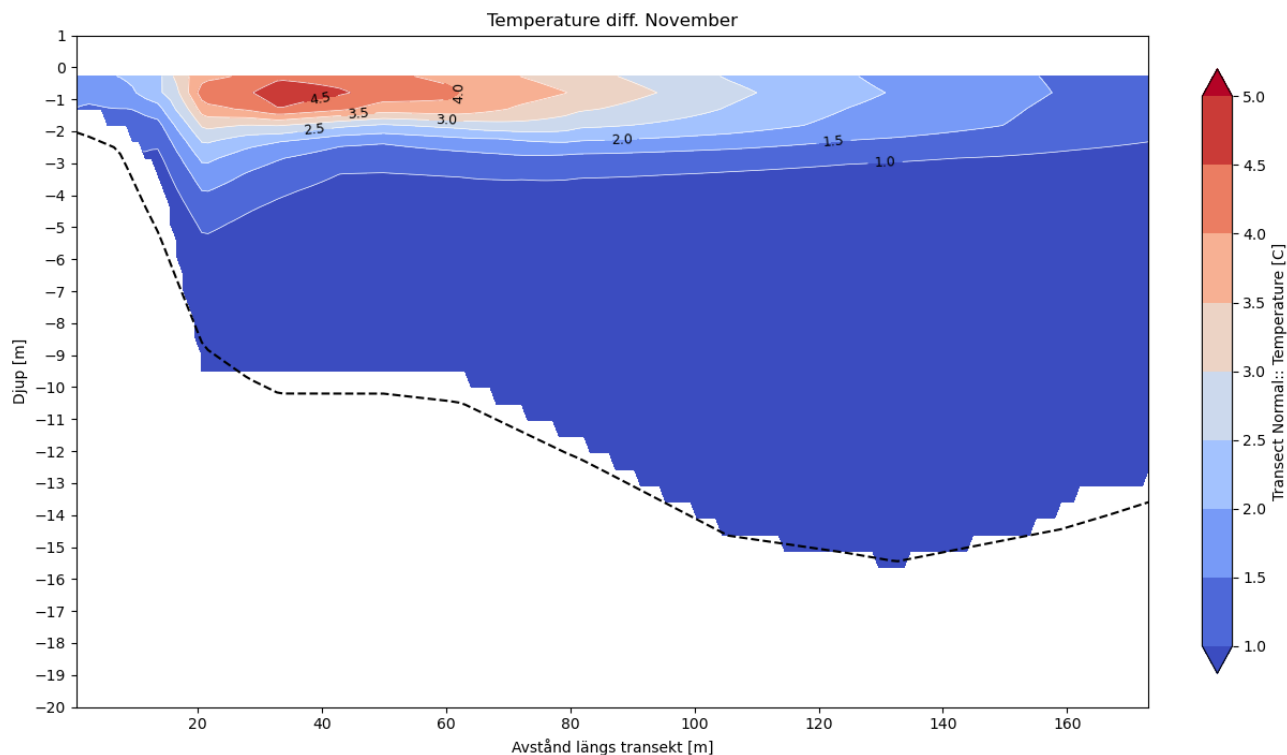
Figur 6.11 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för juni, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



Figur 6.12 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för september, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

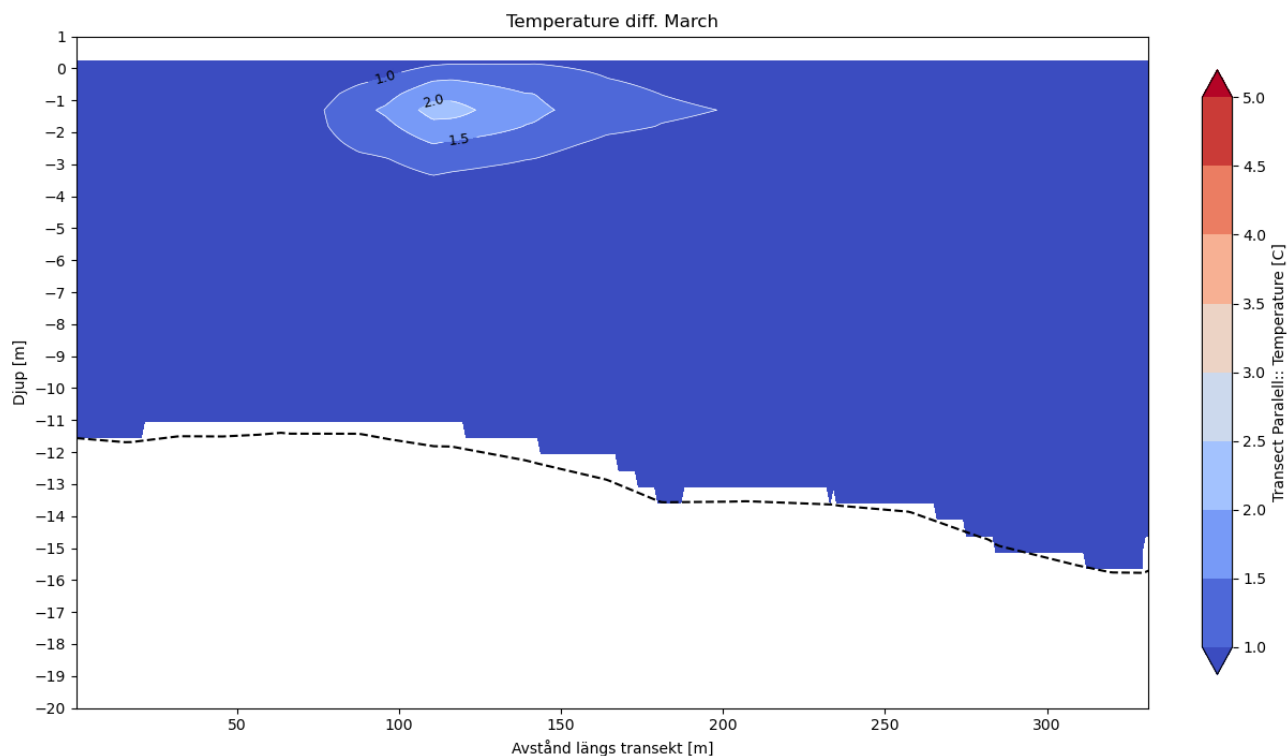


Figur 6.13 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för oktober, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

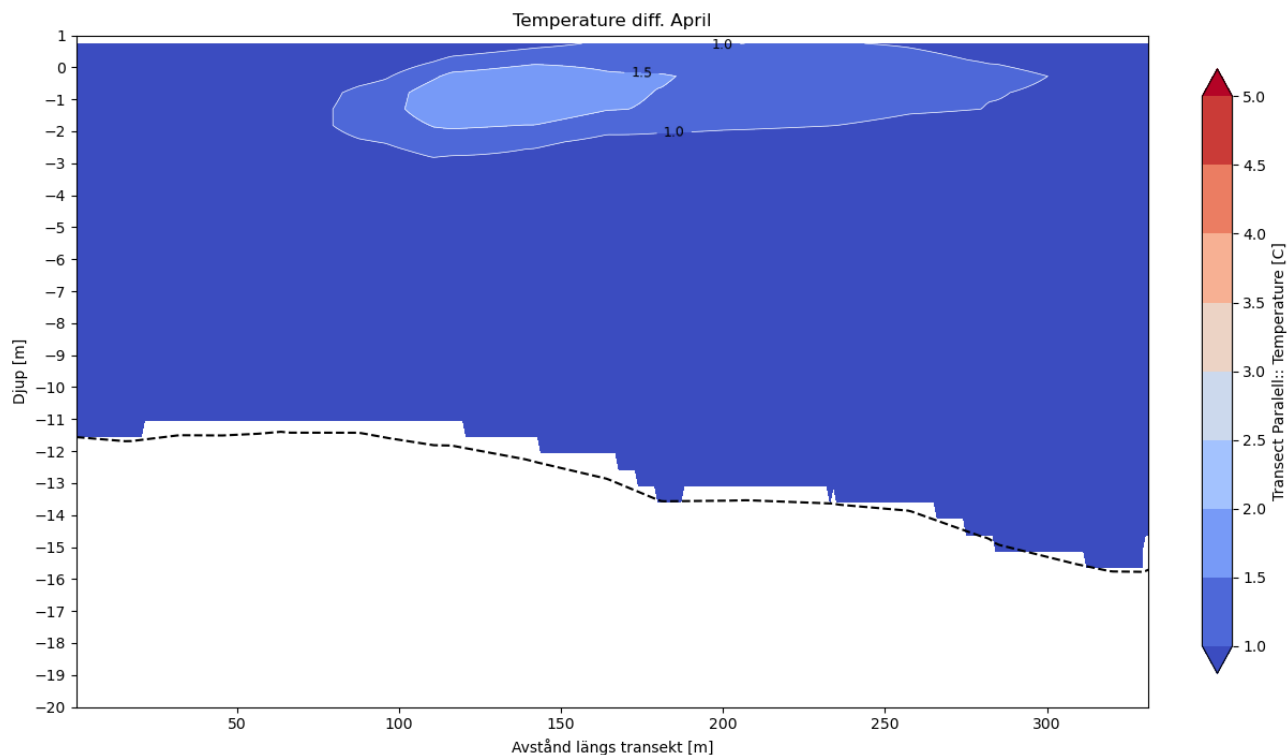


Figur 6.14 Djuptransekt "Normal". Temperaturskillnad i månadsedel, för november, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

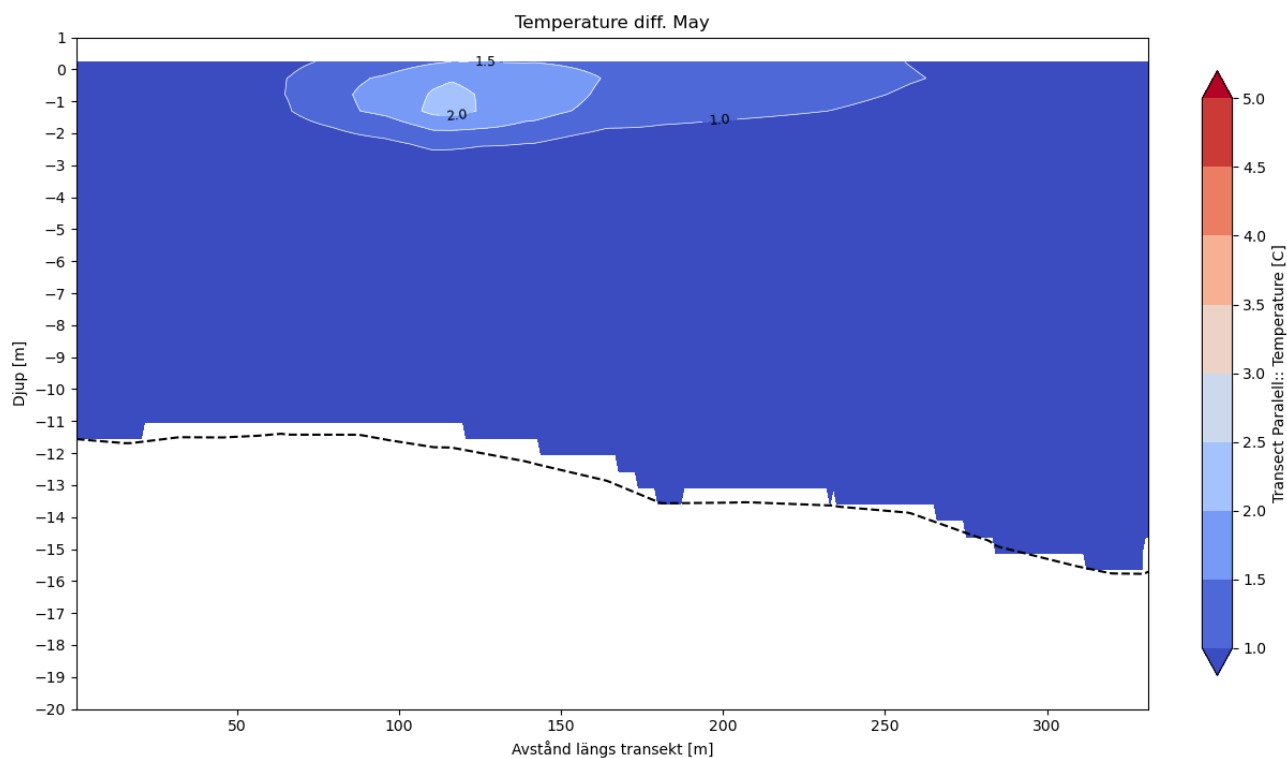
Appendix A.1.3 Transekt "Parallell"



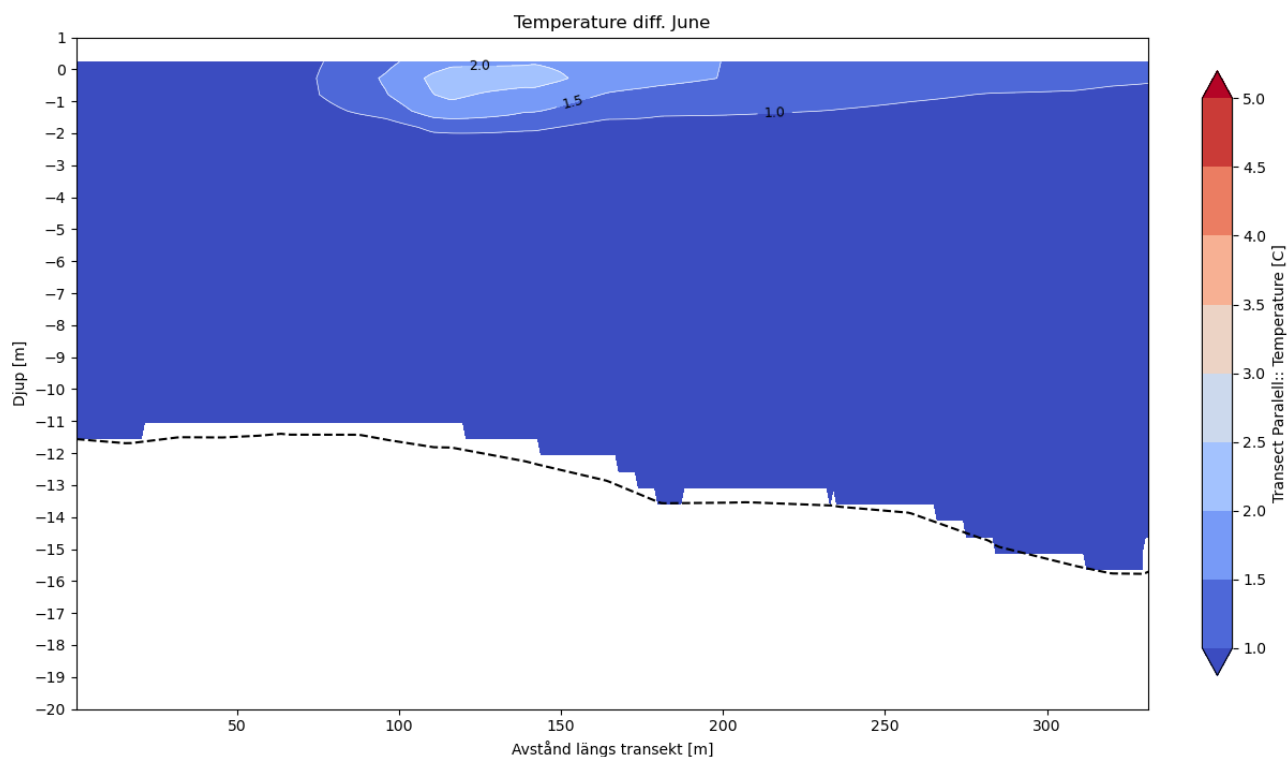
Figur 6.15 Djuptransekt "Parallell". Temperaturskillnad i månadsedel, för mars, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



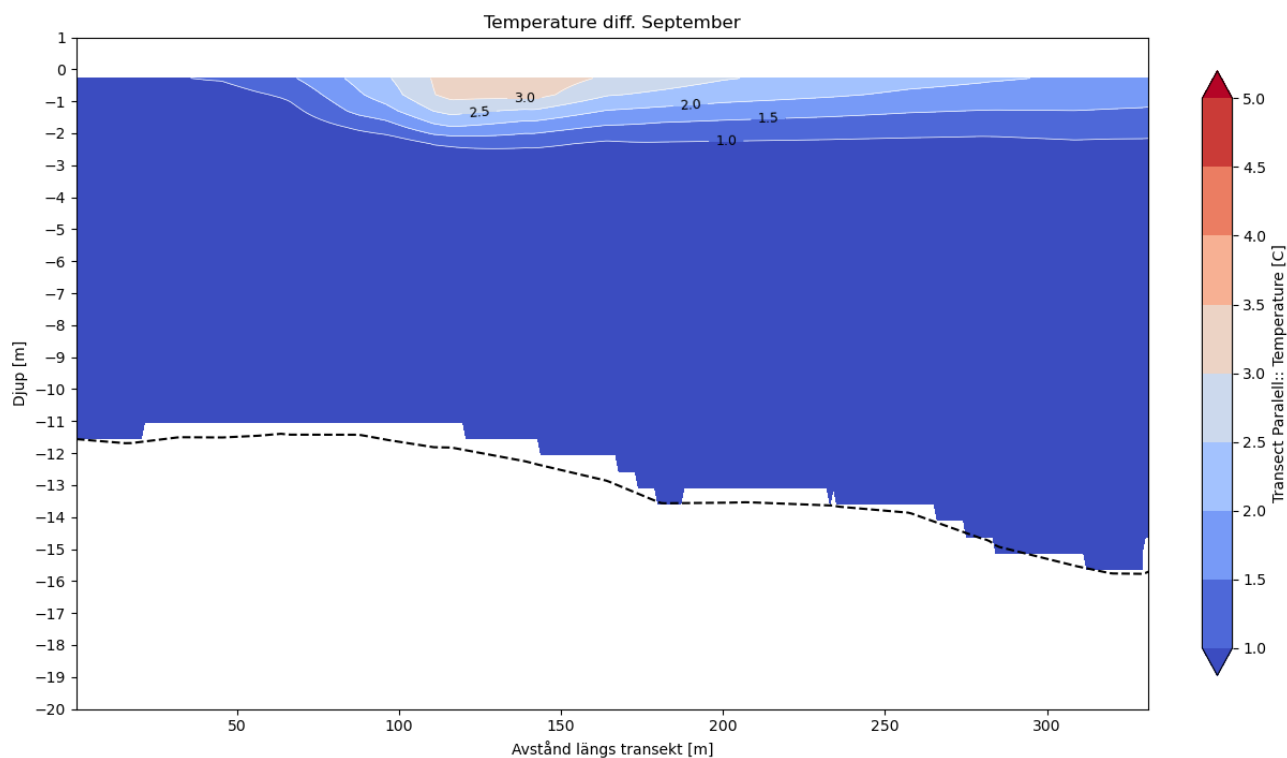
Figur 6.16 Djuptransekt "Parallel". Temperaturskillnad i månadsedel, för april, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



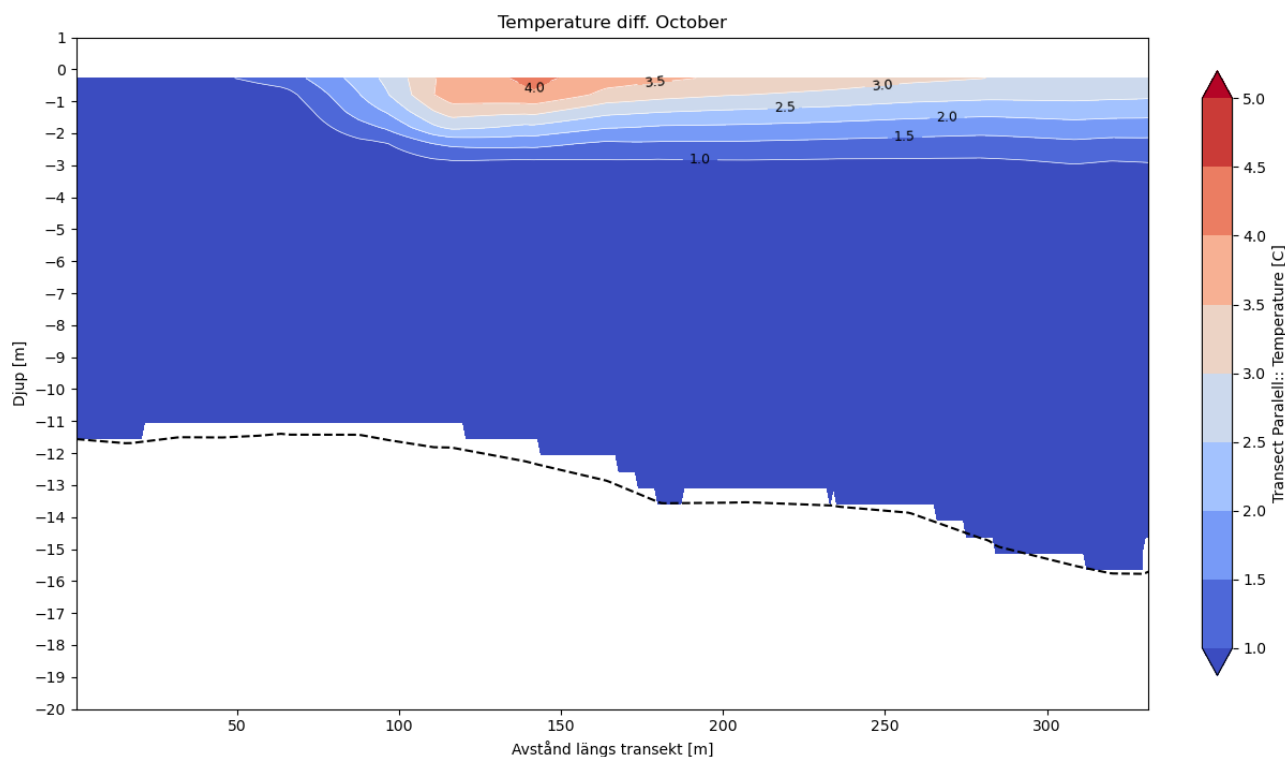
Figur 6.17 Djuptransekt "Parallel". Temperaturskillnad i månadsedel, för maj, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



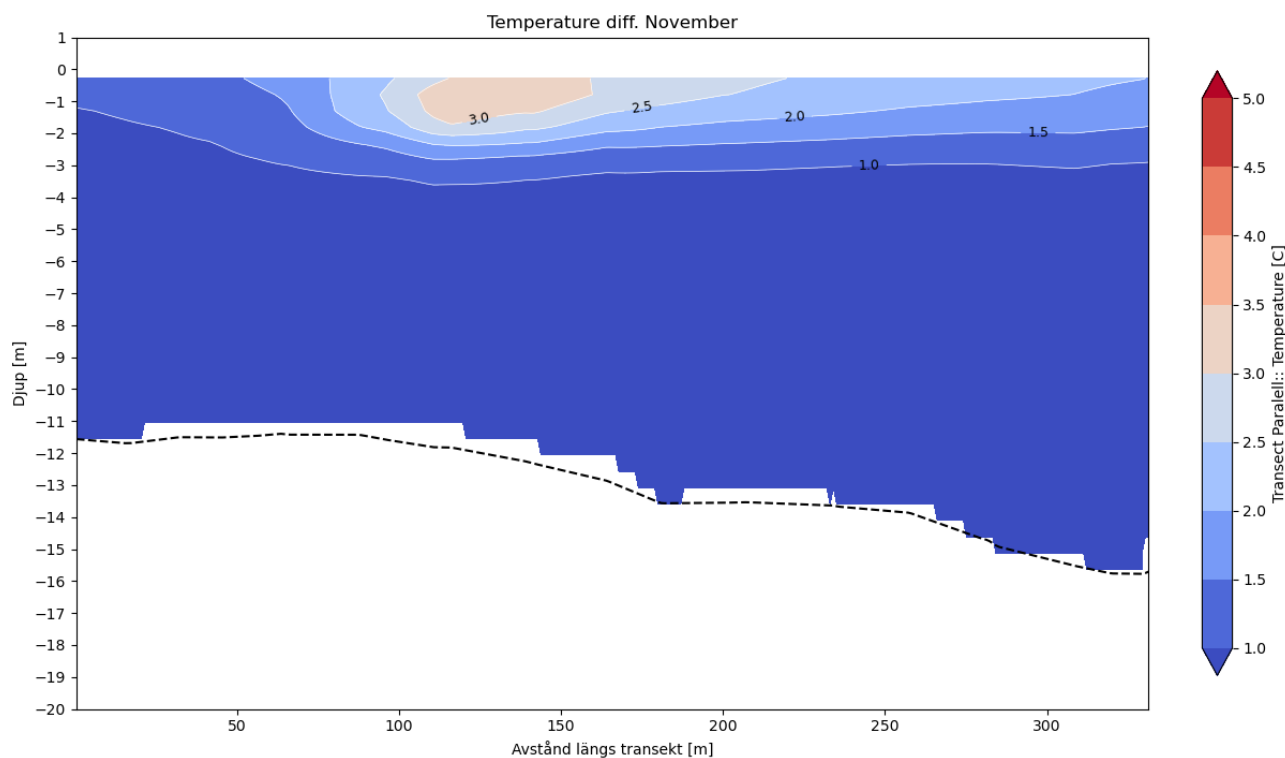
Figur 6.18 Djuptransekt "Parallell". Temperaturskillnad i månadsedel, för juni, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



Figur 6.19 Djuptransekt "Parallell". Temperaturskillnad i månadsedel, för september, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.



Figur 6.20 Djuptransekt "Parallell". Temperaturskillnad i månadsedel, för oktober, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

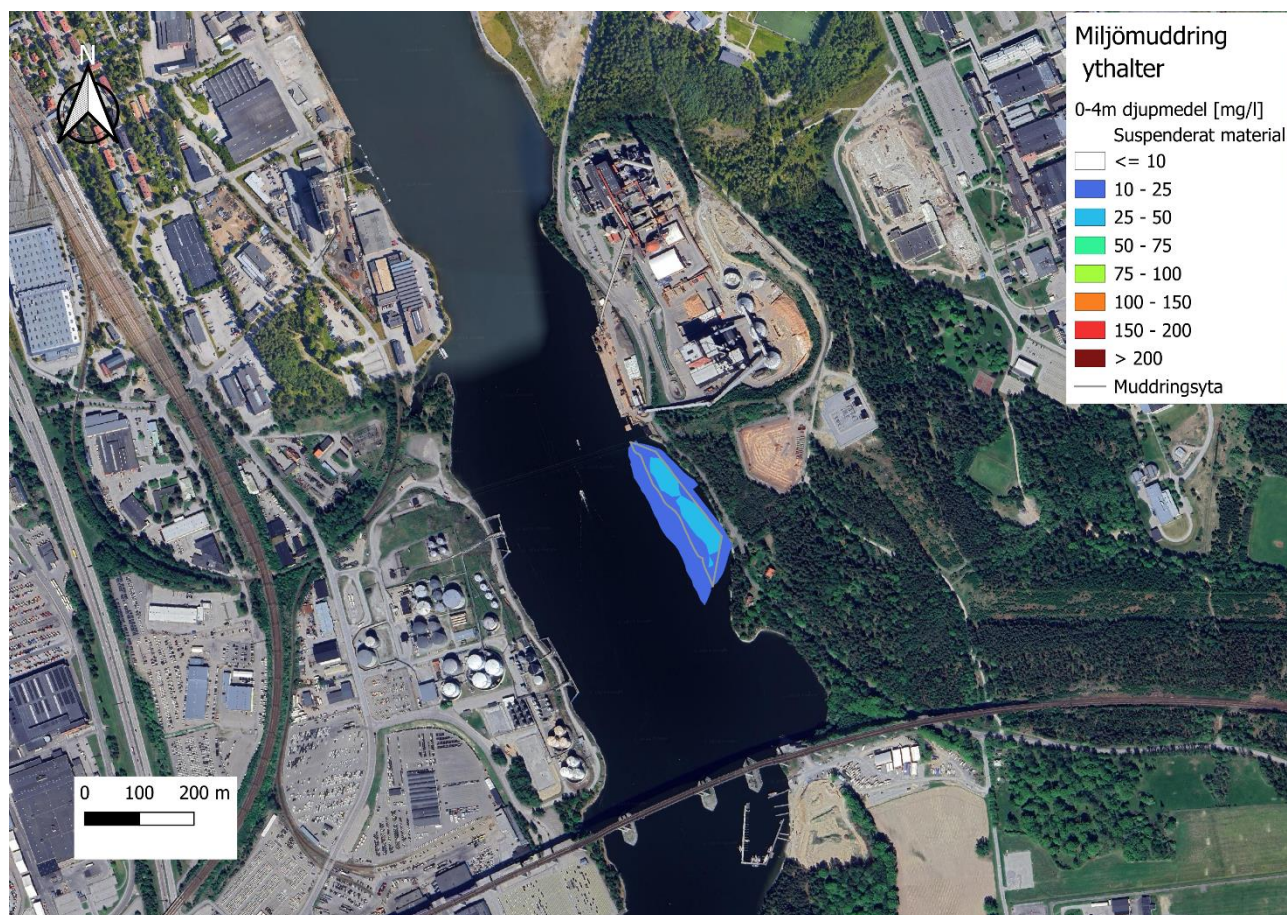


Figur 6.21 Djuptransekt "Parallell". Temperaturskillnad i månadsedel, för november, mellan framtida (C1) och befintlig (C0) verksamhet.

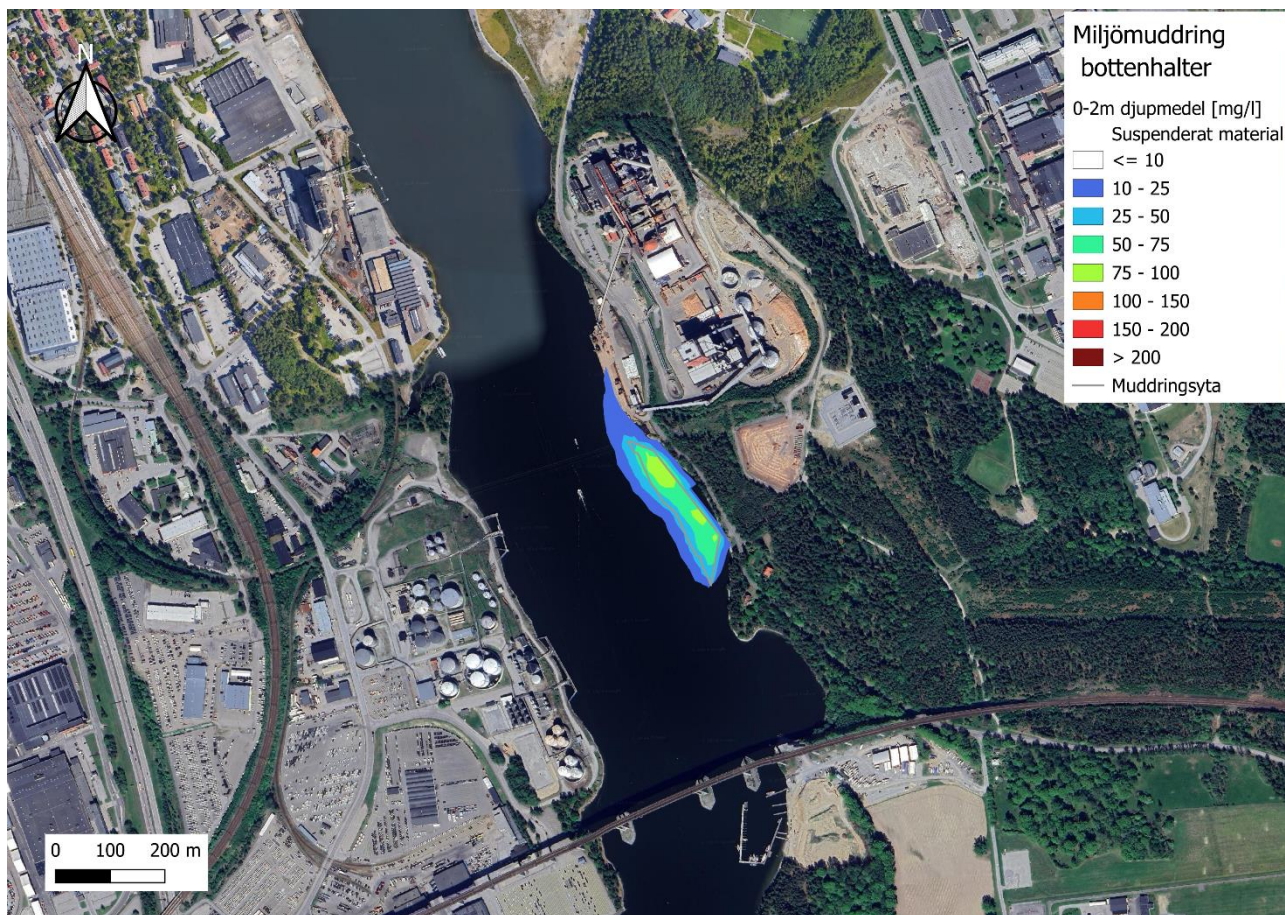
Appendix B Muddring och Dumpning

Appendix B.1 Miljömuddring

Appendix B.1.1 Yt- och bottenhalter medel SSC

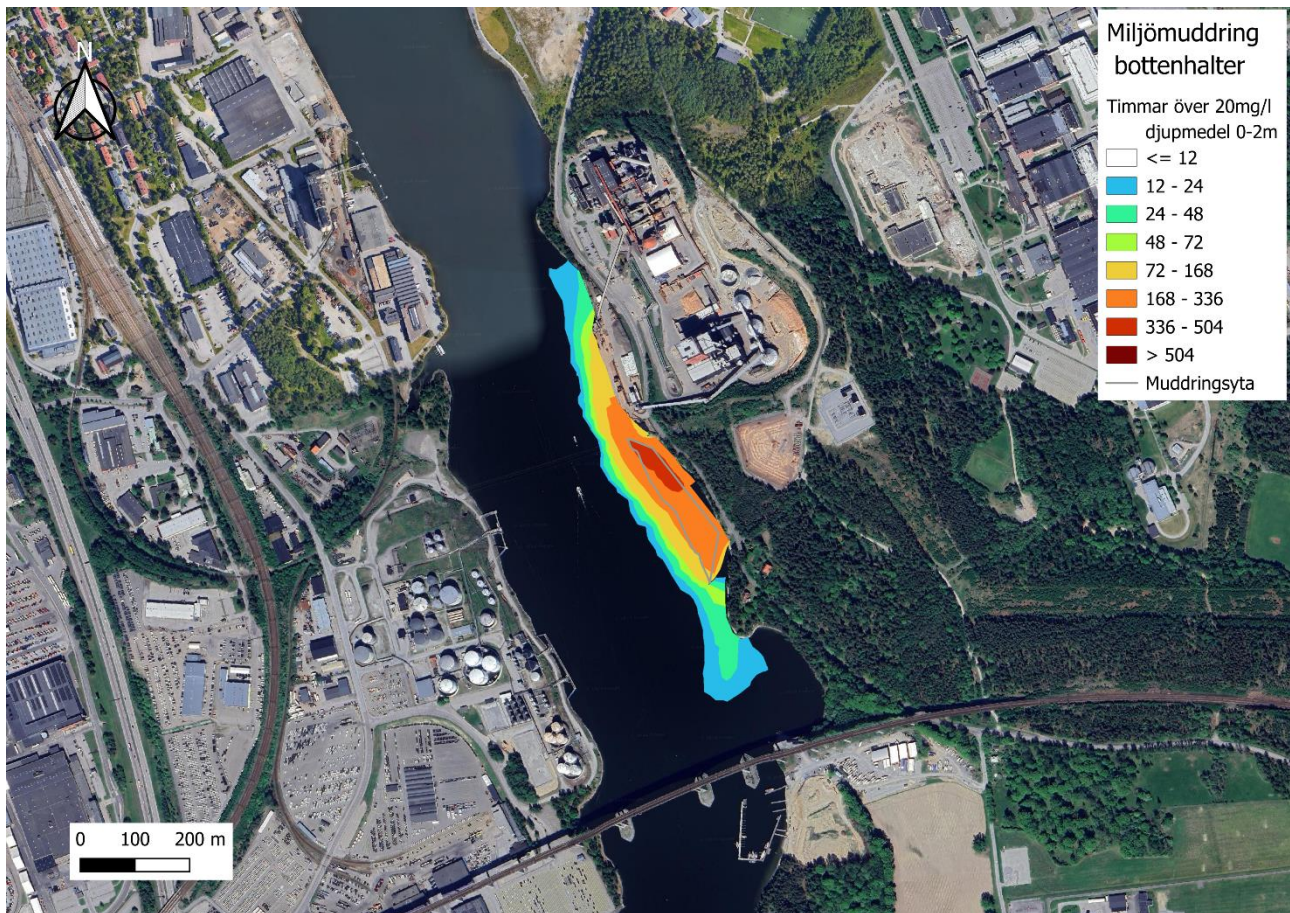


Figur 6.22 Medelvärde på grumling i ytan (0-4m) under den tid miljömuddringen pågår.

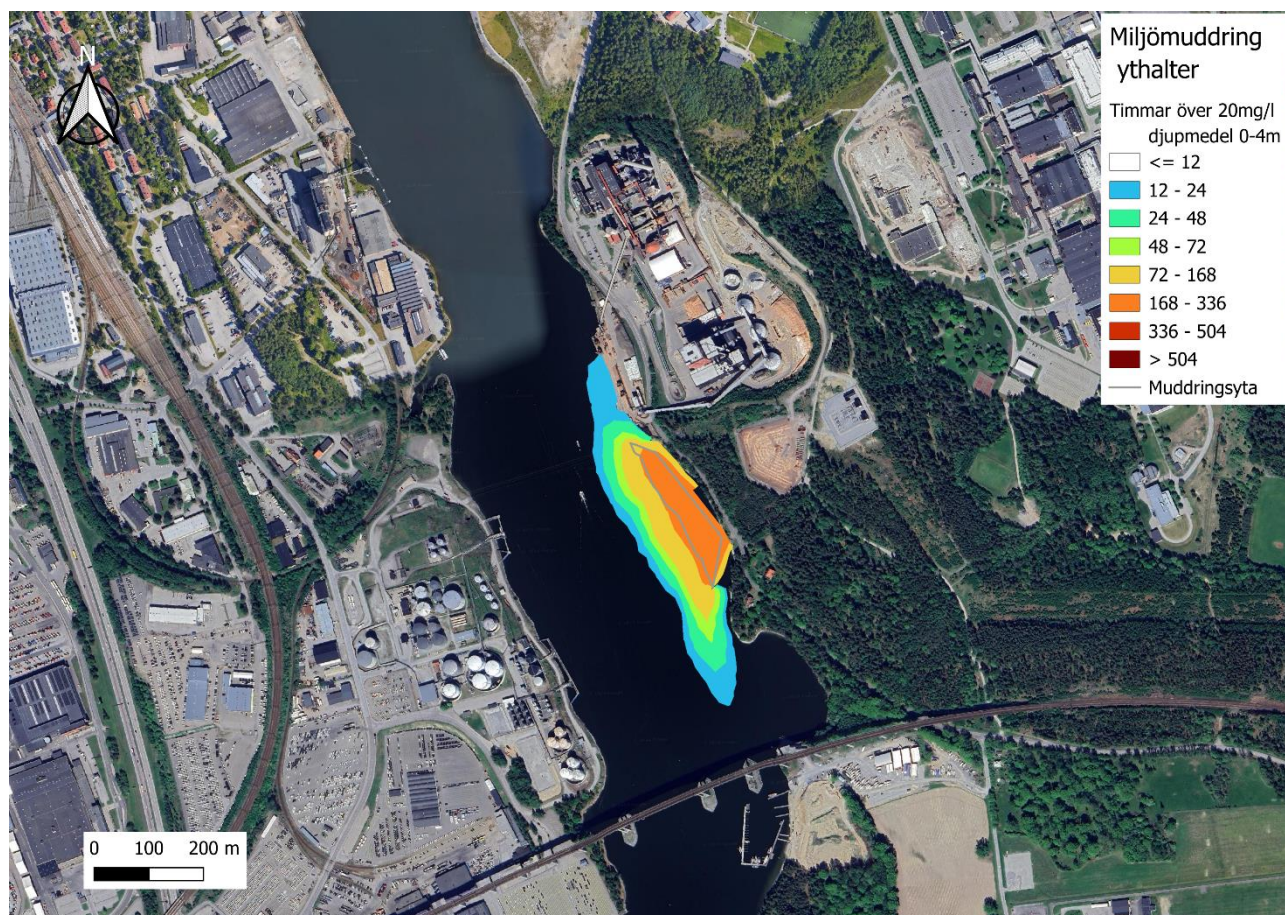


Figur 6.23 Medelvärde på grumling vid botten (0-2m ovanför) under den tid miljömuddringen pågår.

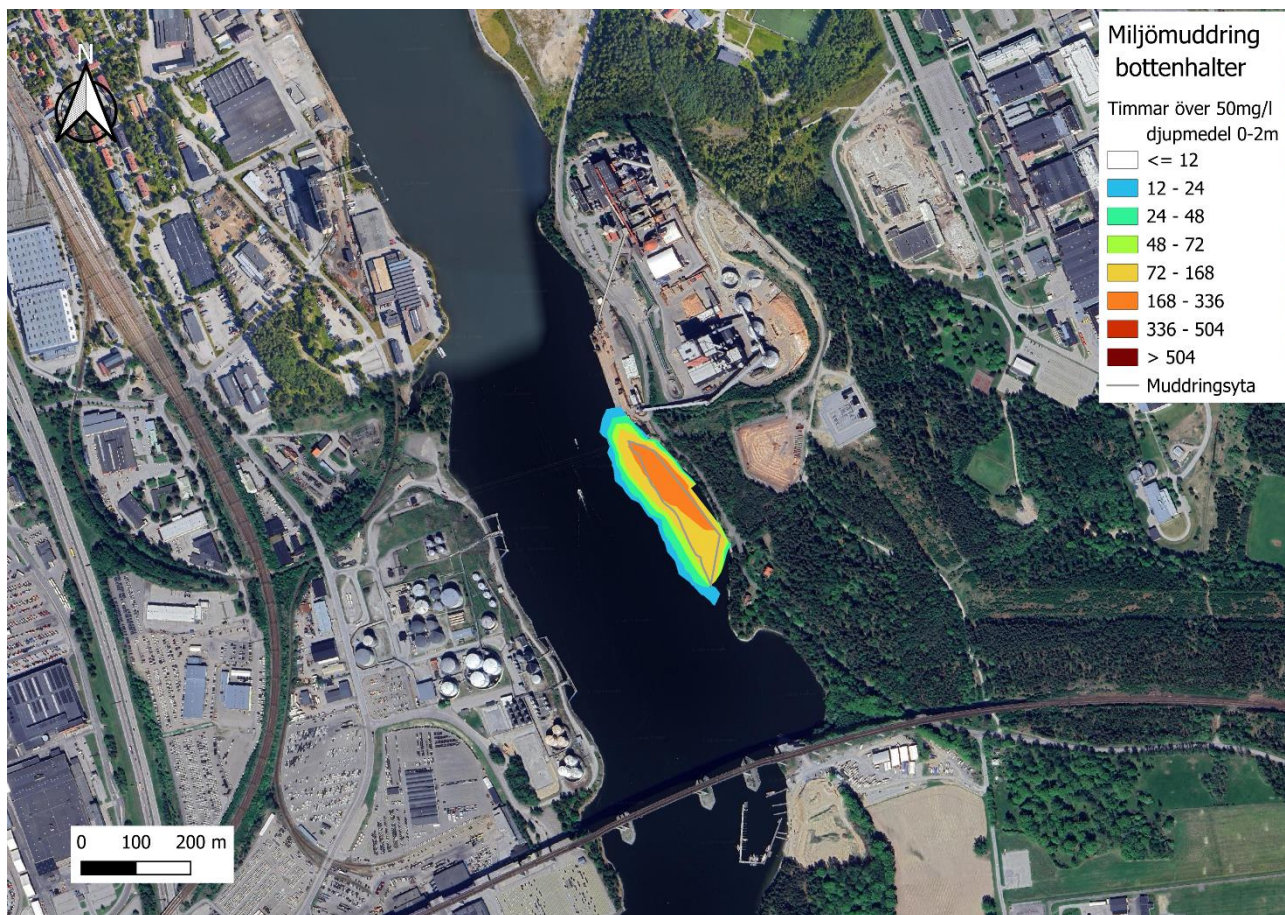
Appendix B.1.2 Varaktighet SSC 20-, 50- och 100 mg/l



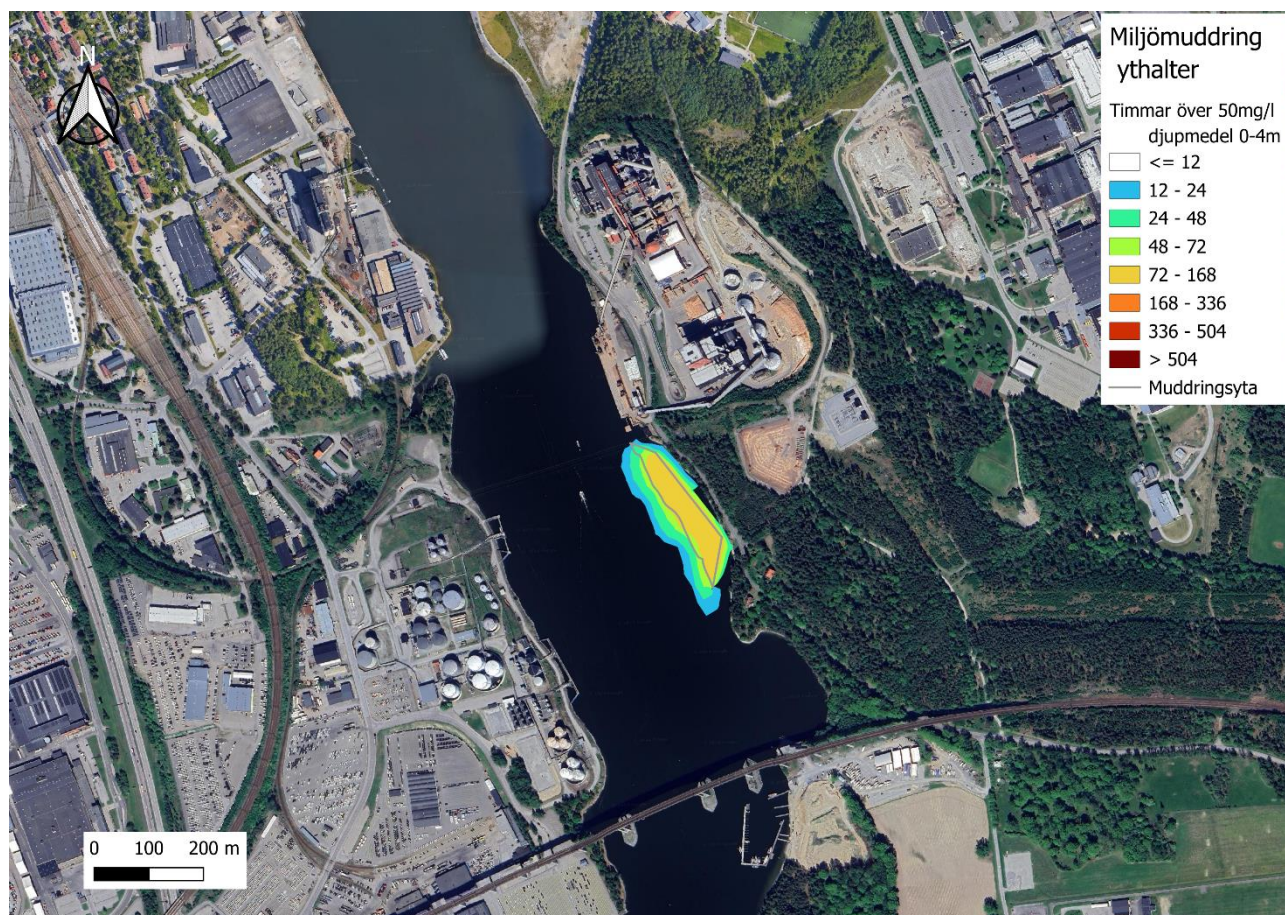
Figur 6.24 Grumling vid miljömuddring vid botten – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 20 mg/l. Total tid för miljömuddring bedöms till ca 384 timmar.



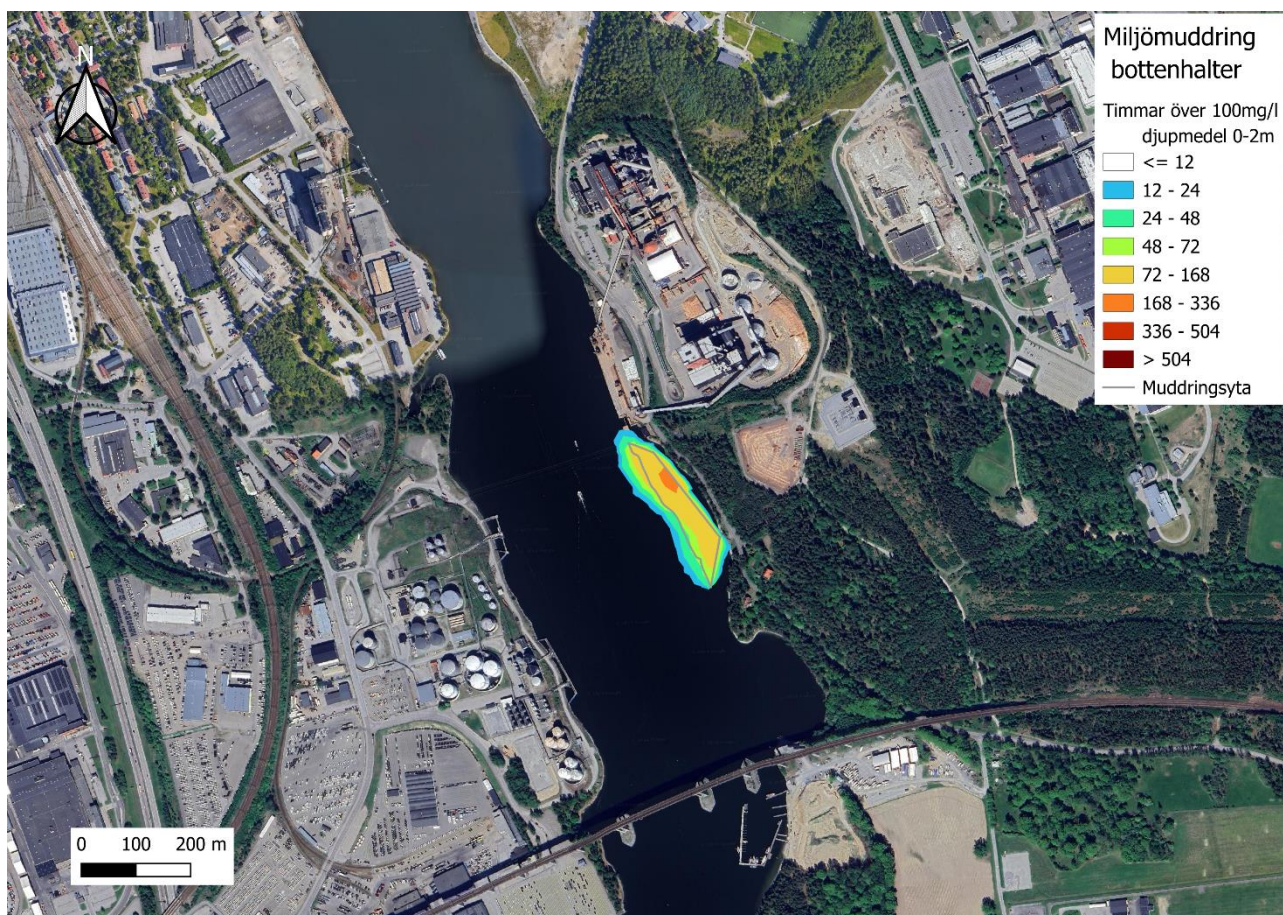
Figur 6.25 Grumling vid miljömuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för miljömuddring bedöms till ca 384 timmar.



Figur 6.26 Grumling vid miljömuddring id botten – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för miljömuddring bedöms till ca 384 timmar.



Figur 6.27 Grumling vid miljömuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för miljömuddring bedöms till ca 384 timmar.



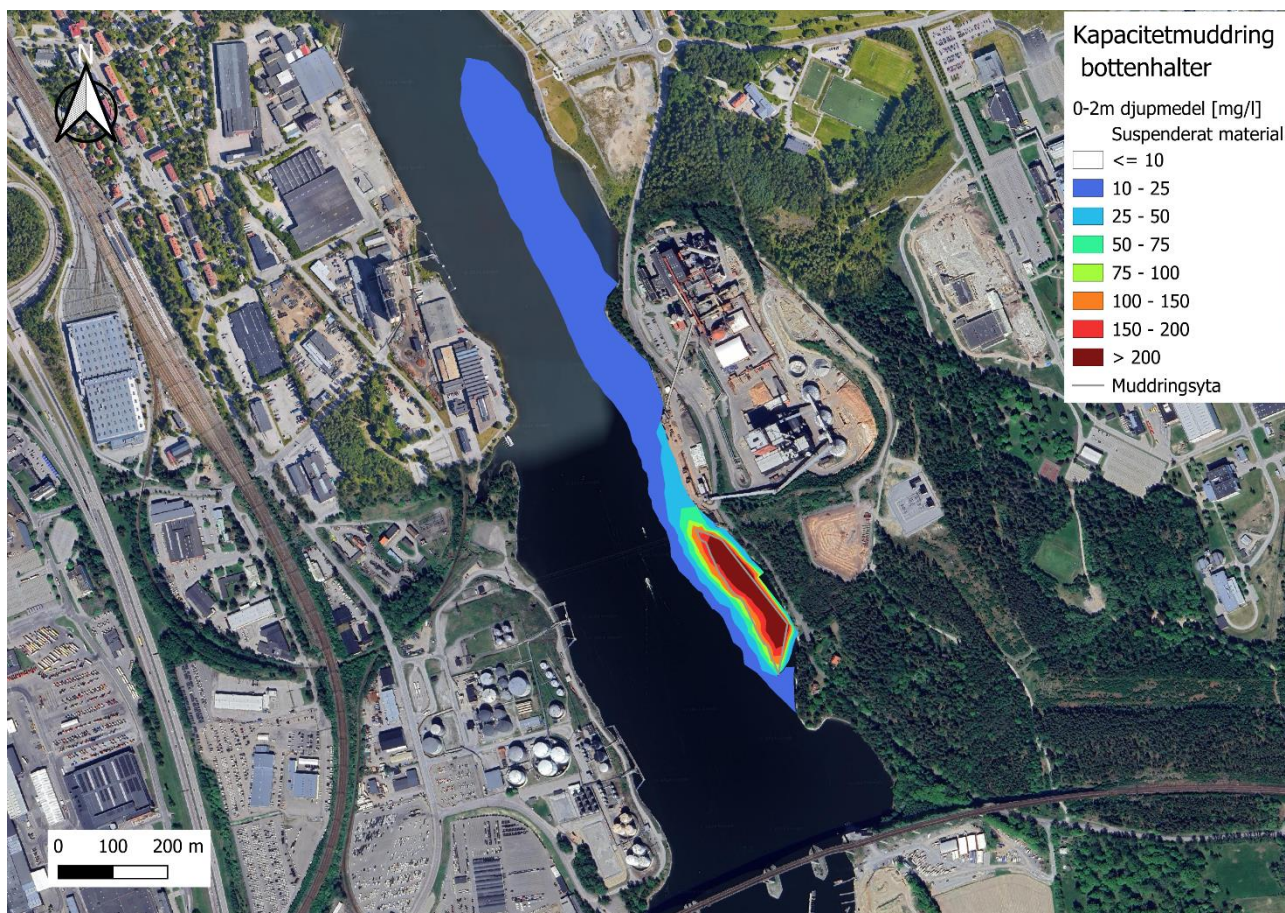
Figur 6.28 Grumling vid miljöuddring vid botten – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 100 mg/l. Total tid för miljöuddring bedöms till ca 384 timmar.



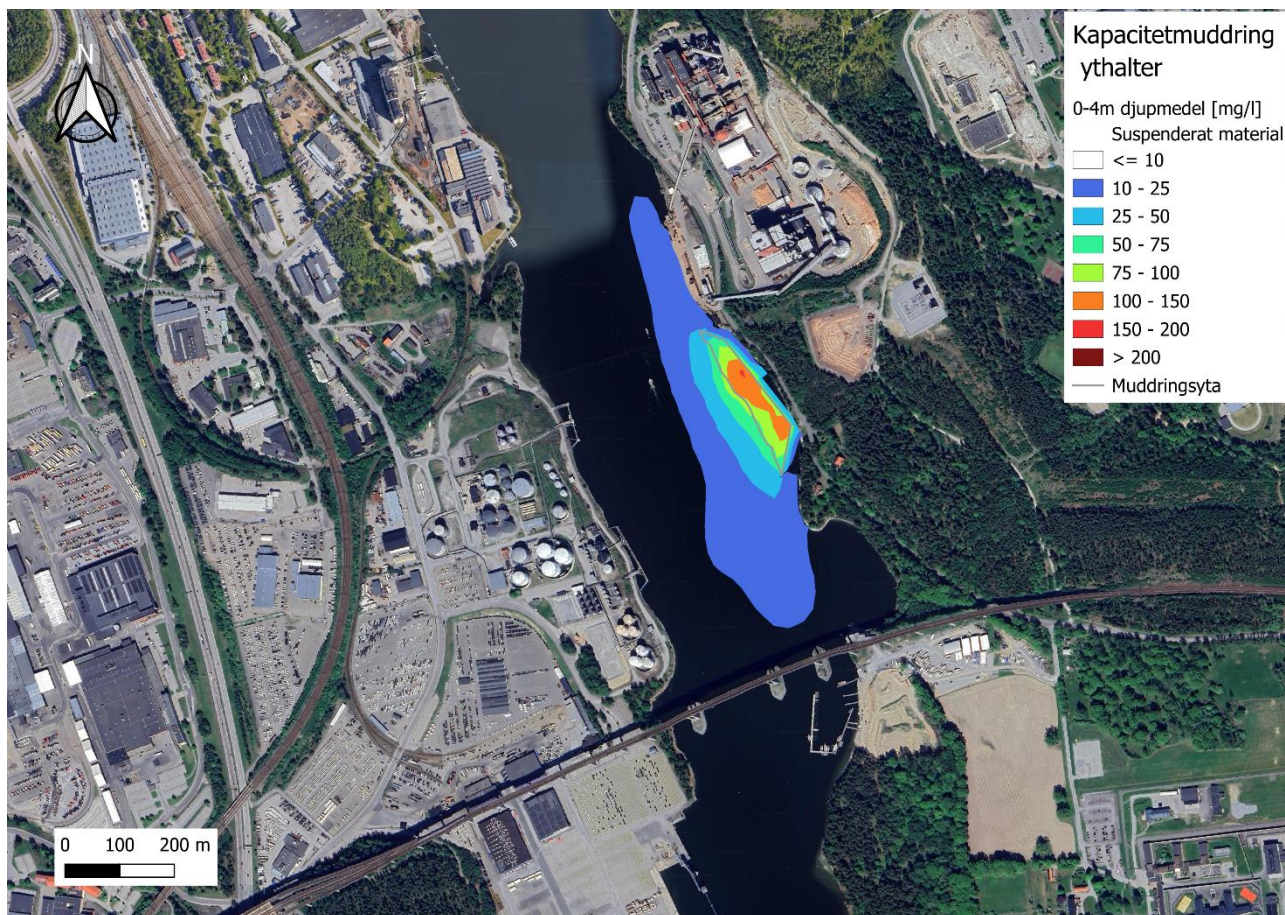
Figur 6.29 Grumling vid miljömuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 100 mg/l. Total tid för miljömuddring bedöms till ca 384 timmar.

Appendix B.2 Kapacitetsmuddring

Appendix B.2.1 Yt- och bottenhalter medel SSC

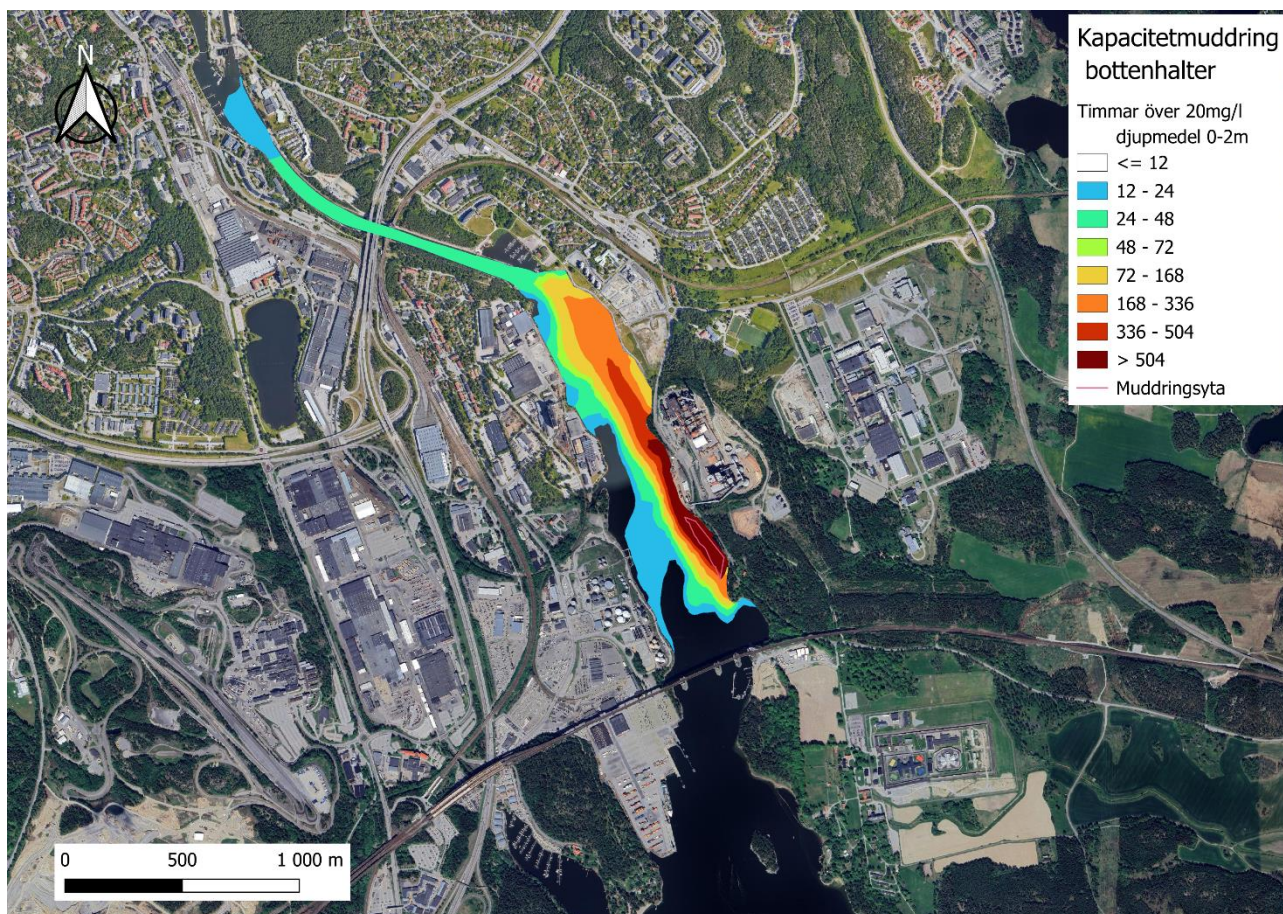


Figur 6.30 Medelvärde på grumling i ytan (0-4m) under den tid kapacitetsmuddringen pågår.

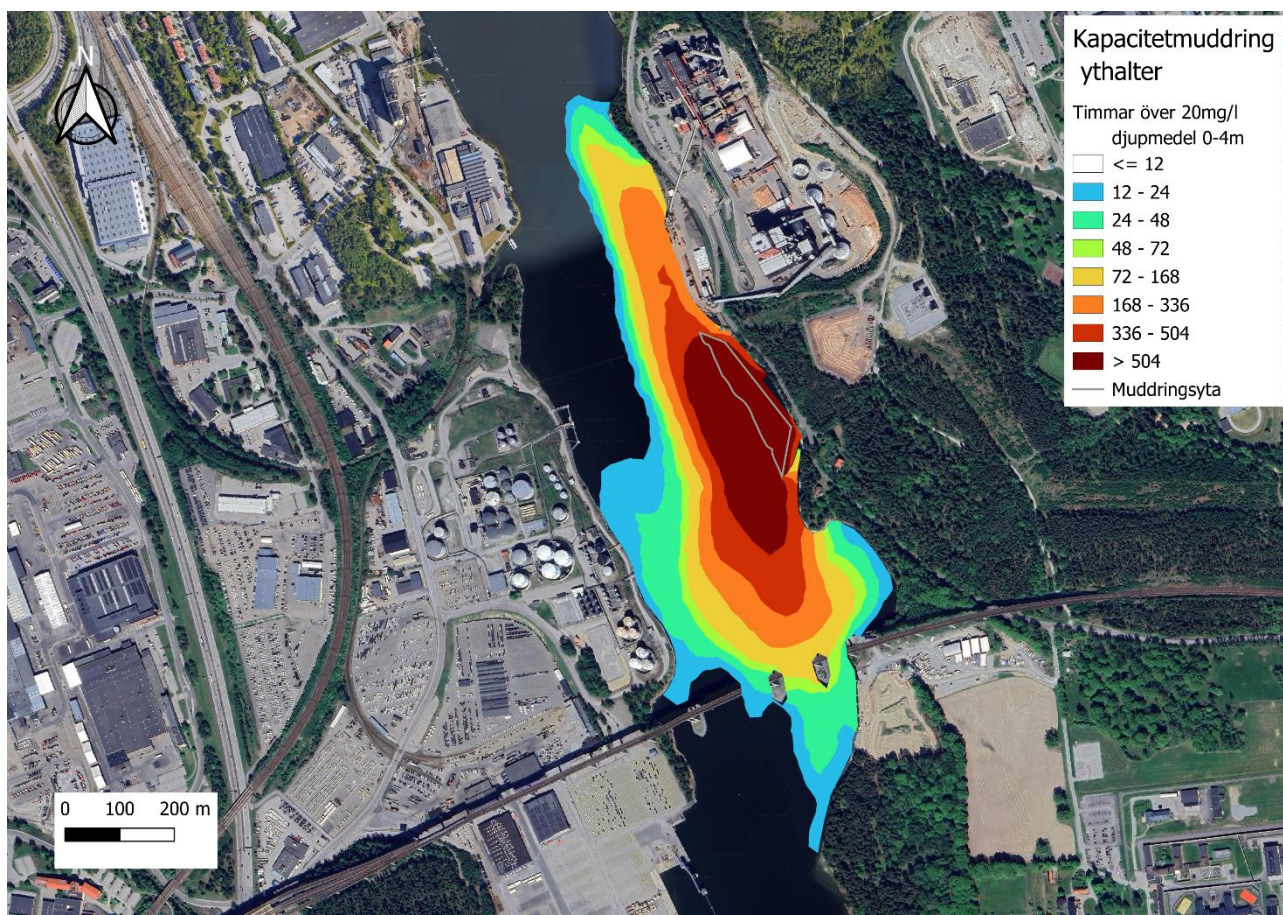


Figur 6.31 Medelvärde på grumling vid botten (0-2m ovanför) under den tid kapacitetmuddringen pågår.

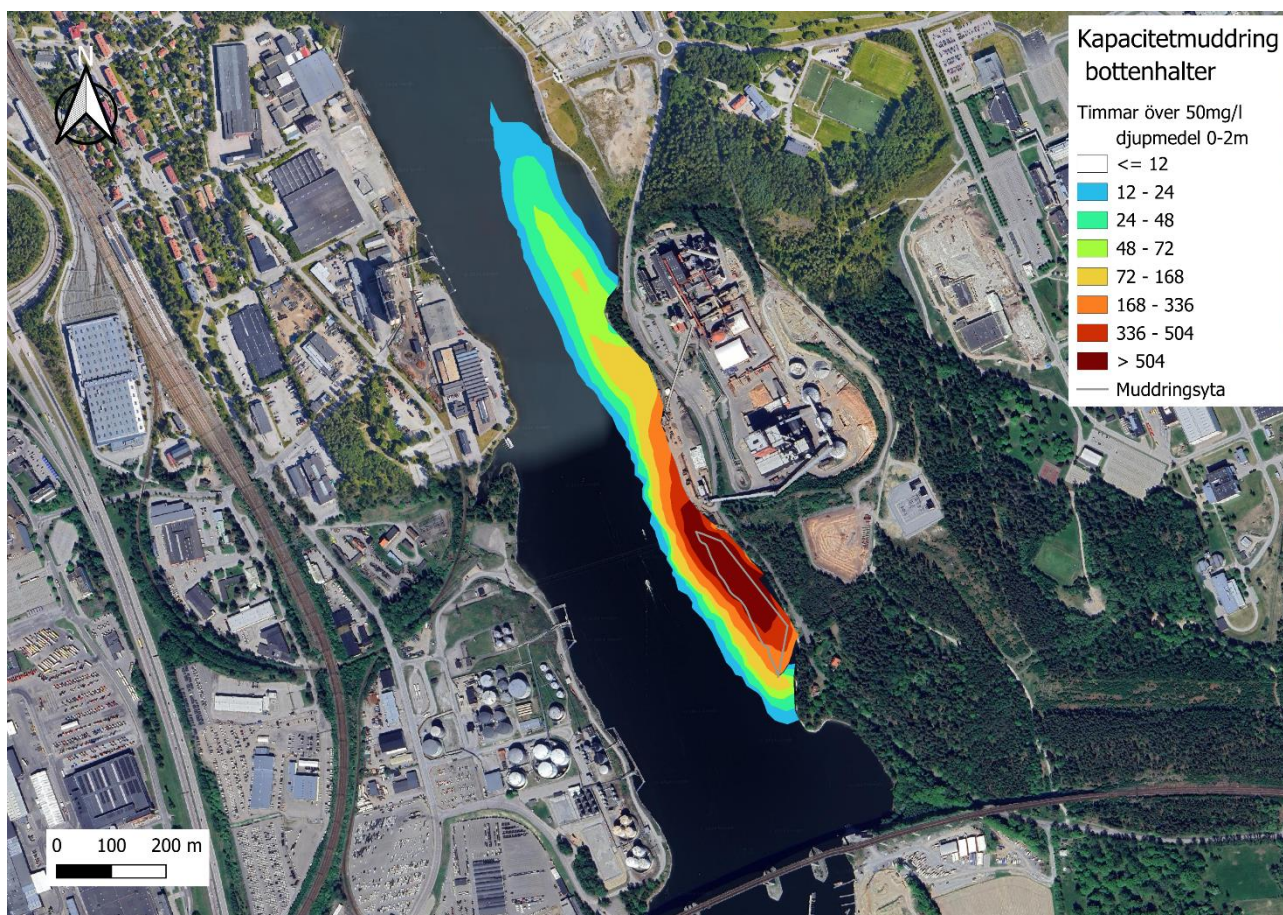
Appendix B.2.2 Varaktighet SSC 20-, 50- och 100 mg/l



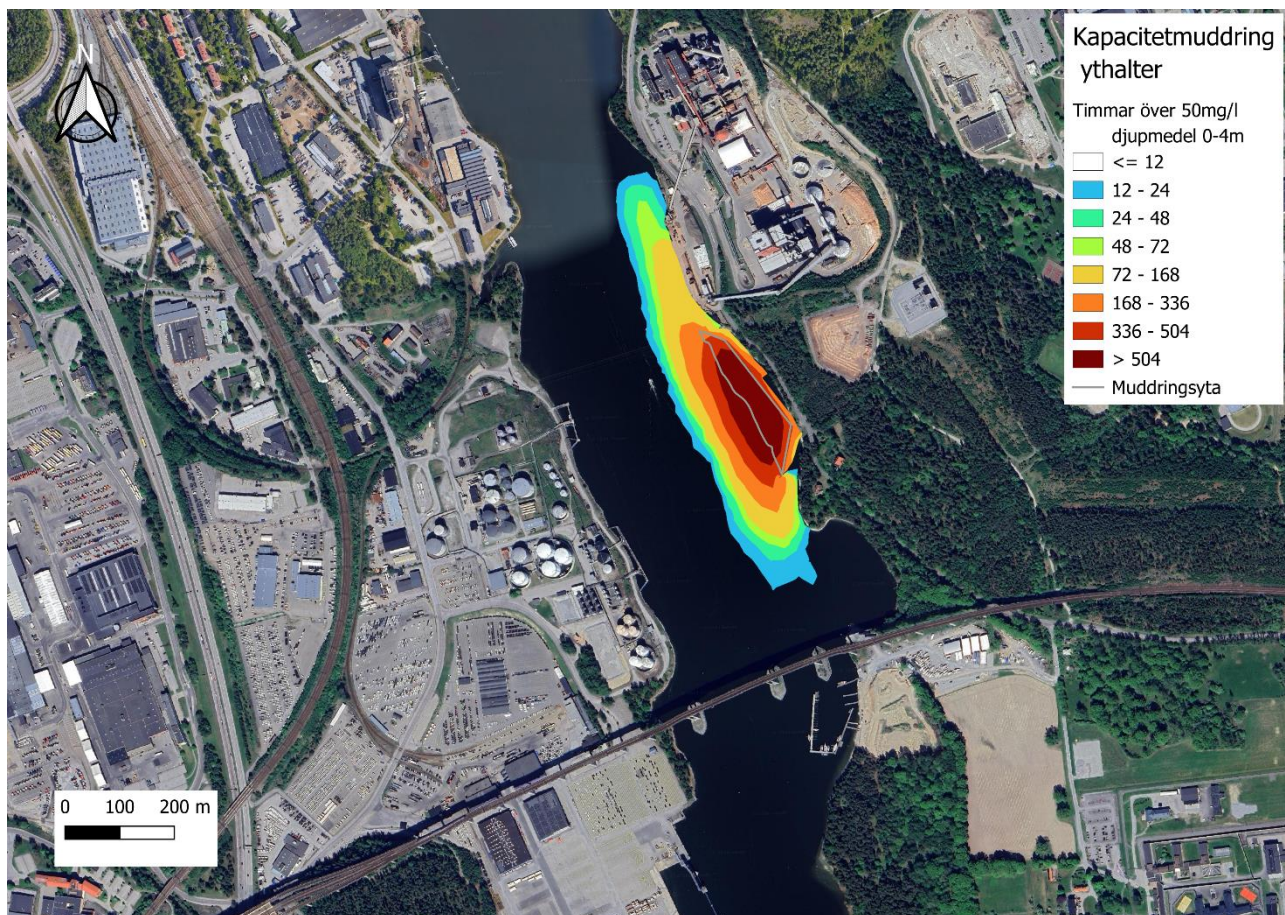
Figur 6.32 Grumling vid kapacitetsmuddring vid botten – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 20 mg/l. Total tid för kapacitetsmuddring bedöms till ca 512 timmar



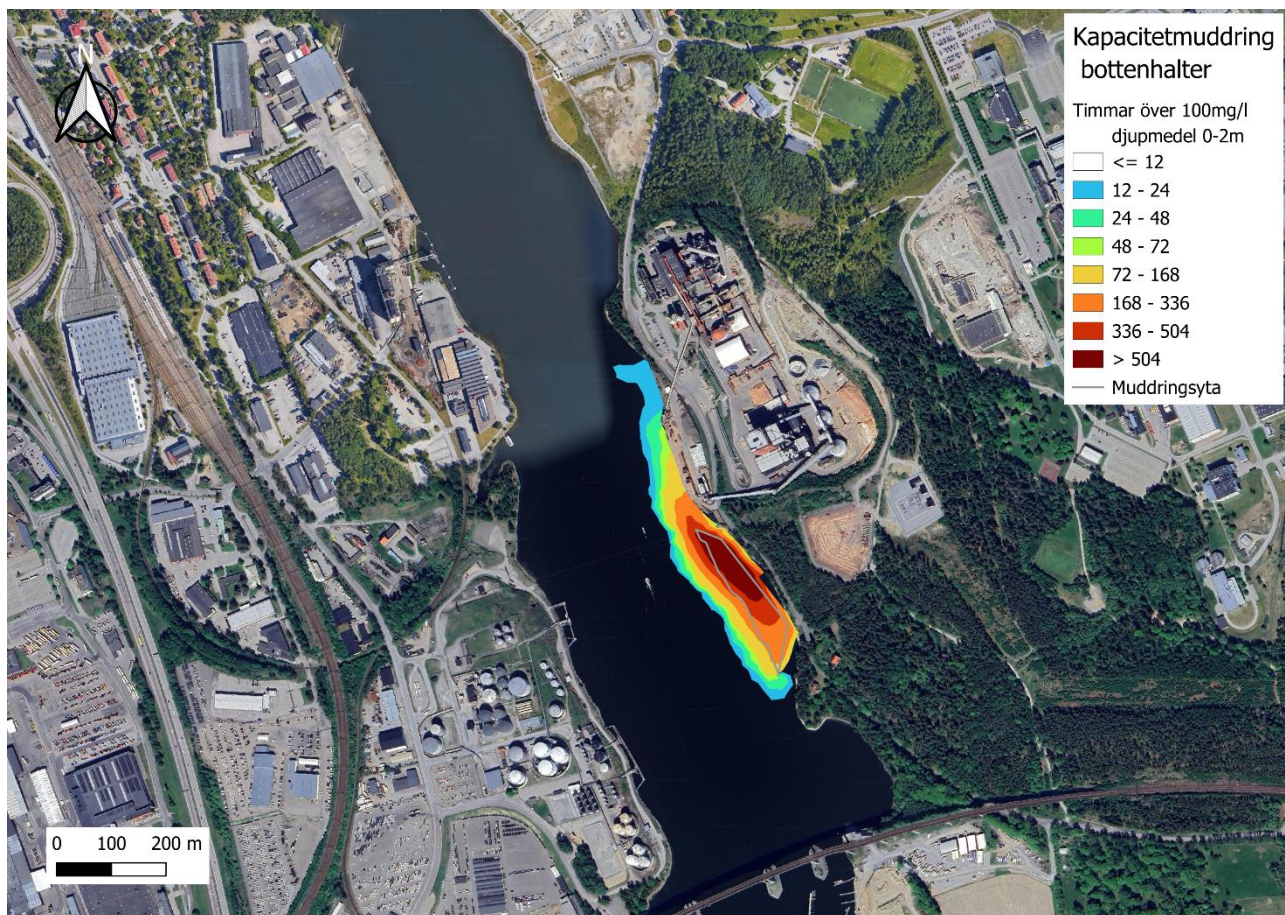
Figur 6.33 Grumling vid kapacitetmuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 20 mg/l. Total tid för kapacitetmuddring bedöms till ca 512 timmar



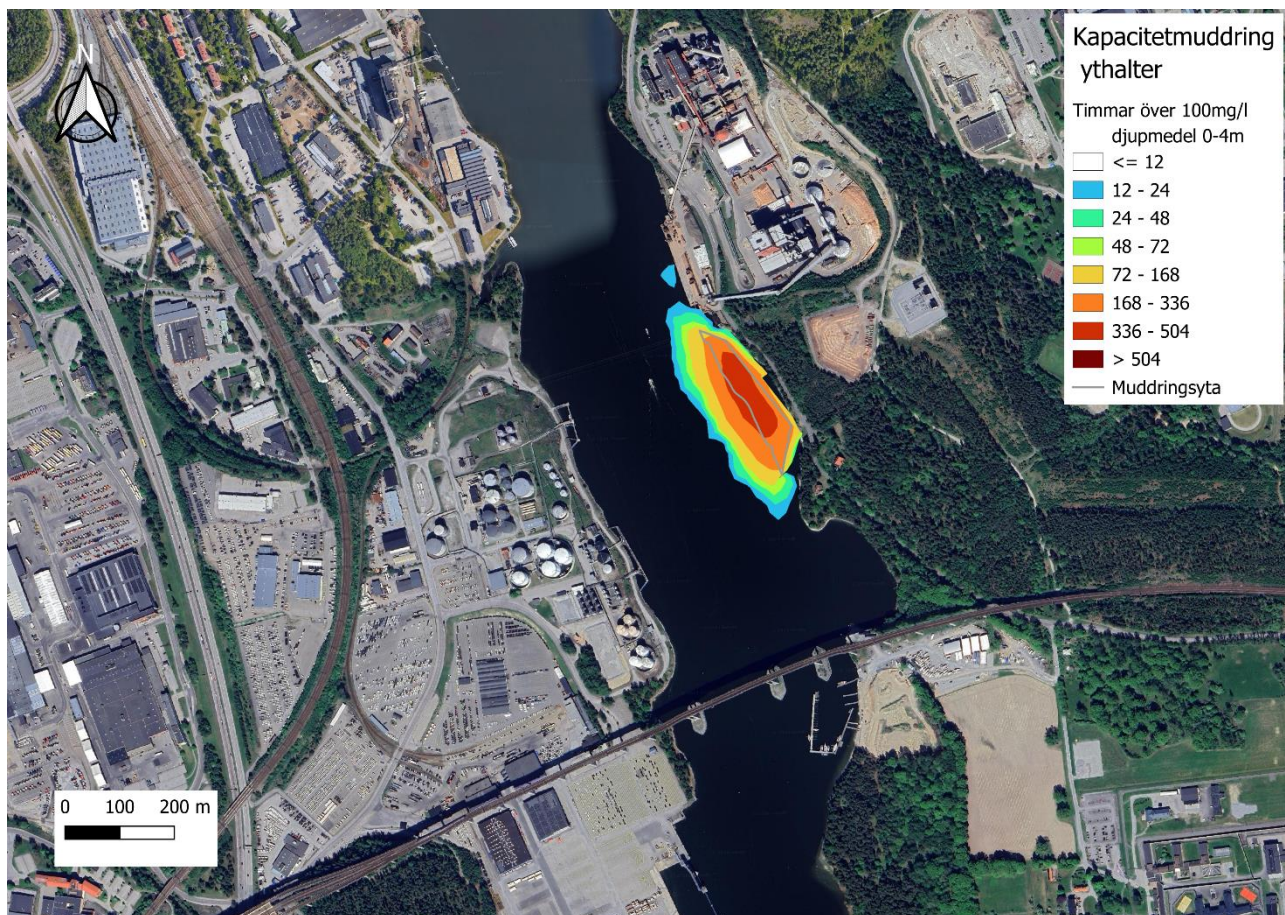
Figur 6.34 Grumling vid kapacitetsmuddring vid botten – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för kapacitetsmuddring bedöms till ca 512 timmar



Figur 6.35 Grumling vid kapacitetsmuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för kapacitetsmuddring bedöms till ca 512 timmar



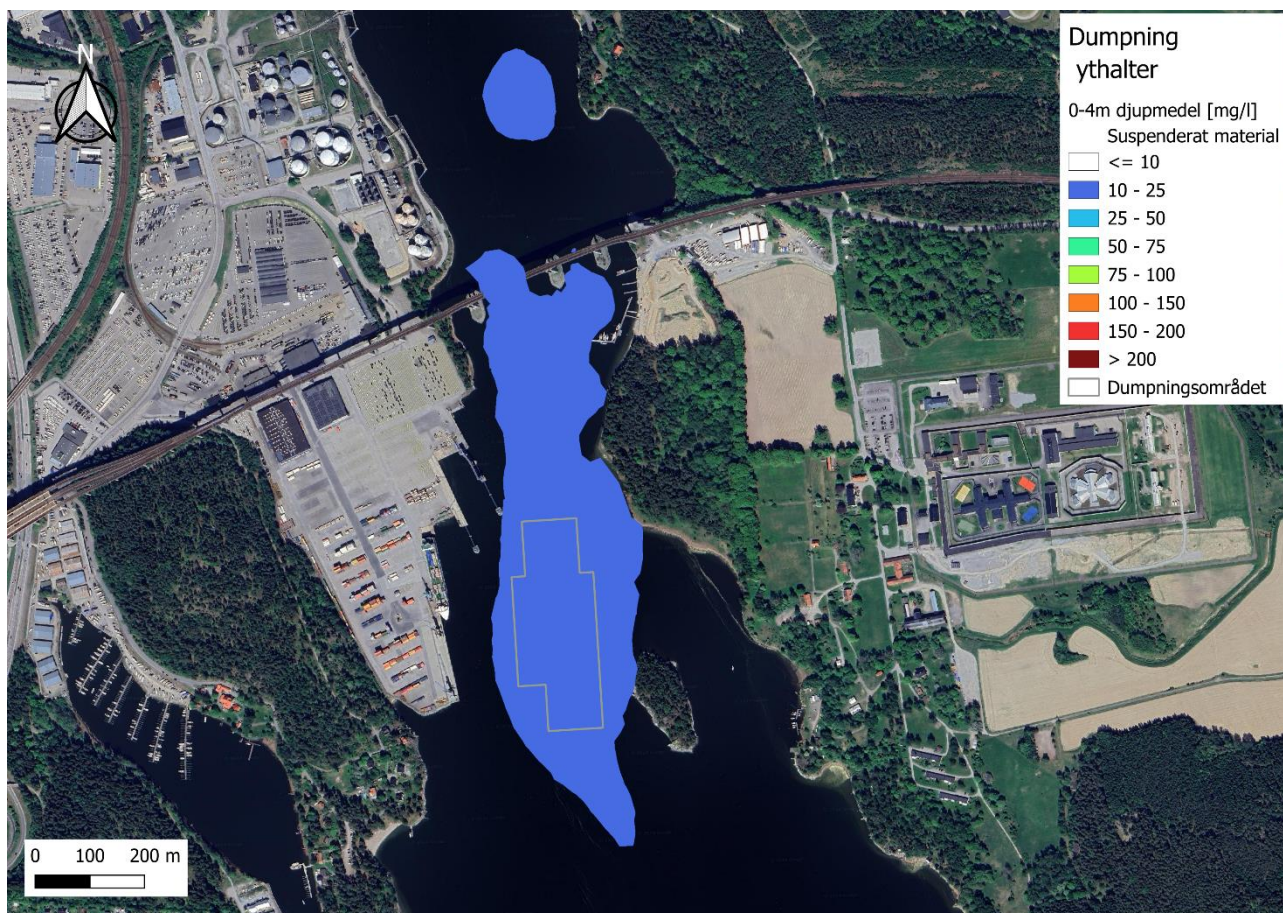
Figur 6.36 Grumling vid kapacitetmuddring vid botten – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 100 mg/l. Total tid för kapacitetmuddring bedöms till ca 512 timmar



Figur 6.37 Grumling vid kapacitetsmuddring i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 100 mg/l. Total tid för kapacitetsmuddring bedöms till ca 512 timmar

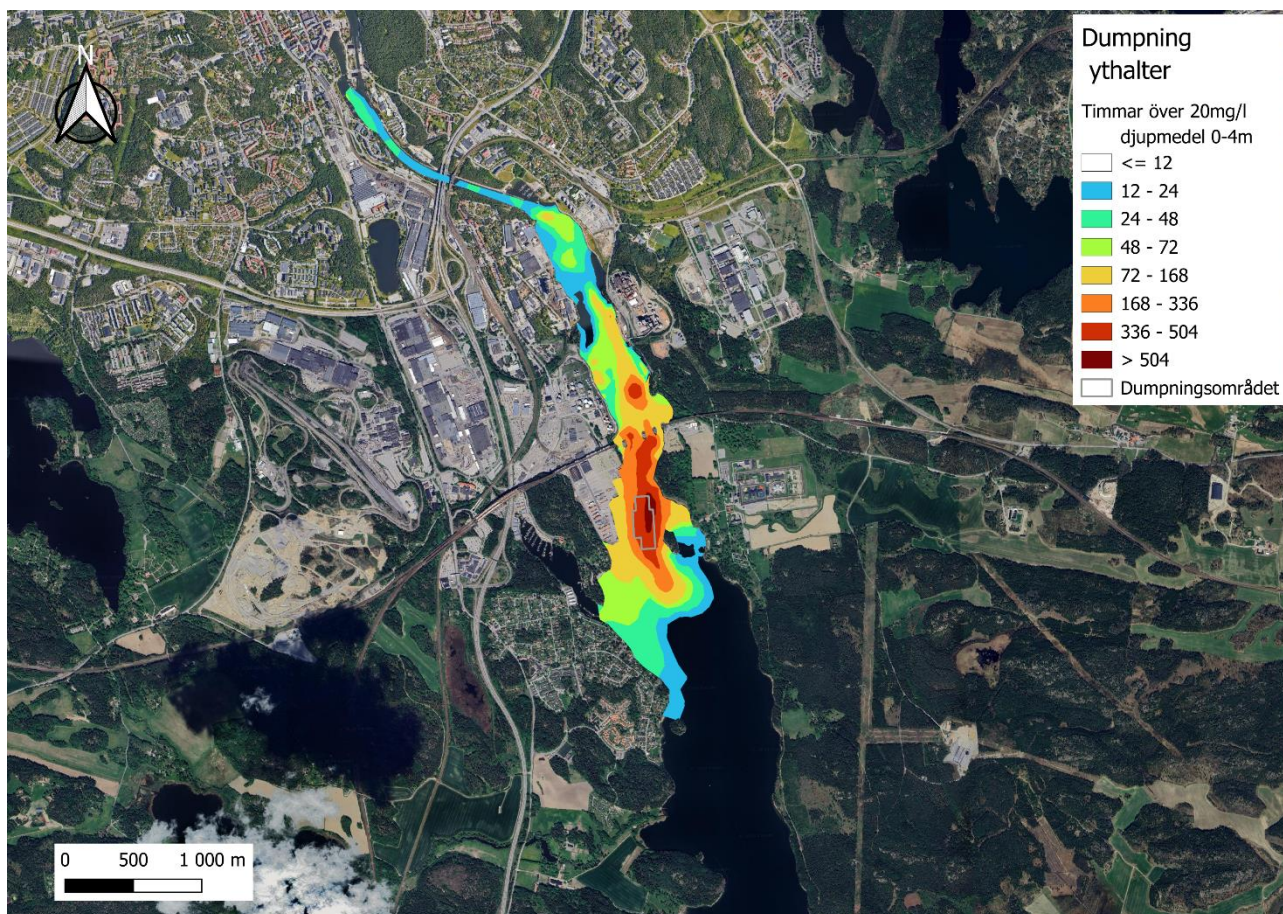
Appendix B.3 Kapacitetsdumpning

Appendix B.3.1 Ythalter medel SSC

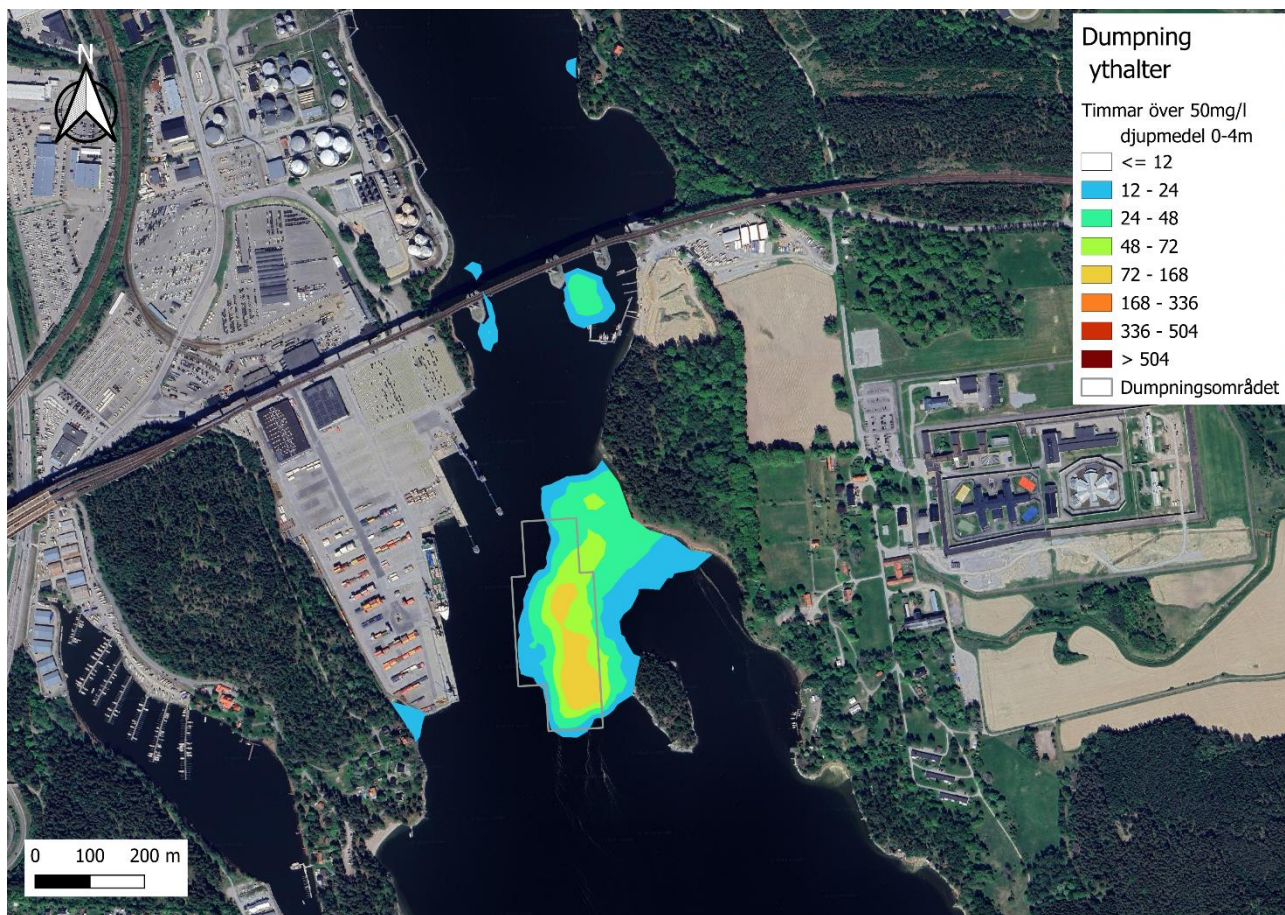


Figur 6.38 Medelvärde på grumling i ytan (0-4m) under den tid kapacitetsdumpningen pågår.

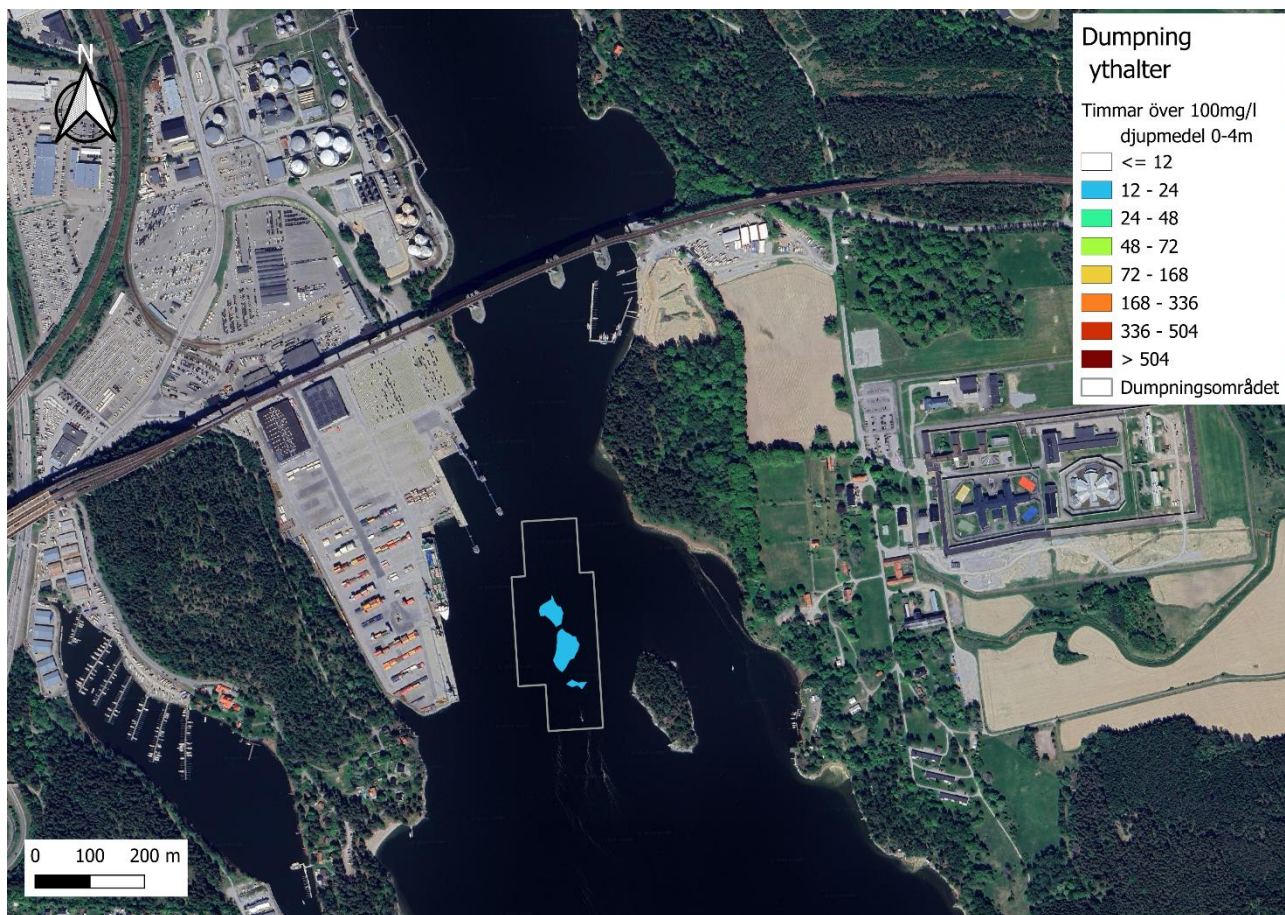
Appendix B.3.2 Varaktighet SSC 20-, 50- och 100 mg/l



Figur 6.39 Grumling vid kapacitetsdumpning i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 20 mg/l. Total tid för kapacitetsdumpning bedöms till ca 512 timmar



Figur 6.40 Grumling vid kapacitetsdumpning i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 50 mg/l. Total tid för kapacitetsdumpning bedöms till ca 512 timmar



Figur 6.41 Grumling vid kapacitetsdumpning i ytan – antal timmar som grumling är beräknad att överskrida 100 mg/l. Total tid för kapacitetsdumpning bedöms till ca 512 timmar