

Bilaga 9

Afry Finland Oy

Modellering av värmeutsläpp i Ingå havsområde

AFRY Finland Oy är inte ansvarig för eventuella avvikelser mellan översättningen och originalet. Originalet kommer alltid att ha företräde.

Modellering av värmeutsläpp i Ingå havsområde

Blastr Green Steel - Utvärdering av kylvattenalternativ med hjälp av flödesmodell

14.11.2024, v4

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Mål	2
2	Beräkningsmodell	2
2.1	Modellgitter	3
3	Källuppgifter	4
3.1	Väderinformation.....	4
3.2	Flodflöde	4
3.3	Val av beräkningsår	4
3.4	Vattennivå.....	5
4	Flödesberäkning	5
4.1	Modellinställningar.....	5
4.2	Jämförelse av nuvarande tillståndets beräkningsresultat med mätningarna	5
5	Resultat.....	9
5.1	Beräkningsscenarier och belastningar	9
5.2	Värmehöjningens beroende av väderförhållandena	11
5.3	Värmehöjning med ett annat scenario.....	15
5.4	Tidsserier för temperaturen	25
5.5	Förändring i salthalten	30
5.6	Isläge med olika scenarier	35
5.7	Muddring av inloppsvatten.....	38
6	Genomgång av resultaten	40
7	Källförteckning	42

AFRY Finland Oy,
Ympäristötutkimus,
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

1 Inledning

1.1 Mål

Syftet med detta arbete var att undersöka hur det planerade värmeutsläppet i Norrfjärden i Ingå påverkar havsvattentemperaturen i området. Blandningen av värmebelastning och den resulterande temperaturhöjningen samt eventuella förändringar i salthalten uppskattades genom att konstruera en flödes- och vattenkvalitetsmodell för området, med hjälp av vilken man beräknade belastningens inverkan. Arbetets innehåll var följande:

- 1) Upprättande av en flödesmodell för målområdet.
- 2) Beräkning av det aktuella tillståndet (tillstånd utan belastning).
- 3) Beräkning av effekterna av värmeutsläpp med olika scenarioalternativ.

2 Beräkningsmodell

Som namnet antyder är utloppsvattnet från värmeutsläppet varmare än vattnet i utloppsområdet och därmed också lättare. På grund av detta stannar det varma vattnet vanligtvis kvar i ytskiktet, där det svalnar genom att blandas med vatten i utloppsområdet och svalnar i luften genom värmeöverföring och avdunstning. I områden där vatten fritt kan blandas med en större vattenmassa är den viktigaste processen som kylvattnet att blanda utloppsvattnet med vattnet i utloppsområdet. Förutom temperaturen kan även spridningen och kylningen av värmeutsläpp påverkas av skillnaden i salthalt i utloppsvattnet jämfört med den omgivande vattenmassan. Det kan finnas skillnader i saltkoncentrationen i havsområdet, t.ex. i en situation där kylvatten tas från ett djupare vattenlager och det finns mindre saltvatten i havsområdets ytskikt till följd av skiktning av vattnet från åarna.

I denna rapport undersöks med hjälp av en 3D-flödesmodell hur värmebelastningen blandas med havsvattnet i Norrfjärden i Ingå. Modellberäkningarna för havsområdet utfördes med hjälp av EIA3d-beräkningsmodellen, som bygger på att lösa hydrostatiska 3D-flödesekvationer med hjälp av differensmetoden. Modellgittret, eller rutnätet, består av horisontellt rektangulära kvadrater, för djupriktningen använder modellen ett z-gitter baserat på standarddjupnivåer. Dessutom har ett gradvis förfinande nästlat modellgitter använts horisontellt, vilket gör det möjligt att beräkna effekterna av ett större havsområde på målområdet med god noggrannhet. Beräkningsmodellen lämpar sig väl för att beskriva Finlands insjö- och kustområden och den har använts i över hundra beräkningsprogram i Finland och utomlands (Koponen m.fl. 2004).

Modellberäkningen av de krafter som påverkar vatten tar hänsyn till omblandning orsakad av vind, inverkan av atmosfärstryck, vattennivåvariationer vid modellens kant, bäck- och åflöden samt effekten av istäcket. Dessutom beräknar modellen vattentemperatur och salthalt samt horisontella och djupgående täthetsskillnader orsakade av vattentemperatur och salthalt, vilket till exempel påverkar transporten och djupblandningen av blandat utloppsvatten. Flödena beräknas dynamiskt med hjälp av mätningbaserade omständighetsdata, d.v.s. baserat på väderhistoriken väljs och simuleras en representativ tidsperiod med hjälp av modellberäkningar med hjälp av

väderdata och marginalvärden som finns tillgängliga i området (t.ex. åarnas vattenföring). Som ett resultat av beräkningen erhålls flöde, temperatur och salthalt för varje rutnät i modellgittret under den valda simuleringsperioden med den valda tidsnoggrannheten, t.ex. varje timme. En mer detaljerad beskrivning av modellens beräkningsprinciper finns i modellens användarmanual (Koponen et al. 2004).

2.1 Modellgitter

För modellberäkningen skapades ett modellgitter för området med hjälp av tillgängliga strandlinje- och djupdata. För Finlands del användes som kustlinje kartmaterial från Lantmäteriverket i skala 1:100 000 och strandlinjen i terrängdatabasen (Lantmäteriverket 2024). Resten av kustlinjen är hämtad från Europeiska miljöbyråns kustlinjedata (EEA 2017). Djupuppgifterna finns tillgängliga på den finska sidan på basis av Trafikverkets (Trafikverket 2024) kustdjupsdata och på andra håll från BSBD-databasen (BSBD 2013). Djupuppgifterna för Ingå hamnområde preciserades i enlighet med de djuplodningar som utfördes i hamnområdet.

Modellgittret som används i beräkningen består av fyra nästlade gitterplan. Upplösningen för det yttre gitterplanet är 1890 m och den mest exakta 70 m. I förfiningarna av gittret är gittertoppen av det yttre gitterplanet uppdelat i nio (3 x 3) bås av det mer exakta gitterplanet. Gitternivåerna visas i tabell 1 och de viktigaste dimensionerna för nivåerna visas i Tabell 1. Den djupaste punkten i det yttersta gitterplanet är 120 m. Modellens skiktjocklek är från 0 till 15 m i djupområdet 1 m. På en djupare nivå ökar skiktjockleken jämnt så att den på en nivå över 80 m är 15 m. Modellen har totalt 30 djupnivåer.

Tabell 1. Information om modellens gitternivåer.

Gitternivå	Storlek X (skärmar)	Storlek Y (skärmar)	Gitterrut- nätets storlek (m)	Storlek X (km)	Storlek Y (km)
1	230	108	1890	434.7	204.1
2	78	54	630	49.1	34
3	99	84	210	20.8	17.6
4	201	141	70	14.1	9.9

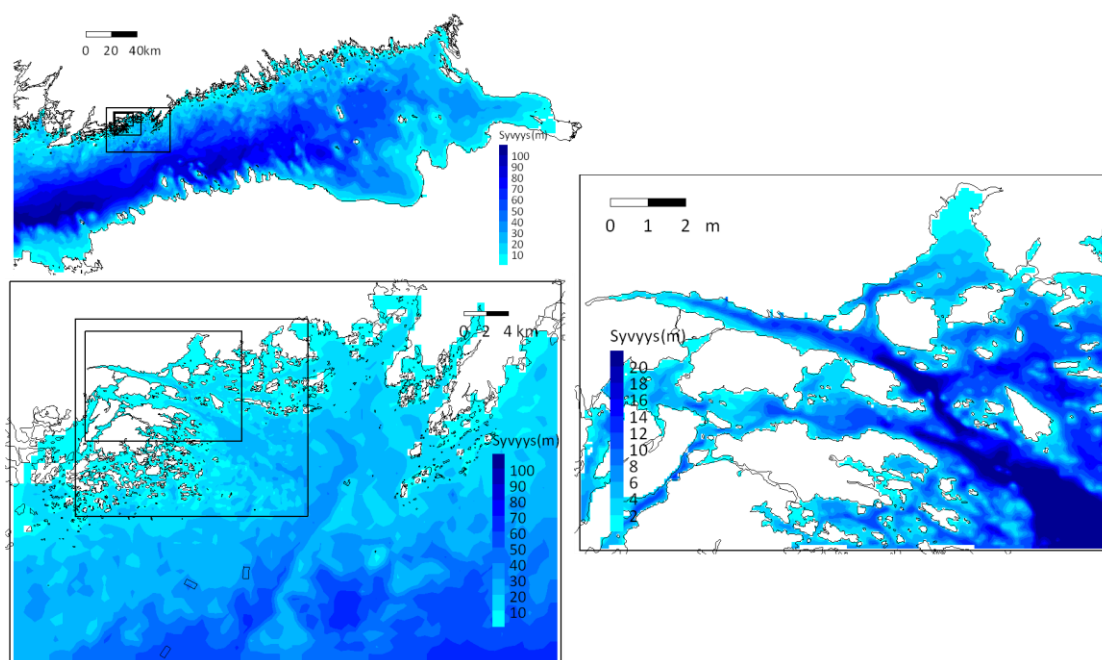


Bild 1. Modellgitter, området med den mest exakta gitternivån i bilden till höger.

3 Källuppgifter

3.1 Väderinformation

Väderdaten som användes i modellen var ECMW:s ERA5 reanalysis data (Berrisford et al. 2011), en väderhistorisk data som upprätthålls av European Weather Centre. Uppgifterna baseras på kombinationen av mätningar och ECMWF:s vädermodells så kallade aktuella prognos- och mätdata. Den horisontella väderdataupplösningen som användes här var 0,75 grader.

3.2 Flodflöde

Det finns inga stora älvar i målområdet. Flödena i små åar i närliggande avrinningsområden hämtades från Finlands miljöcentrals Vemala-system (SYKE 2024). I modellen ingick Ingå å, Ingarskila å och Sjundeå å samt diken som rinner från Marsjön och Bruksträsket till Norrfjärden.

3.3 Val av beräkningsår

I allmänhet påverkas utspädningen av avloppsvatten och värmeutsläpp i kustområden av vattenutbyte och vattenblandning som orsakas av strömmar orsakade av vind- och vattennivåfluktuationer. Vattenutbytet i vikarna i havsområdet varierar beroende på förhållandena, men det är inte alltid möjligt att direkt bedöma utifrån data harda förhållanden som försvagar eller förbättrar vattenutbytet i ett visst område. Här gjordes modellberäkningar för tre sommarperioder, vilket gav en ganska heltäckande bild av områdets vattenomsättning under olika förhållanden. Beräkningsperioden som användes var 2018, 2019 och 2020 från juni till början av april följande år.

3.4 Vattennivå

I Finska viken orsakas fluktuationer i vattenståndet av fluktuationer i vattenståndet (seiche) som orsakas av väderförhållanden och stående vågrörelser. Vid vikens mynning bestäms vattennivån av förhållandena i Östersjöns huvudbassäng. I det inre av Finska viken påverkas vattennivån inte bara av vattennivån i mynningsområdet utan också av det regionala väderläget. Vattenståndet mäts på flera ställen i Finska viken, mätningarna kan till exempel hittas på Meteorologiska institutets laddningssida (Meteorologiska institutet, 2024). Generellt sett är variationen i vattenståndet i det inre av Finska viken större än i vikens mynning: i Hangö varierar vattenståndet ca -79 cm ... + 92 cm, i Fredrikshamn är intervallet - 115 cm ... +150 cm (data för 2010–2017). I genomsnitt är vattennivån högst i december och lägst tidigt på våren i april och maj. Variationen i vattenståndet baserat på den månatliga standardavvikelsen är i sin tur störst under december till januari och minst under juni till augusti.

4 Flödesberäkning

4.1 Modellinställningar

De data om väder, vattenföring och vattennivå som presenteras i kapitel 3 användes som källuppgifter för det beräkningsmässiga strömningsflödet. Vid modellens öppna kant användes gränsvillkoret vattenhöjd som ändras med avseende på tid, salthalt som varierar med avseende på djup men är konstant med avseende på tid, och temperatur som varierar med avseende på djup och tid. Vattenståndet fastställdes genom att kombinera data från Hangös vattenståndsmätningar och en modell som täckte hela Östersjön, medan temperaturen fastställdes utifrån data från Östersjömodellen.

Flödesberäkningen utfördes som en dynamisk beräkning, där flödes hastigheterna för valda tidsperioder beräknades med hjälp av den faktiska vädersituationen och ovanstående randvillkor som definieras på detta sätt.

Spridningen av värmeutsläppet bedömdes genom att lägga till det planerade värmeutsläppet i modellen och jämföra den beräknade situationen med en simulerad situation där ingen belastning var inblandad. När det gäller belastning har man vid beräkningen tagit hänsyn till temperatur- och salthaltsvärden som påverkar utsläppets densitet.

4.2 Jämförelse av det nuvarande tillståndets beräkningsresultat med mätningarna

För att verifiera modellens beräkning jämfördes de beräknade värdena för vattennivå, temperatur och salthalt med de värden som uppmättes vid mätpunkter i området. Placeringen av de mätpunkter som används i jämförelsen visas i Bild 2. Inga flödesmätningar fanns tillgängliga i området.

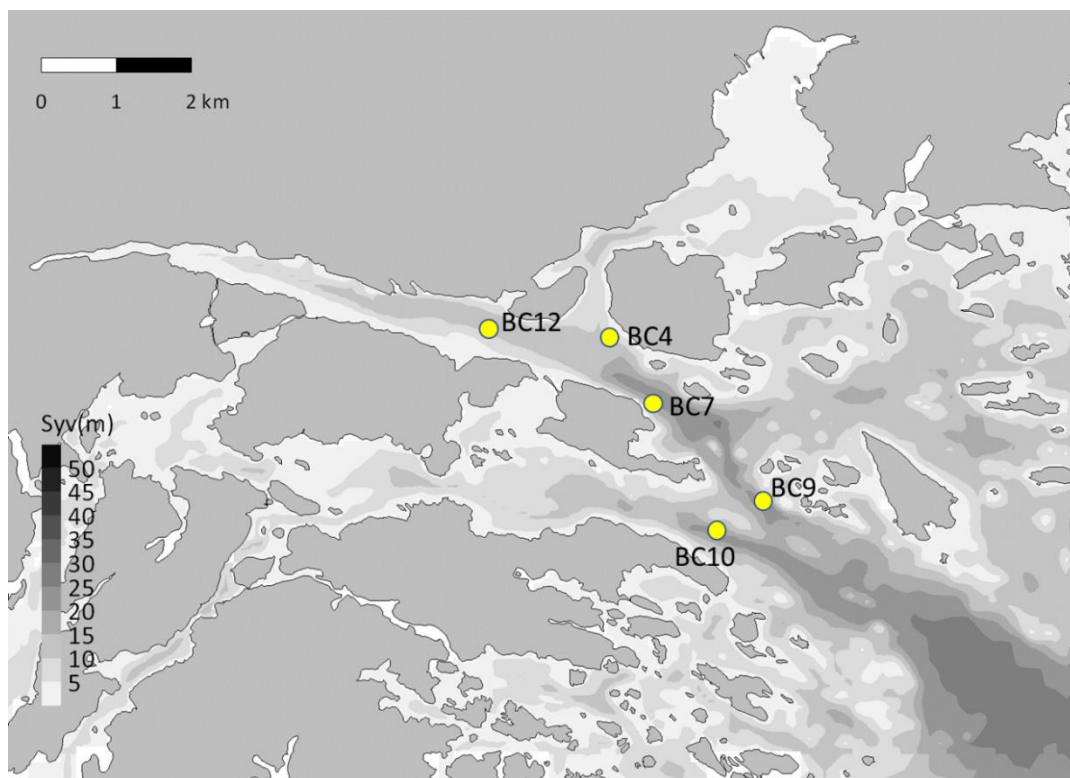


Bild 2. Placeringen av de mätpunkter som används i mätjämförelsen i målområdet.

Bild 3 visar de värden för havsvattentemperatur som beräknats och uppmätts från utvalda övervakningspunkter för beräkningsperioderna 2018 och 2019. Ett exceptionellt stort antal mätningar (BC-poäng) fanns tillgängliga för dessa år. Provtagningen pågick från början av 2018 till slutet av juli 2019.

Yttemperaturen i modellen motsvaras väl i modellen enligt mätningarna. Sommaren 2018 upprepas temperaturen på bottenkiktet väl i början av sommaren, men från augusti och framåt är vattnet på bottenkiktet något kallare än i modellen, med undantag för mätningen i början av september, där botten och ytan har samma temperatur. Vid mätningen i slutet av september är vattnet i det undre lagret exceptionellt kallare (och även saltare) än ytan. Det är förmodligen en utbuktning som syns på bottenkiktet, som modellen inte upprepar helt enligt den faktiska situationen. Under beräkningsperioden 2019 motsvarar den temperatur som modellen beräknat och temperaturskillnaderna mellan ytan och botten mätningarna väl.

Bild 4 visar de beräknade och uppmätta salthalterna i havsvatten för beräkningsperioderna 2018 och 2019 från motsvarande punkter som temperaturerna. Den uppmätta salthalten beräknas utifrån vattnets elektriska konduktivitetsvärden. Konduktivitetsmätningarna lagrades delvis i databasen med en noggrannhet på endast 100 mS/m, vilket visas i bilderna som på varandra följande mätvärden.

Salthalterna i modellen reproducerar sig inte med samma noggrannhet som temperaturerna. Vid BC4 i 2018 års beräkning motsvarar salthalten och skillnaden i salthalt på ytan och botten mätningarna väl, men den salthaltsnivå som beräknats vid andra punkter och skillnaden mellan yta och botten motsvarar inte alltid de uppmätta värdena. De salthalter som uppmätts 2018 varierar mycket, medan salthalten varierar klart mindre sommaren 2019 än 2018.

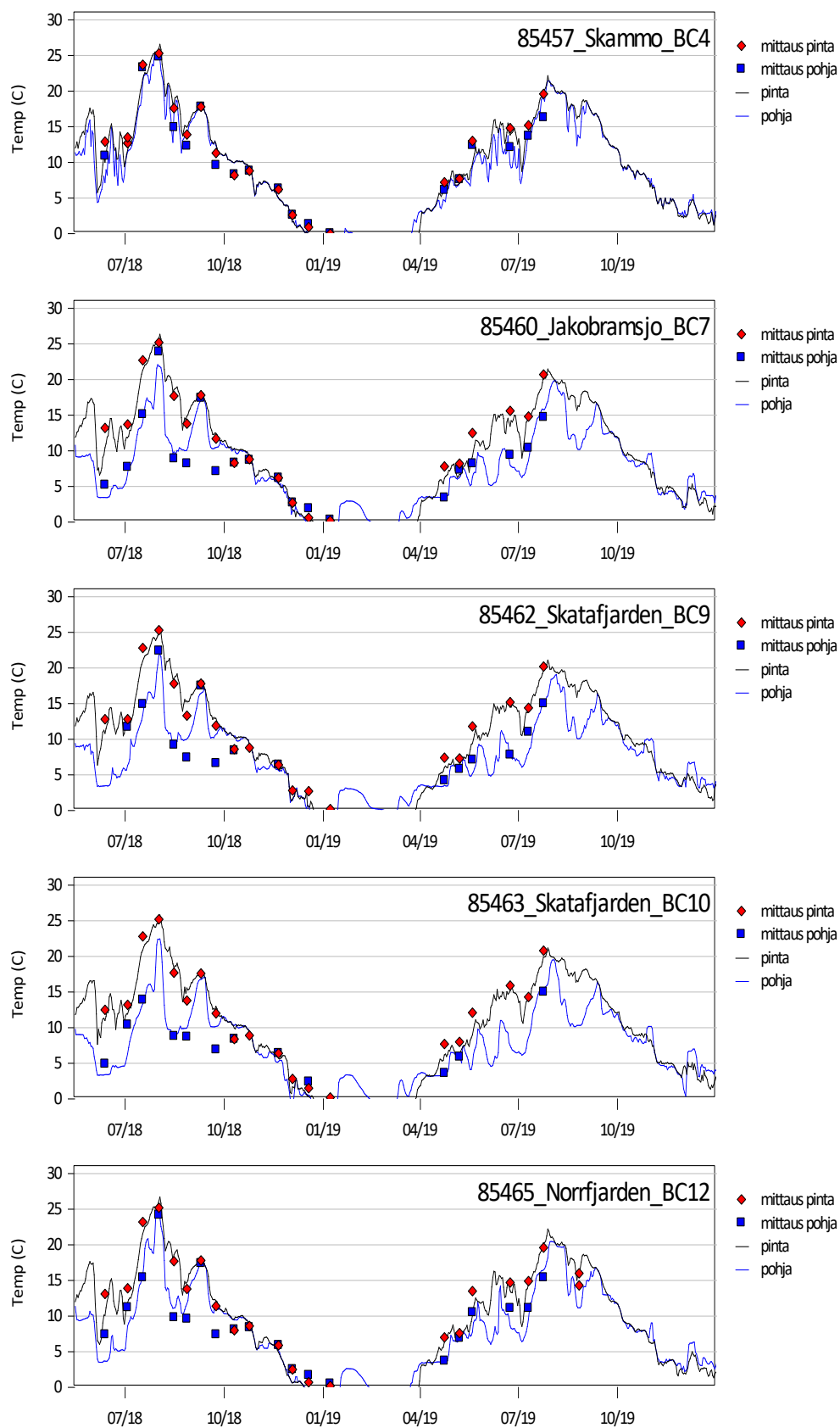


Bild 3. Beräknade och uppmätta temperaturer vid utvalda mätpunkter, 06/2018-12/2019.

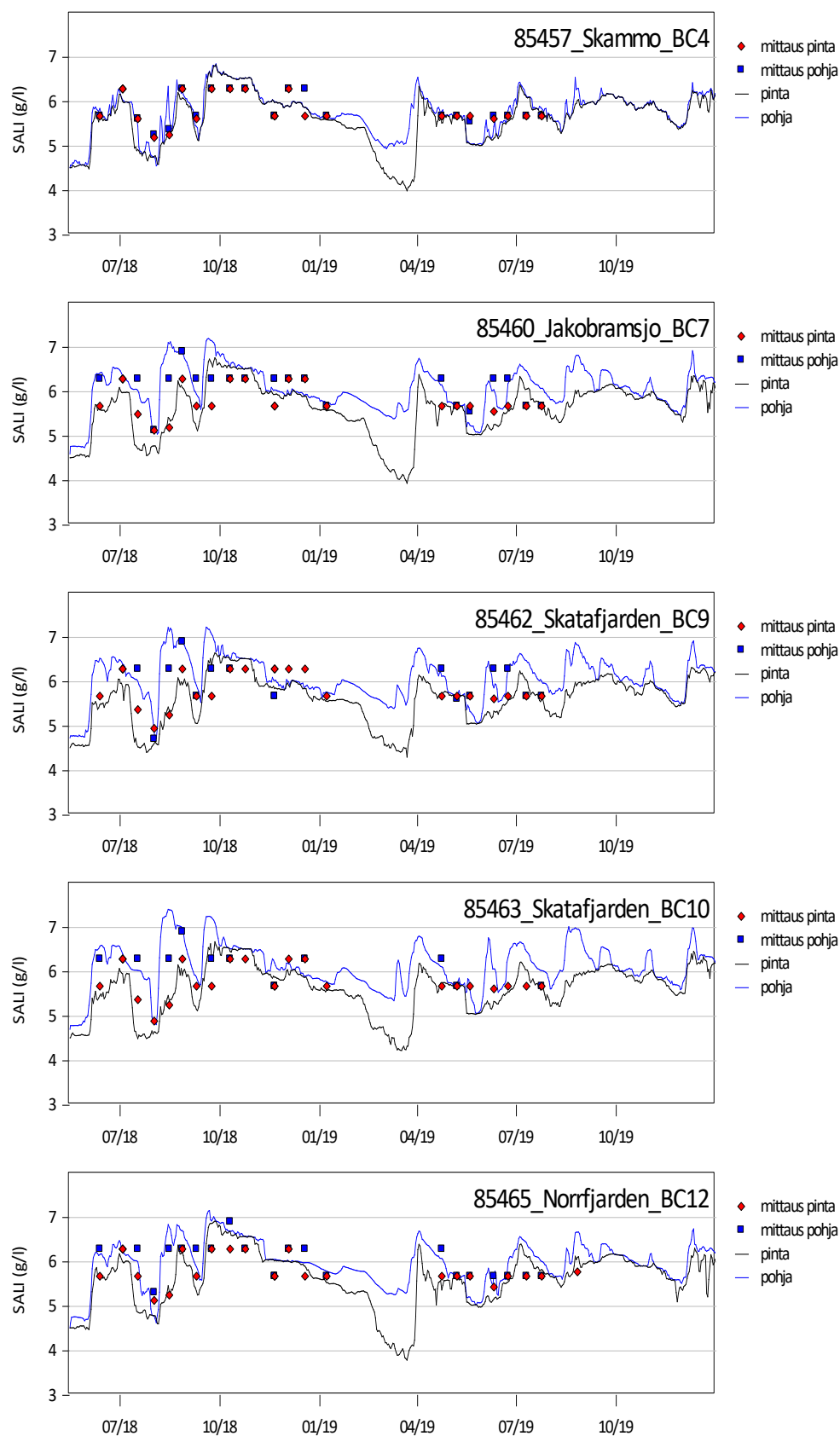


Bild 4. Beräknade och uppmätta salthalter vid utvalda mätpunkter, 06/2018-12/2019.

5 Resultat

5.1 Beräkningsscenarier och belastningar

Fyra belastningsscenarier beräknades, plus ett nollscenario utan belastning. Samma vattenintags- och utloppspunkt användes för alla scenarier. Placeringen av punkterna visas i bild Bild 5. Samtliga scenarier beräknades för 2018, 2019 och 2020.

Namnen på scenarierna och de salt- och värmebelastningar som används i beräkningen presenteras i tabell 2. Belastningsmängderna baserar sig på anläggningens planeringsdata daterade 21.2.2024.

Saltbelastningen orsakas av att man med hjälp av havsvatten producerar färskvatten som behövs för luftkylning, till exempel genom att avsalta det. Värmebelastningen kommer i sin tur från anläggningens olika processer. Det havssalt som avlägsnas från insugningsvattnet återförs till havet med kylvattnet och motsvarar därmed i sammansättning exakt havssalt, dvs. är huvudsakligen natriumklorid.

Utsläppspunkt P1 finns på nedmonteringsplatsen för Fortums före detta värmekraftverk i Ingå djuphamnsområde.

Som ett resultat av scenariieberäkningarna presenteras månadsmedelvärden för den värmehöjning som orsakas av belastningen på en kartmall och temperaturtidsserier för beräkningsperioderna från valda tryckpunkter. Förändringar i salthaltskoncentrationer visar förändringen i salthalt jämfört med nollscenariot för separat utvalda månader. Ökningarna i värme och salthalt på kartbasis har beräknats genom att subtrahera temperaturen eller salthalten i scenario V0 från scenariot beräknat med belastning. De beräknade temperaturförändringarna visas på ett djup av 0–1 m från ytskiktet, som är 2–3 m djupt. Förändringar i salthalten visas från ytskiktet och från 7–8 m av skiktet. Tidsserierna visar direkt beräknade temperaturer eller salthalt, samt motsvarande värden för jämförelse med nollscenariot.

Tabell 2. Beräkningsscenarier, scenarioflöden, värmebelastningar, värmehöjningar och saltlaster.

Modell-scenario	Scenario för MKB	T/dT °C	Q _{in} m ³ /s	Q _{out} m ³ /s	Värmebelastning MW	Saltbelastning kg/s
V0	V0	-	0	0	0	-
V1 (V1)	V1h	25	0.63	0.12	-	3.80
V2	V1g	+8	3.61	3.26	102	3.38
V3	V1B	+8	6.85	6.54	213	2.92
V4	V1a	+8	12.59	12.40	410	2.12

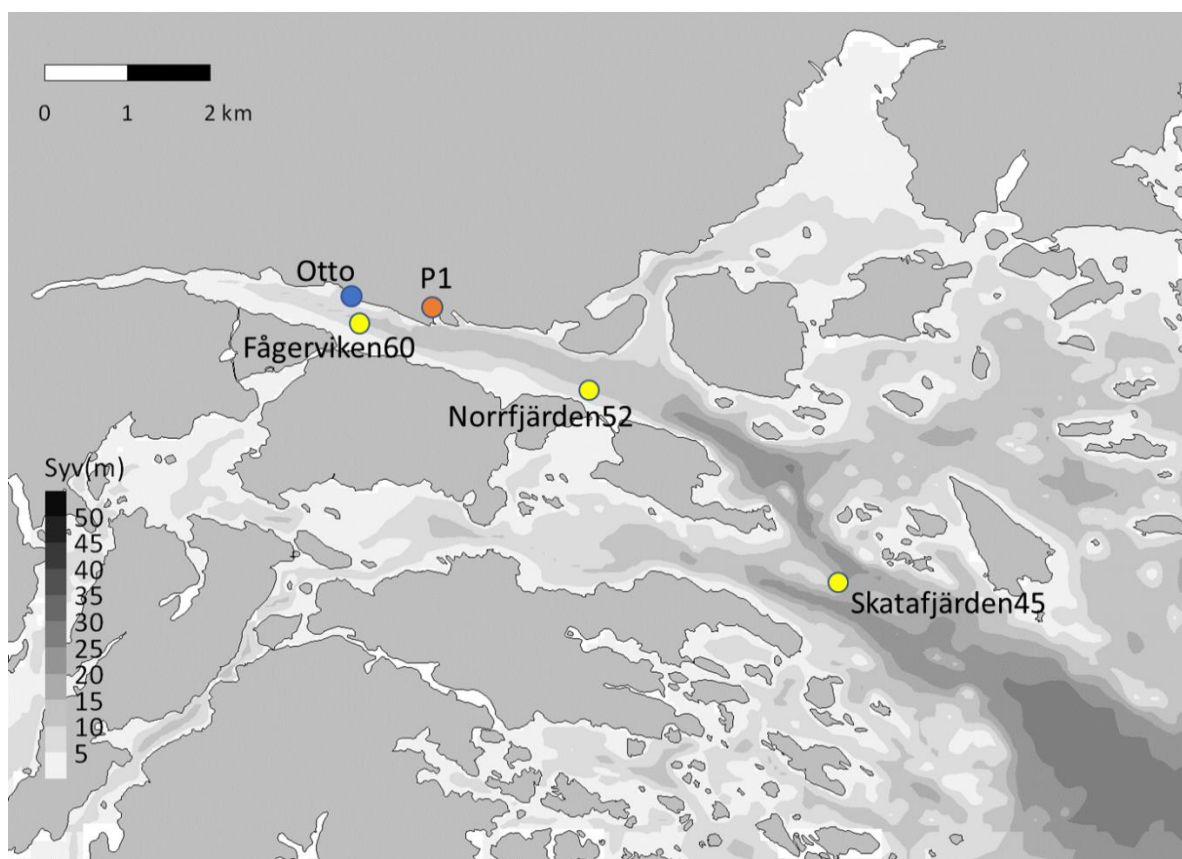


Bild 5. Placeringen av de belastnings- och övervakningspunkter som används i beräkningsscenarierna i målområdet.

5.2 Värmeökningens beroende av väderförhållandena

Effekten av värmeutsläpp varierar beroende på väderförhållandena. I månadsmedeltalen har värmeökningsområdena jämnats ut på grund av medelvärdesperioden på 30–31 dygn, men det finns fortfarande ganska stora variationer mellan olika månader.

Storleken på den månatliga variationen uppskattades genom att beräkna storleken på den yta där värmehöjningen orsakas av de olika alternativen, dvs. storleken på det område som på grund av värmeutsläpp värms upp med mer än 1, 2, 3, 4 eller 5 grader. Resultaten presenteras i tabell 3 för scenariot för maximalt värmeutsläpp (v4). Bilderna 6–8 visar motsvarande områden på en kartmall.

Tabellen visar att storleken på det område som värms upp med mer än en grad varierar mellan 1,86 och 4,03 km² under olika månader, med ett medelvärde på 3,10 km². Det största området som värmts upp med över en grad påträffades i juni 2020, även om det område som värmdes upp i september 2019 var nästan lika stort. Det minsta uppvärmda området påträffades i juni 2019 och nästan samma situation rådde i juni 2018. Närmast den genomsnittliga situationen låg augusti–september 2020.

Tabell 3. Områden som överskrider gränsen för värmehöjning

År& Scenario	Månader	>1 °C	>2 °C	>3 °C	>4 °C	>5 °C
2018 v4	06	2.39	0.35	0.11	0.06	0.04 km2
2018 v4	07	3.30	2.11	1.21	0.35	0.13 km2
2018 v4	08	2.69	0.56	0.16	0.09	0.06 km2
2018 v4	09	3.47	1.13	0.21	0.10	0.06 km2
2019 v4	06	1.86	0.29	0.10	0.06	0.04 km2
2019 v4	07	3.47	1.62	0.37	0.12	0.07 km2
2019 v4	08	3.81	0.79	0.21	0.10	0.06 km2
2019 v4	09	3.66	1.00	0.23	0.10	0.08 km2
2020 v4	06	4.03	2.37	1.07	0.27	0.10 km2
2020 v4	07	2.29	0.44	0.14	0.08	0.06 km2
2020 v4	08	3.18	0.67	0.17	0.08	0.06 km2
2020 v4	09	3.05	0.76	0.20	0.11	0.07 km2
	Medeltal	3.10	1.01	0.35	0.13	0.07 km2
	Min	1.86	0.29	0.10	0.06	0.04 km2
	Max	4.03	2.37	1.21	0.35	0.13 km2

På basis av tabell 3 är de representativa månaderna för hela beräkningsperioden 06/2019, då den uppvärmda arean var minst, 06/2020, då den uppvärmda arean var störst, och 08/2020, då den uppvärmda arean låg nära genomsnittet.

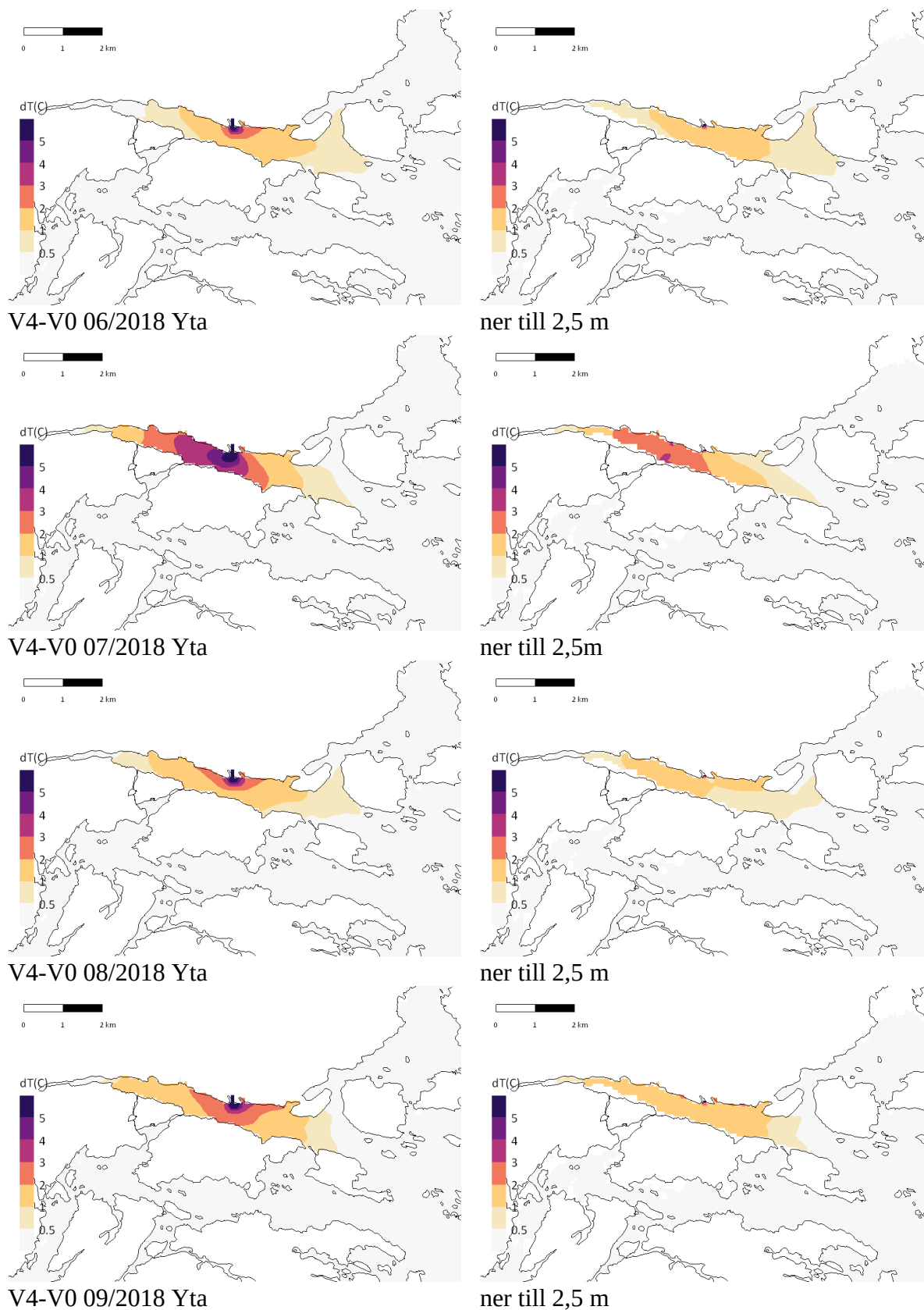
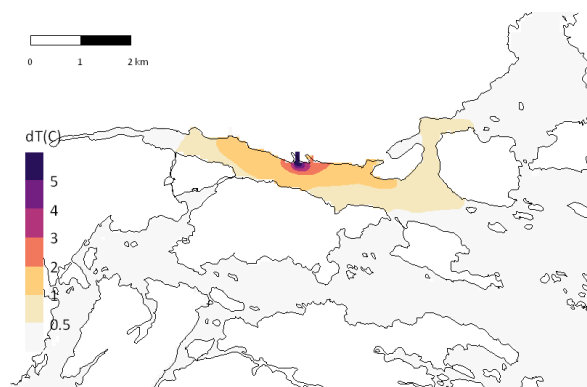
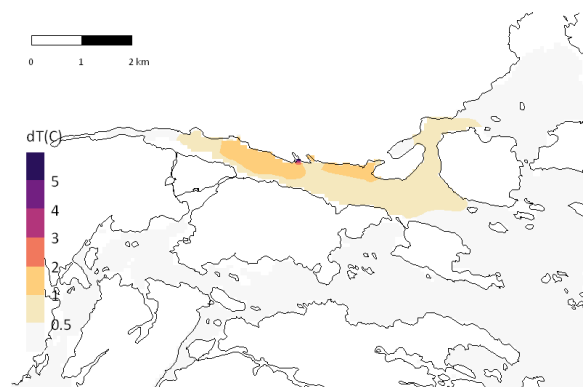


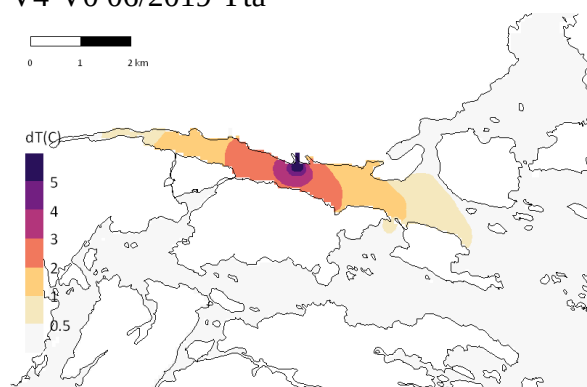
Bild 6. Månatlig genomsnittlig värmehöjning med scenario V4, år 2018 juni-september.



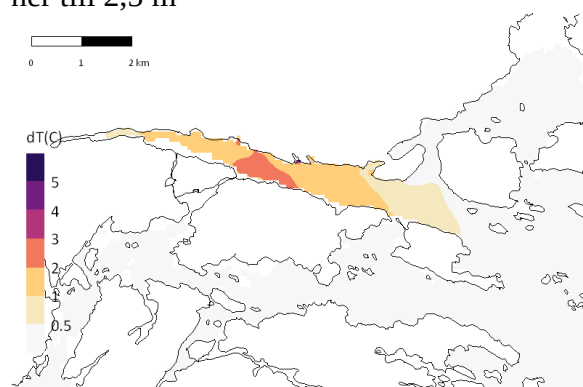
V4-V0 06/2019 Yta



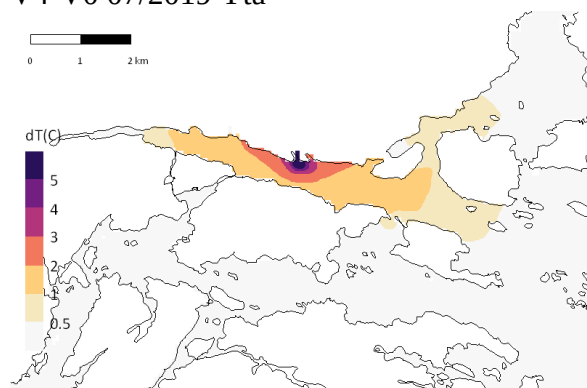
ner till 2,5 m



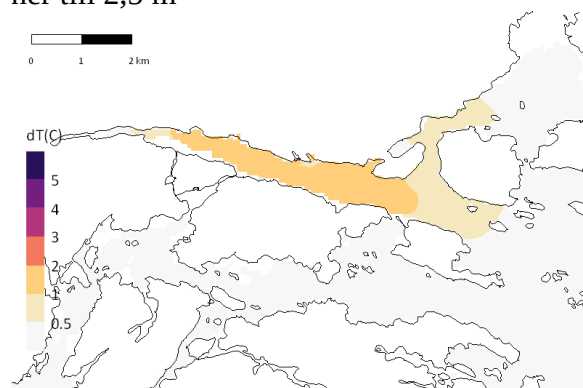
V4-V0 07/2019 Yta



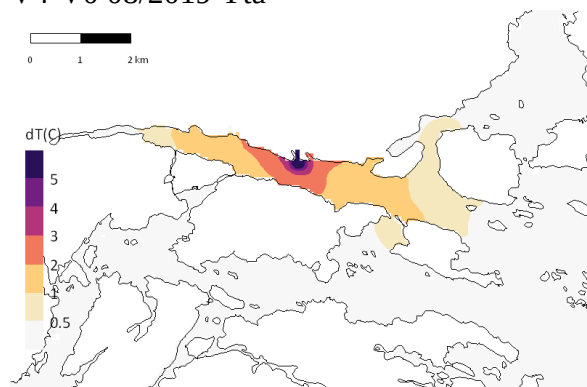
ner till 2,5 m



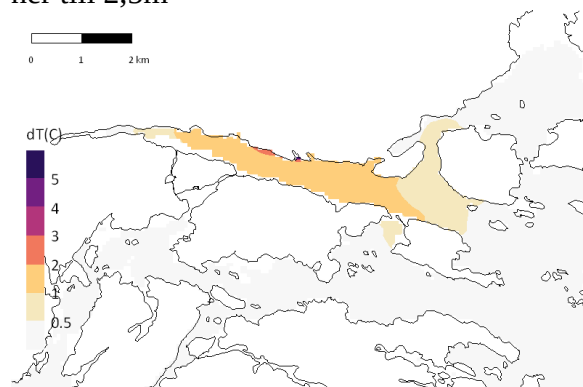
V4-V0 08/2019 Yta



ner till 2,5m



V4-V0 09/2019 Yta



ner till 2,5 m

Bild 7. Månatlig genomsnittlig värmehöjning med scenario V4, år 2019 juni-september.

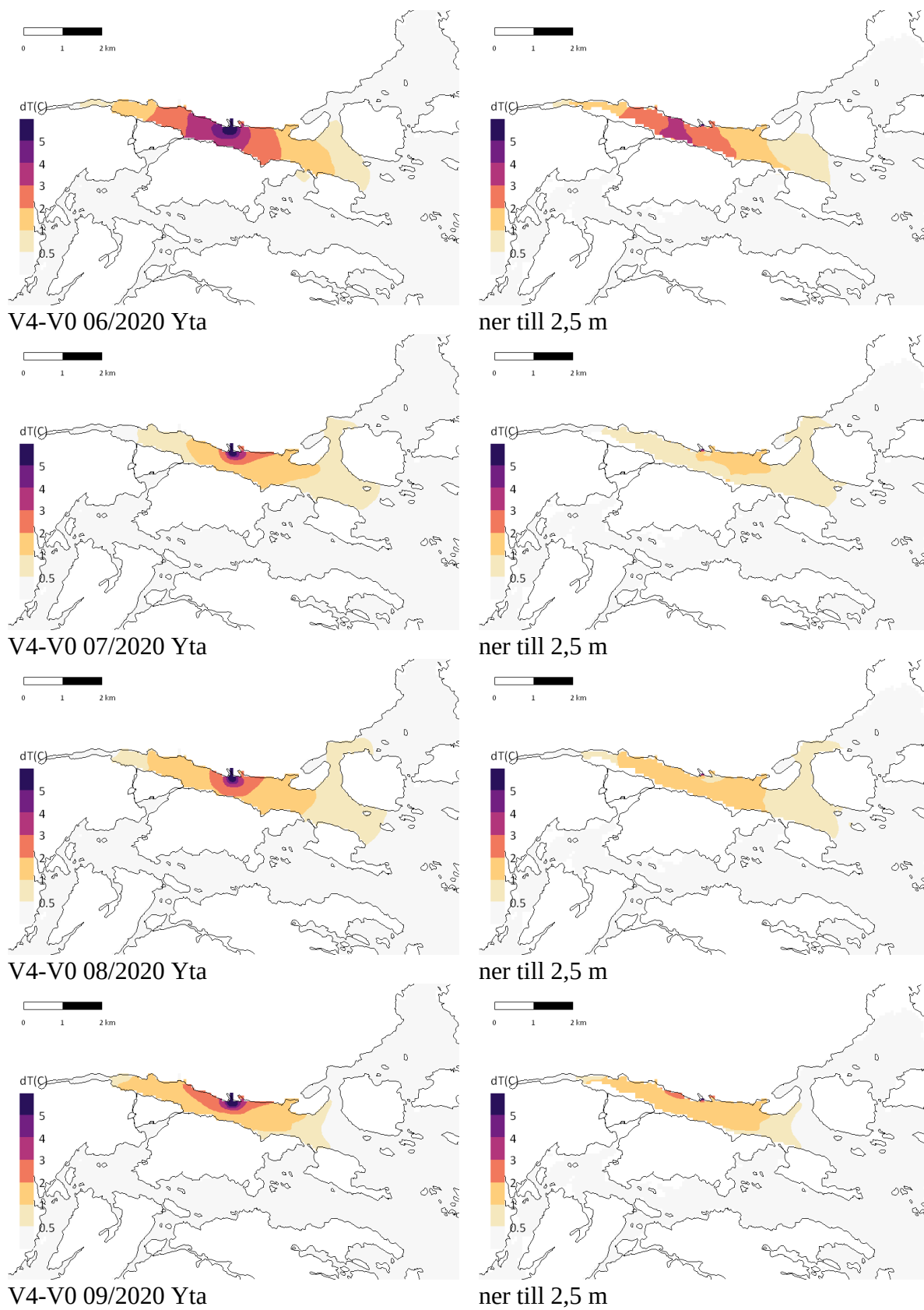


Bild 8. Månatlig genomsnittlig värmehöjning med scenario V4, år 2020 juni-september.

5.3 Värmeökningen i olika scenarier

Värmeökningen från utsläppsplatsen P1 beräknades för scenarierna V1, V2, V3 och V4. De beräknade månadsmedelvärdena för värmehöjning för juni, juli och augusti 2018–2020 presenteras i tabellerna 4, 5 och 6. Bilderna 9–12 visar värmeökningsområdena för sommarmånaderna 2018. Värmeökningar visas både för ytskiktet (0–1 m djupnivå) och för djupskiktet 2–3 m.

Tabell 4. Områden som överskrider gränsen för värmehöjning, år 2018

Scenario	Månader	djup	>1 °C	>2 °C	>3 °C	>4 °C	>5 °C
V1/2018	Juni	0-1 mån. Ner till	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Juni	3 mån.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	Juli	0-1 mån. Ner till	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
	Juli	3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån. Ner till	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Augusti	3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån. Ner till	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	September	3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V2/2018	Juni	0-1 mån. Ner till	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02
	Juni	3 mån.	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01
	Juli	0-1 mån. Ner till	0.29	0.07	0.04	0.04	0.03
	Juli	3 mån.	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån. Ner till	0.18	0.06	0.04	0.03	0.03
	Augusti	3 mån.	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00
	September	0-1 mån. Ner till	0.18	0.05	0.04	0.04	0.03
	September	3 mån.	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00
V3/2018	Juni	0-1 mån. Ner till	0.56	0.10	0.06	0.04	0.03
	Juni	3 mån.	0.28	0.03	0.02	0.01	0.01
	Juli	0-1 mån. Ner till	1.61	0.37	0.10	0.06	0.04
	Juli	3 mån.	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	0.72	0.15	0.07	0.05	0.04

	Augusti	Ner till 3 mån. 0-1	0.22	0.01	0.00	0.00	0.00
	September	mån. Ner till 3 mån.	0.94	0.12	0.06	0.05	0.04
	September	3 mån.	0.41	0.01	0.01	0.00	0.00
V4/2018	Juni	0-1 mån. Ner till 3 mån.	2.39	0.35	0.11	0.06	0.04
	Juni	3 mån.	2.06	0.03	0.02	0.01	0.01
	Juli	0-1 mån. Ner till 3 mån.	3.30	2.11	1.21	0.35	0.13
	Juli	3 mån.	2.39	1.30	0.09	0.01	0.01
	Augusti	0-1 mån. Ner till 3 mån.	2.69	0.56	0.16	0.09	0.06
	Augusti	3 mån.	1.69	0.02	0.01	0.01	0.01
	September	0-1 mån. Ner till 3 mån.	3.47	1.13	0.21	0.10	0.06
	September	3 mån.	2.81	0.11	0.01	0.01	0.01

Tabell 5. Områden som överskrider gränsen för värmehöjning, år 2018

Scenario	Månader	djup	>1 °C	>2 °C	>3 °C	>4 °C	>5 °C
V1/2019	Juni	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	Juli	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	3 mån.					
V2/2019	Juni	0-1 mån.	0.07	0.03	0.03	0.03	0.00
		Ner till 3 mån.	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00
	Juli	0-1 mån.	0.19	0.05	0.04	0.04	0.03
		Ner till 3 mån.	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	0.30	0.07	0.04	0.04	0.03
		Ner till 3 mån.	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	0.30	0.08	0.04	0.04	0.04
		Ner till 3 mån.	0.23	0.01	0.01	0.00	0.00
	September	3 mån.					
V3/2019	Juni	0-1 mån.	0.48	0.08	0.05	0.04	0.03
		Ner till 3 mån.	0.10	0.02	0.01	0.01	0.00
	Juli	0-1 mån.	1.73	0.22	0.08	0.05	0.04
		Ner till 3 mån.	1.16	0.01	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	1.81	0.21	0.08	0.06	0.04
		Ner till 3 mån.	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	2.23	0.20	0.09	0.05	0.04
		Ner till 3 mån.	1.89	0.01	0.00	0.00	0.00
	September	3 mån.					
V4/2019	Juni	0-1	1.86	0.29	0.10	0.06	0.04

	mån.					
Juni	Ner till	1.08	0.02	0.01	0.01	0.01
	3 mån.					
Juli	0-1	3.47	1.62	0.37	0.12	0.07
	mån.					
Juli	Ner till	2.68	0.52	0.01	0.01	0.01
	3 mån.					
Augusti	0-1	3.81	0.79	0.21	0.10	0.06
	mån.					
Augusti	Ner till	3.10	0.02	0.01	0.01	0.01
	3 mån.					
September	0-1	3.66	1.00	0.23	0.10	0.08
	mån.					
September	Ner till	3.07	0.08	0.01	0.01	0.01
	3 mån.					

Tabell 6. Områden som överskrider gränsen för värmehöjning, år 2020

Scenario	Månader	djup	>1 °C	>2 °C	>3 °C	>4 °C	>5 °C
V1/2020	Juni	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Juli	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		Ner till 3 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	3 mån.					
V2/2020	Juni	0-1 mån.	0.27	0.08	0.04	0.04	0.03
		Ner till 3 mån.	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00
	Juli	0-1 mån.	0.16	0.05	0.04	0.03	0.03
		Ner till 3 mån.	0.12	0.02	0.01	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	0.33	0.07	0.05	0.04	0.04
		Ner till 3 mån.	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	0.14	0.05	0.04	0.04	0.03
		Ner till 3 mån.	0.10	0.02	0.01	0.01	0.01
	September	3 mån.					
V3/2020	Juni	0-1 mån.	2.28	0.65	0.14	0.07	0.05
		Ner till 3 mån.	1.66	0.34	0.00	0.00	0.00
	Juli	0-1 mån.	0.64	0.15	0.07	0.05	0.04
		Ner till 3 mån.	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	1.29	0.16	0.07	0.05	0.04
		Ner till 3 mån.	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	0.98	0.18	0.08	0.05	0.04
		Ner till 3 mån.	0.66	0.01	0.01	0.00	0.00
	September	3 mån.					
V4/2020	Juni	0-1	4.03	2.37	1.07	0.27	0.10

	mån.					
Juni	Ner till	3.02	1.59	0.36	0.01	0.01
	3 mån.					
Juli	0-1	2.29	0.44	0.14	0.08	0.06
	mån.					
Juli	Ner till	0.89	0.02	0.01	0.01	0.01
	3 mån.					
Augusti	0-1	3.18	0.67	0.17	0.08	0.06
	mån.					
Augusti	Ner till	2.44	0.01	0.01	0.01	0.01
	3 mån.					
September	0-1	3.05	0.76	0.20	0.11	0.07
	mån.					
September	Ner till	2.54	0.13	0.01	0.01	0.01
	3 mån.					

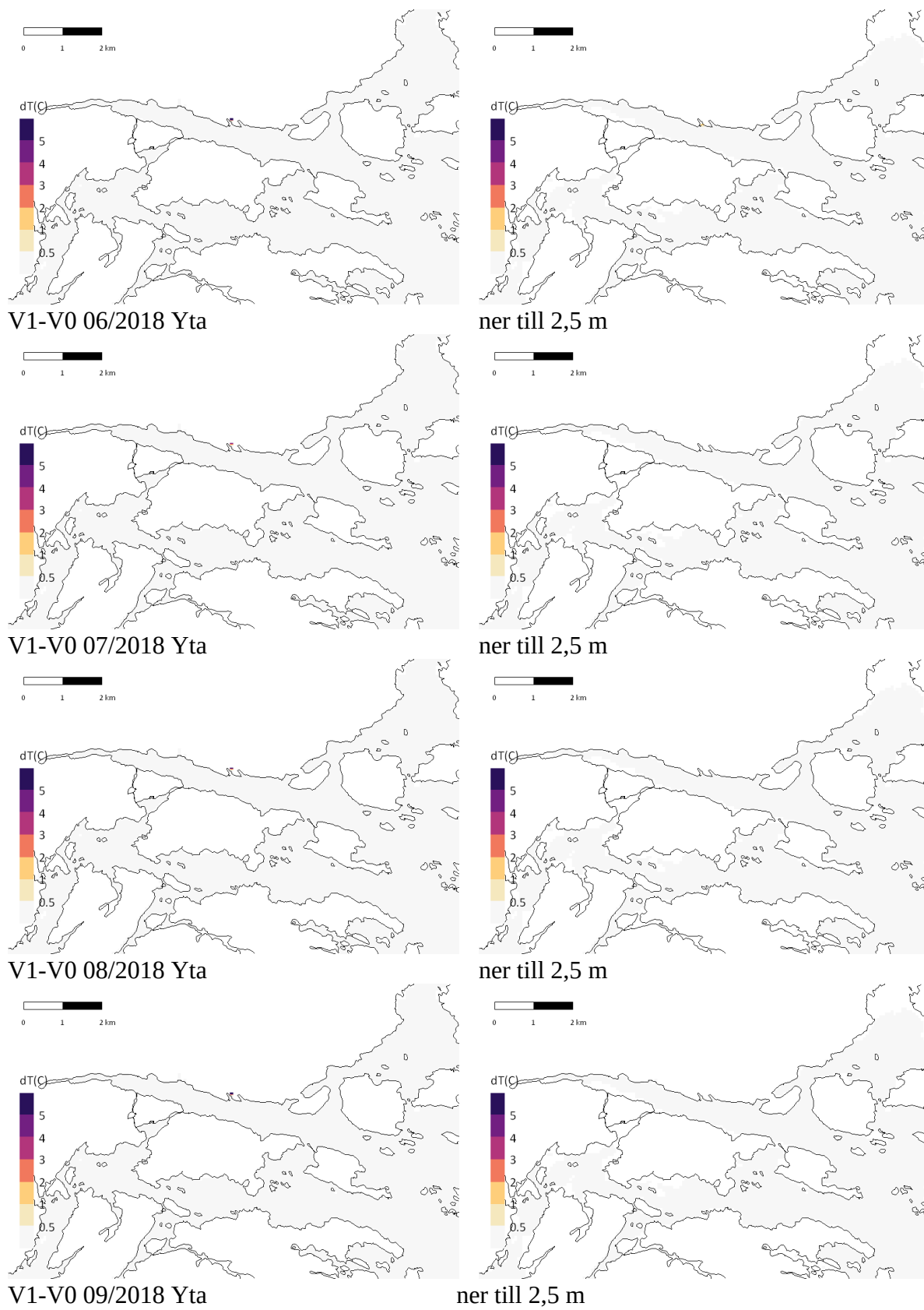


Bild 9. Månatlig genomsnittlig temperaturhöjning, V1-V0, 06-09/2018.

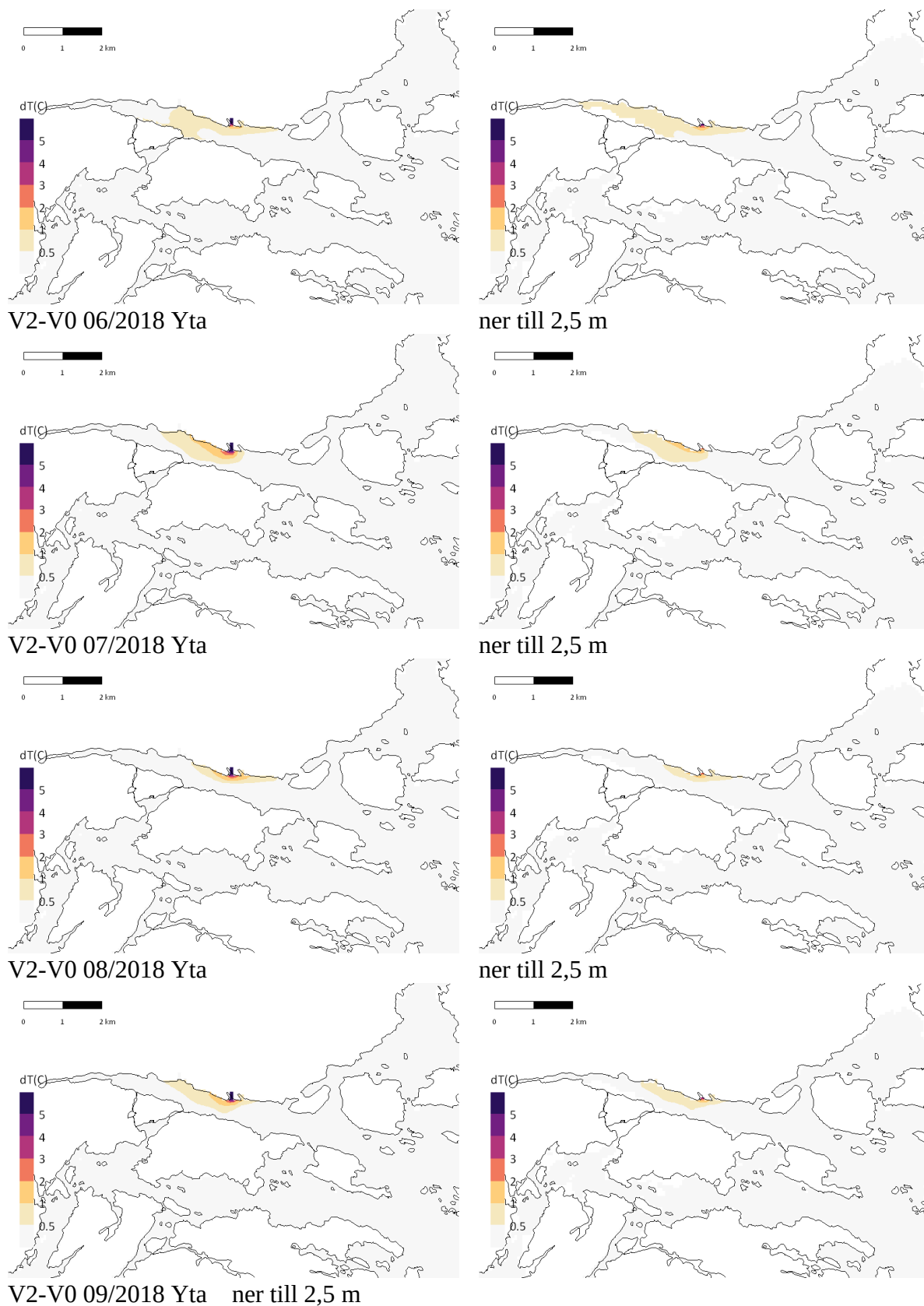


Bild 10. Genomsnittlig månadsvärmehöjning, V2-V0, 06-09/2018.

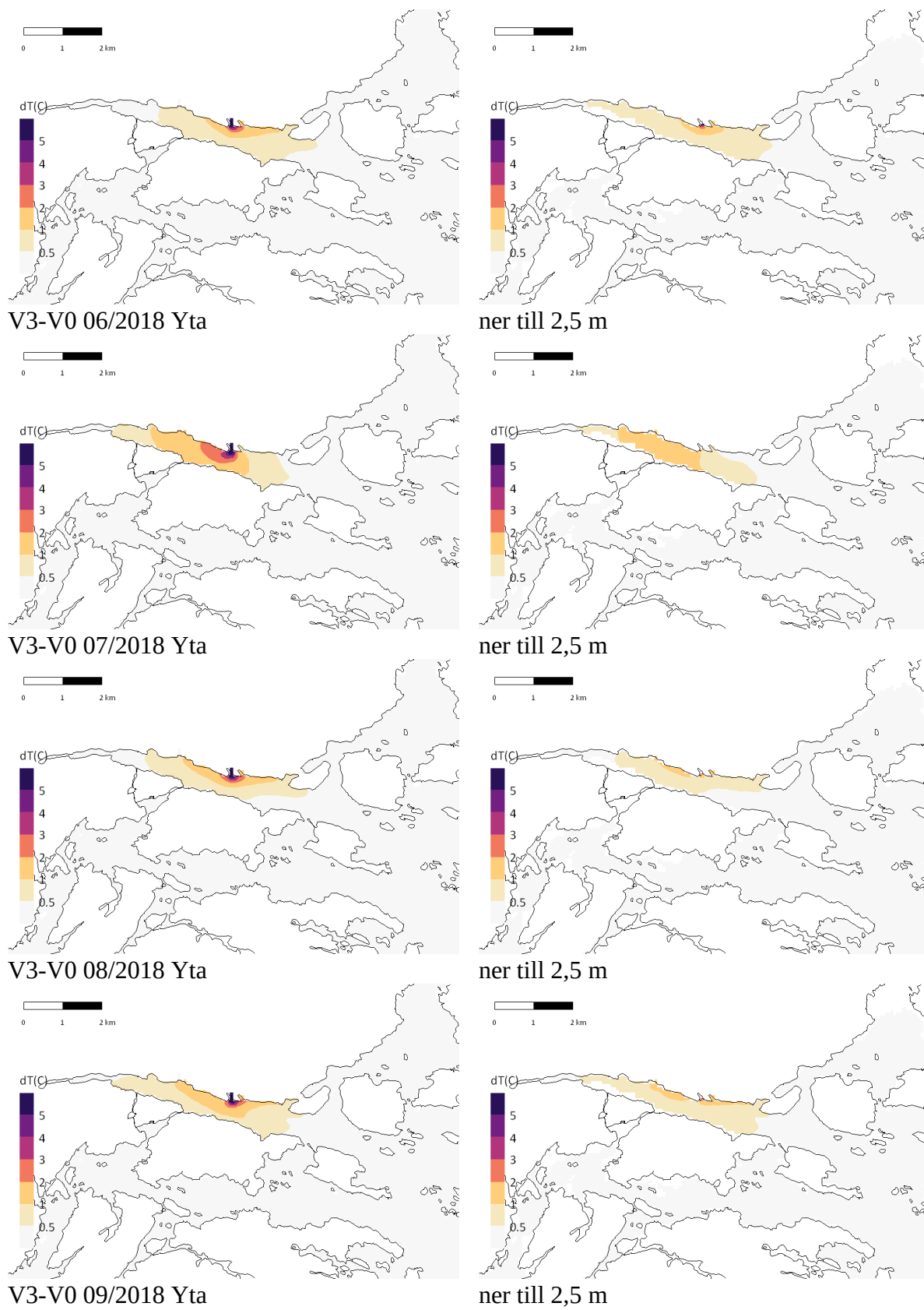


Bild 11. Månatlig genomsnittlig temperaturhöjning, V3-V0, 06-09/2018.

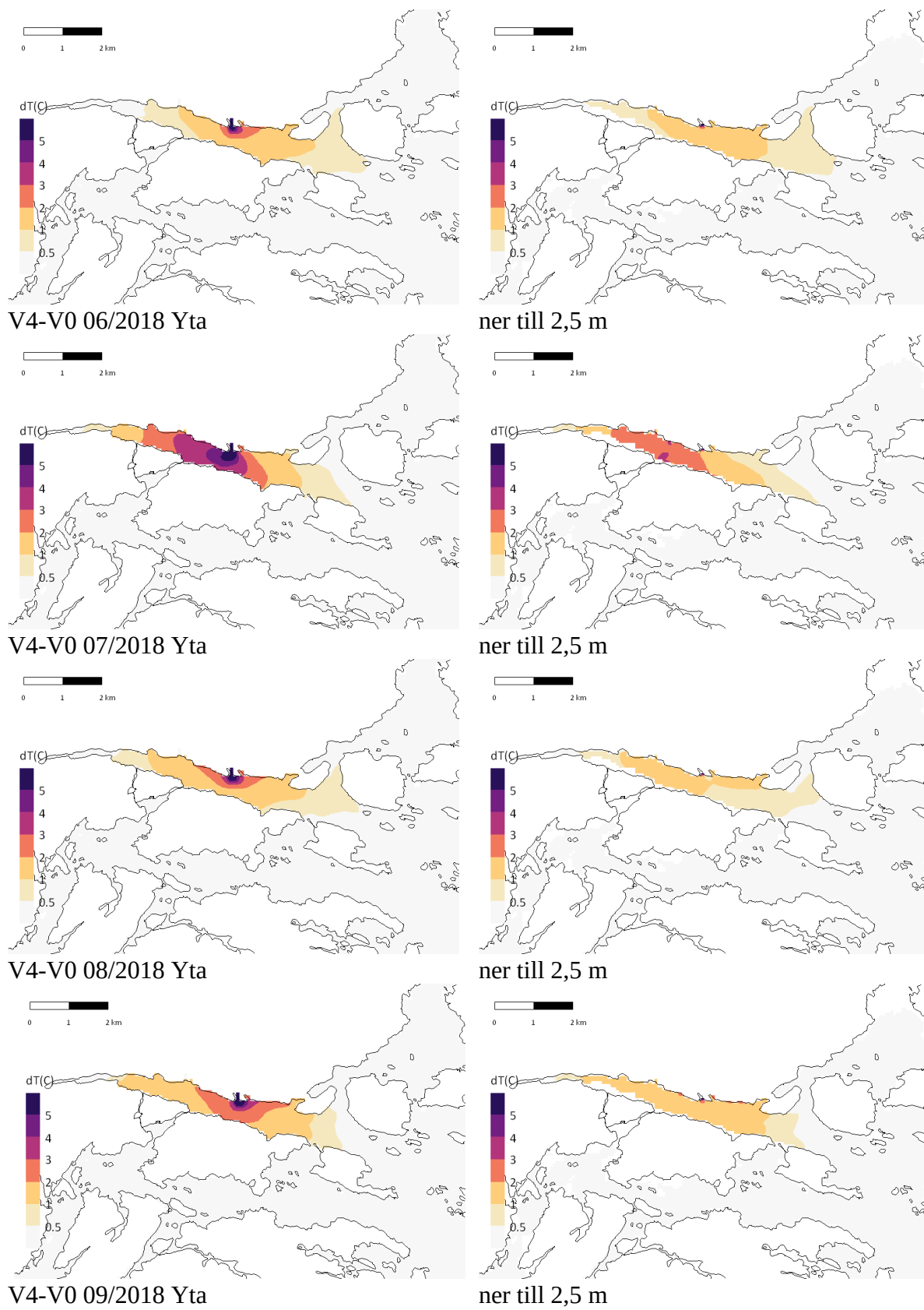


Bild 12. Månatlig genomsnittlig värmehöjning, yta, V4-V0, 06-09/2018.

5.4 Tidsserier för temperaturen

Bilderna 13–15 visar de beräknade vattentemperaturerna vid tre ytskiktspunkter och vattenintagspunkter för olika scenarier för somrarna 2018–2020. Placeringen av punkterna visas i bild 4. Motsvarande genomsnittliga och maximala temperaturvärden och värmehöjningar visas i tabell 7.

Tabell 7. Medel- och maximitemperaturvärden för olika scenarier för 2019 och 2020.

Sommar (1.6–31.10), temperatur (°C)										
	V0		V1 (V1)		V2		V3		V4	
	medeltal	Max	medeltal	Max	medeltal	Max	medeltal	Max	medeltal	Max
2018										
Fagerviken	14.5	27.5	14.6	27.4	15.1	28.0	15.8	29.1	16.8	31.1
Norr fjärden	14.7	27.0	14.7	27.0	14.9	27.8	15.0	28.4	15.7	30.1
Skata fjärden	14.8	26.3	14.8	26.3	14.9	26.3	14.9	26.4	14.9	26.4
Intaget	13.1	25.8	13.1	25.8	14.1	27.1	14.6	27.9	15.4	29.4
2019										
	V0		V1 (V1)		V2		V3		V4	
Fagerviken	14.2	23.3	14.3	23.3	14.9	24.1	15.6	25.0	16.4	26.5
Norr fjärden	14.4	22.7	14.5	22.7	14.7	22.7	15.0	24.6	15.6	26.2
Skata fjärden	14.6	21.9	14.6	21.9	14.7	21.9	14.7	21.9	14.7	22.0
Intaget	13.1	21.4	13.1	21.4	14.0	23.2	14.5	23.8	15.0	24.5
2020										
	V0		V1 (V1)		V2		V3		V4	
Fagerviken	15.1	21.6	15.2	21.6	15.8	22.2	16.5	23.7	17.4	25.5
Norr fjärden	15.2	21.7	15.2	21.7	15.4	22.2	15.6	23.1	16.2	24.3
Skata fjärden	14.9	20.9	14.9	20.9	15.0	20.9	15.0	20.9	15.0	20.9
Intaget	14.2	20.4	14.2	20.4	15.0	22.2	15.7	22.5	16.2	23.4
Sommar (1.6–31.10), scenario med temperaturhöjning till V0 (°C)										
2018			V1 (V1)		V2		V3		V4	
Fagerviken,			0.1	-0.1	0.6	0.5	1.3	1.6	2.3	3.6
Norr fjärden			0	0	0.2	0.8	0.3	1.4	1	3.1
Skata fjärden			0	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1
Intaget			0	0	1	1.3	1.5	2.1	2.3	3.6
2019			V1 (V1)		V2		V3		V4	
Fagerviken			0.1	0	0.7	0.8	1.4	1.7	2.2	3.2
Norr fjärden			0.1	0	0.3	0	0.6	1.9	1.2	3.5
Skata fjärden			0	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1
Intaget			0	0	0.9	1.8	1.4	2.4	1.9	3.1
2020			V1 (V1)		V2		V3		V4	

Fagerviken	0.1	0	0.7	0.6	1.4	2.1	2.3	3.9
Norrfjärden	0	0	0.2	0.5	0.4	1.4	1	2.6
Skatafjärden	0	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0
Intaget	0	0	0.8	1.7	1.5	2.1	2	3

På basis av tidsserieresultatena ligger de genomsnittliga värmehöjningarna under sommarperioden nära varandra under olika år. Temperaturen, och därmed värmehöjningen, är högst vid Fagerviken 60, som ligger närmast utsläppsplatsen. I samtliga scenarier visar intagspunkten en temperaturhöjning som ungefär motsvarar punkten i Fagerviken. En del av värmehöjningen beror på att insugningsvattenflödet blandar vattnet på djupled och därmed gör att vattnet på botten värms upp jämfört med en situation där ett insugningsvattenflöde saknas eller är litet. Recirkulationen av utloppsvatten till intaget kan också orsaka en del av temperaturhöjningen i inloppsvattnet.

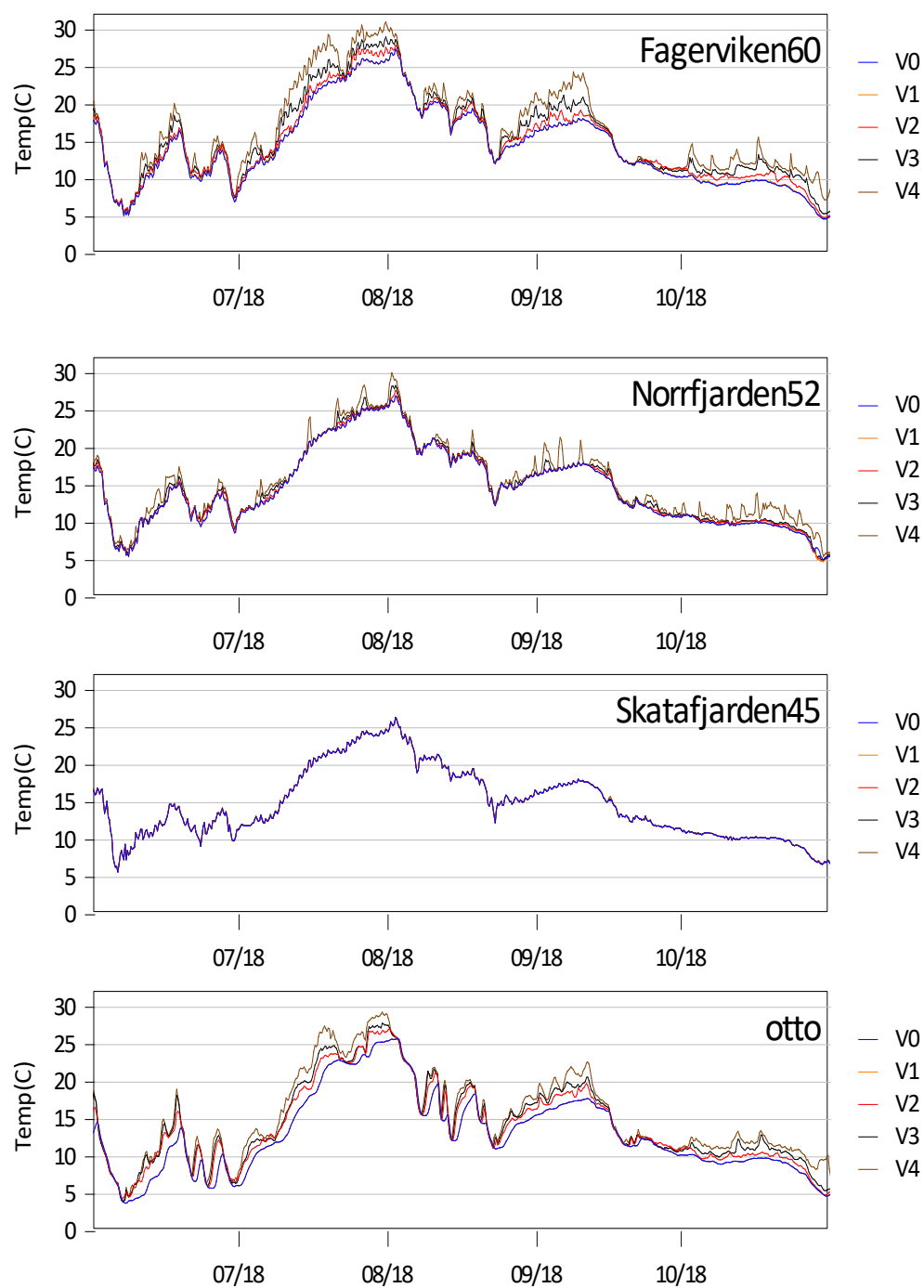


Bild 13. Vattentemperatur i ytskiktet av olika tidsseriepunkter och kylvattenintagspunkt från sommarperioden 2018, scenarierna V0–V4.

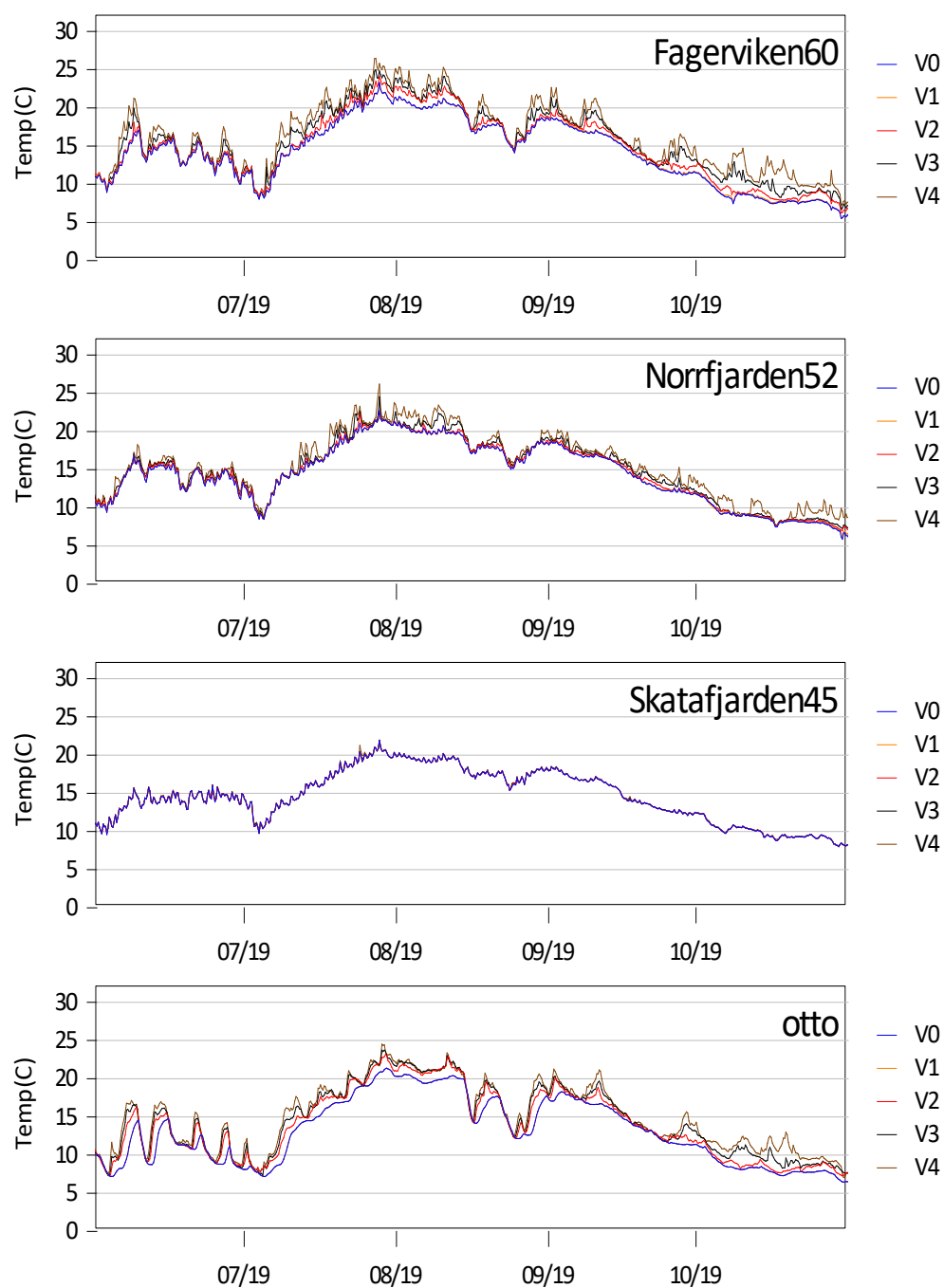


Bild 14. Vattentemperatur i ytskiktet av olika tidsseriepunkter och kylvattenintagspunkt från sommarperioden 2020, scenarierna V0-V4.

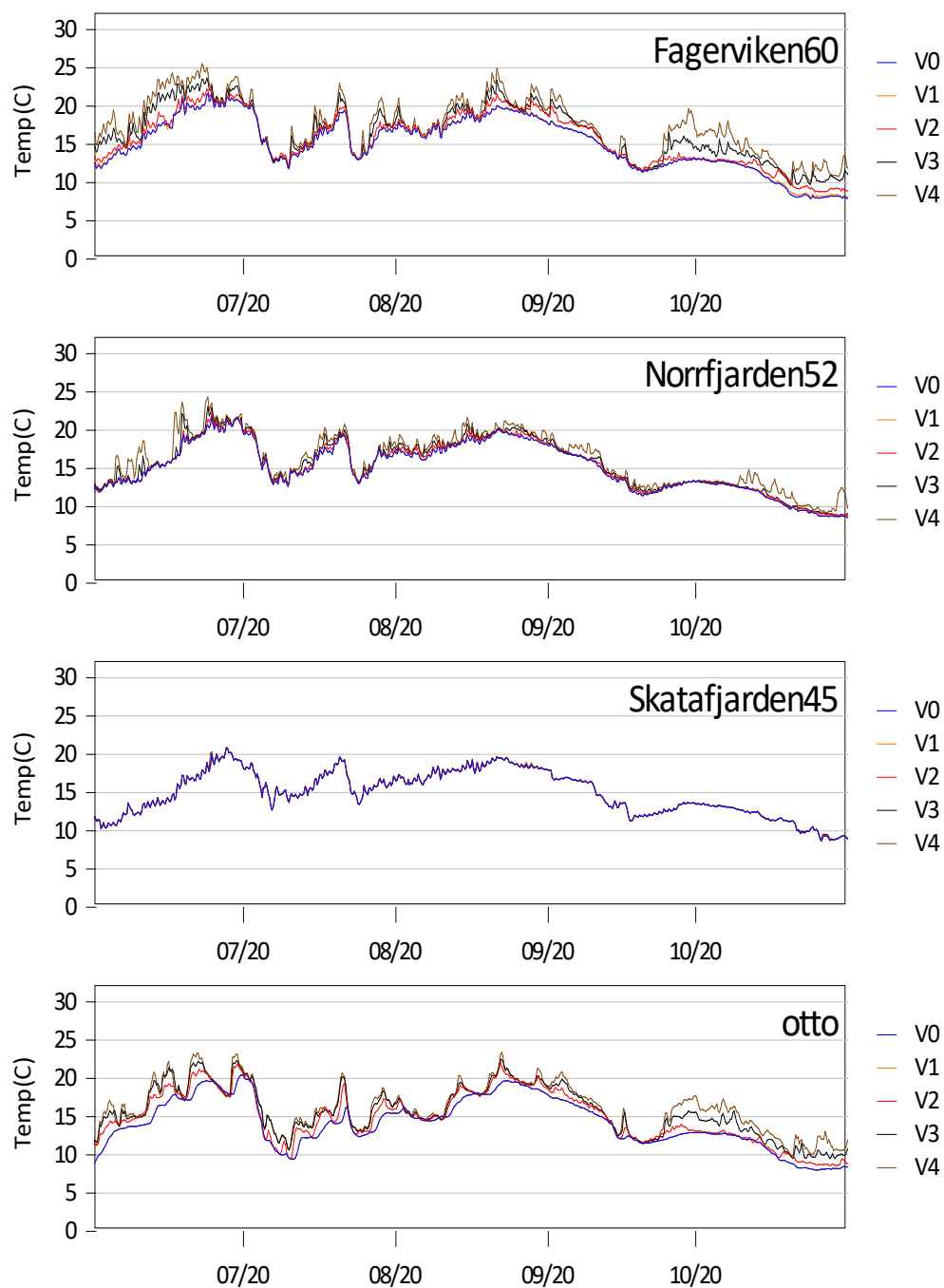


Bild 15. Vattentemperatur i ytskiktet vid olika tidsseriepunkter och kylvattenintagspunkt från sommarperioden 2020, scenarierna V0-V4.

5.5 Förändring i salthalten

Fabriken produktionsprocesser och kyltorn använder färskvatten, som produceras från havsvatten genom avsaltning. Avsaltning skapar saltbelastning, som släpps ut i havet tillsammans med kylvattnet. Saltmängden som ska släppas ut är salt som avlägsnats från havsvatten, så dess sammansättning är exakt densamma som för havsvatten. Saltbelastningar för olika scenarier visas i tabell 2.

Ökningen av salthalten beräknades genom att addera saltbelastningen till kylvattnet enligt scenariot. De områden som överskrider gränsvärdena för salthaltsökningar på 0,1, 0,2, 0,5 och 1 g/l för olika scenarier under sommarmånaderna 2018 visas i tabell 8 för ytskiktet och 7-8 m-skiktet (den djupaste nivån i vattenuttagsvägen). Tabell 9 visar områden över gränsvärdet på 0,1 g/l för olika scenarier och år.

Tabell 8. Områden som överskrider gränsvärdet för salthalten (km²), år 2018

Scenario	Månader	djup	>0,1 g/l	>0,2 g/l	>0,5 g/l	>1 g/l
V1/2018	Juni	0-1 mån.	0.04	0.03	0.01	0.01
		7-8 mån.	0.13	0.01	0.00	0.00
	Juli	0-1 mån.	0.03	0.03	0.02	0.01
		7-8 mån.	0.16	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	0.04	0.03	0.01	0.01
		7-8 mån.	0.08	0.01	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	0.03	0.01	0.01	0.01
		7-8 mån.	0.03	0.00	0.00	0.00
V2/2018	Juni	0-1 mån.	0.13	0.05	0.02	0.01
		7-8 mån.	0.12	0.01	0.00	0.00
	Juli	0-1 mån.	1.19	0.35	0.04	0.02
		7-8 mån.	0.44	0.00	0.00	0.00
	Augusti	0-1 mån.	0.61	0.19	0.03	0.02
		7-8 mån.	0.01	0.00	0.00	0.00
	September	0-1 mån.	0.65	0.11	0.03	0.02
		7-8 mån.	0.19	0.00	0.00	0.00
V3/2018	Juni	0-1 mån.	0.53	0.09	0.02	0.00
		7-8 mån.	0.00	0.00	0.00	0.00
	Juli	0-1	2.52	1.25	0.03	0.00

	Juli	mån. 7-8	0.78	0.00	0.00	0.00
	Augusti	mån. 0-1	1.23	0.27	0.03	0.00
	Augusti	mån. 7-8	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	mån. 0-1	2.17	0.11	0.03	0.00
	September	mån. 7-8	0.41	0.00	0.00	0.00
V4/2018	Juni	mån. 0-1	0.60	0.06	0.00	0.00
	Juni	mån. 7-8	0.00	0.00	0.00	0.00
	Juli	mån. 0-1	3.74	2.63	0.02	0.00
	Juli	mån. 7-8	0.69	0.22	0.00	0.00
	Augusti	mån. 0-1	2.27	0.23	0.00	0.00
	Augusti	mån. 7-8	0.00	0.00	0.00	0.00
	September	mån. 0-1	3.56	1.98	0.00	0.00
	September	mån. 7-8	0.50	0.01	0.00	0.00

Tabell 9. Områden som överskrider gränsvärdet för salthalt (km²), yta som överstiger 0,1 g/l i ytskiktet under olika år och månader.

x	Yta					7,5 meter					
	Scenario	v1	v2	v3	v4	K.A.	v1	v2	v3	v4	K.A.
	06/2018	0.04	0.13	0.53	0.60	0.32	0.13	0.12	0.00	0.00	0.06
	07/2018	0.03	1.19	2.52	3.74	1.87	0.16	0.44	0.78	0.69	0.52
	08/2018	0.04	0.61	1.23	2.27	1.04	0.08	0.01	0.00	0.00	0.02
	09/2018	0.03	0.65	2.17	3.56	1.60	0.03	0.19	0.41	0.50	0.28
	06/2019	0.04	0.30	0.58	0.48	0.35	0.10	0.01	0.00	0.00	0.03
	07/2019	0.02	0.84	2.58	3.29	1.68	0.10	0.20	0.25	0.00	0.14
	08/2019	0.03	2.62	3.90	6.41	3.24	0.06	0.85	0.74	0.00	0.41
	09/2019	2.38	3.23	3.45	2.20	2.82	0.98	1.48	0.92	0.00	0.84
	06/2020	0.03	1.32	3.18	4.06	2.15	0.07	0.46	0.54	0.10	0.29
	07/2020	0.07	0.70	1.09	0.82	0.67	0.34	0.02	0.00	0.00	0.09
	08/2020	2.38	3.00	1.74	0.12	1.81	1.04	0.69	0.00	0.00	0.43
	09/2020	0.03	1.84	1.73	1.77	1.34	0.01	0.87	0.13	0.00	0.25
	Medeltal					1.57					0.28

Bilderna 16 och 17 visar ökningen av salthalten på kartan för september 2018 och juni 2020. September 2018 ligger nära genomsnittet för de undersökta månaderna när det gäller salthalt. I augusti 2019 var genomsnittet av områdena för salthaltsökningsområdena i ytskiktet det största (av månaderna i tabell 7).

Storleken på de områden där salthalten ökar varierar i takt med att förhållanden och belastningar förändras. I scenario V1 sjunker utloppsvattnet periodvis till botten (t.ex. juni-juli 2018), när områdena med ökad salthalt på 7,5 meters djup är större än vid ytan. I scenarierna V2, V3 och V4 stannar utloppsvattnet till största delen kvar i ytskiktet.

Områden där salthalten stiger med mer än 0,5 g/l förblir under 0,05 km² för alla alternativ. Utan belastningar varierar salthalten, t.ex. År 2018 visade mätningar 1,5–2 g/l beroende på plats (se bild 4), vilket innebär att förändringen i salthalt här ligger klart under den naturliga variationen, med undantag för utsläppsplatsen.

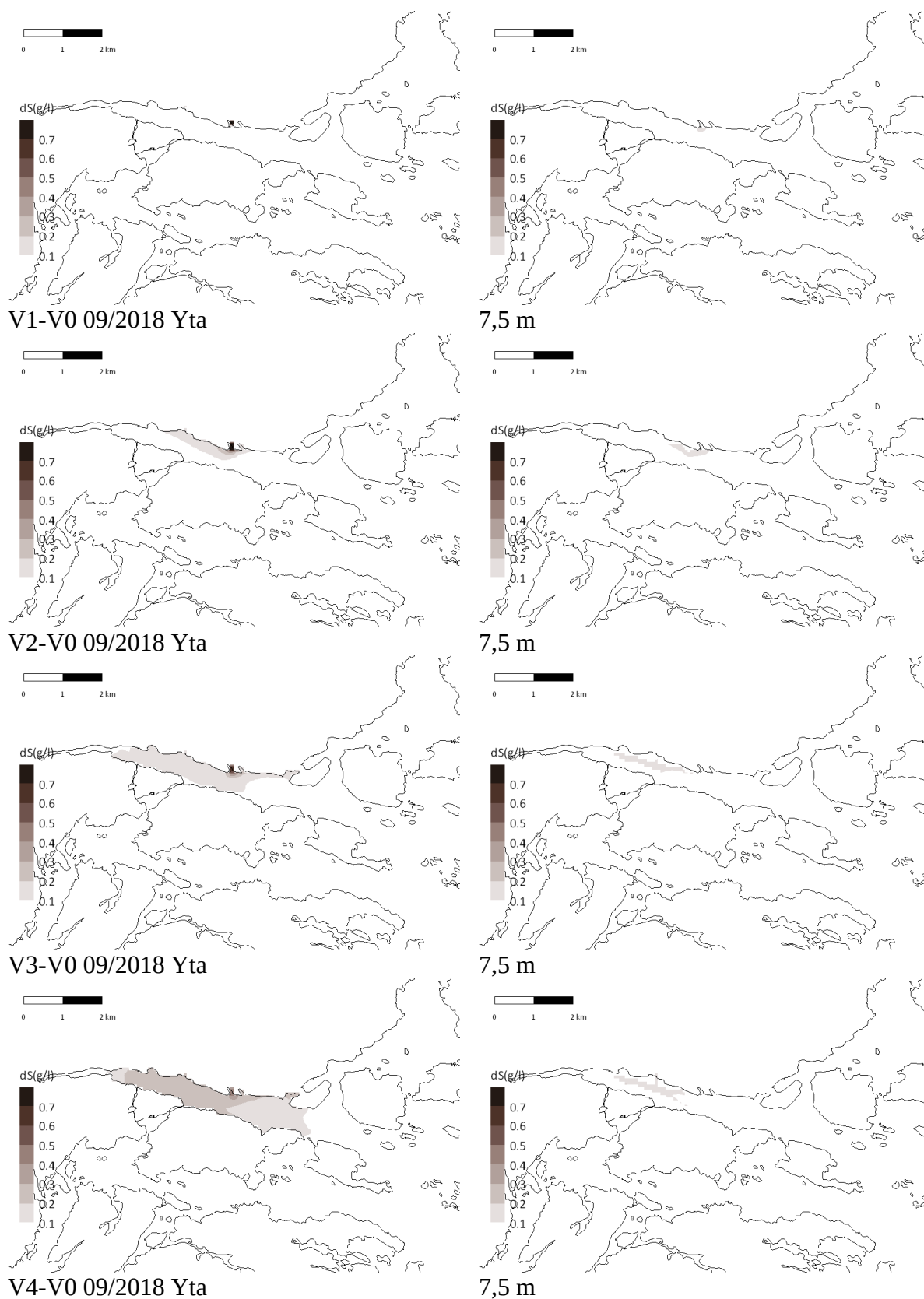


Bild 16. Områden med salthaltsökning i september 2018 jämfört med scenario V0 jämfört med scenarierna V1, V2, V3 och V4.

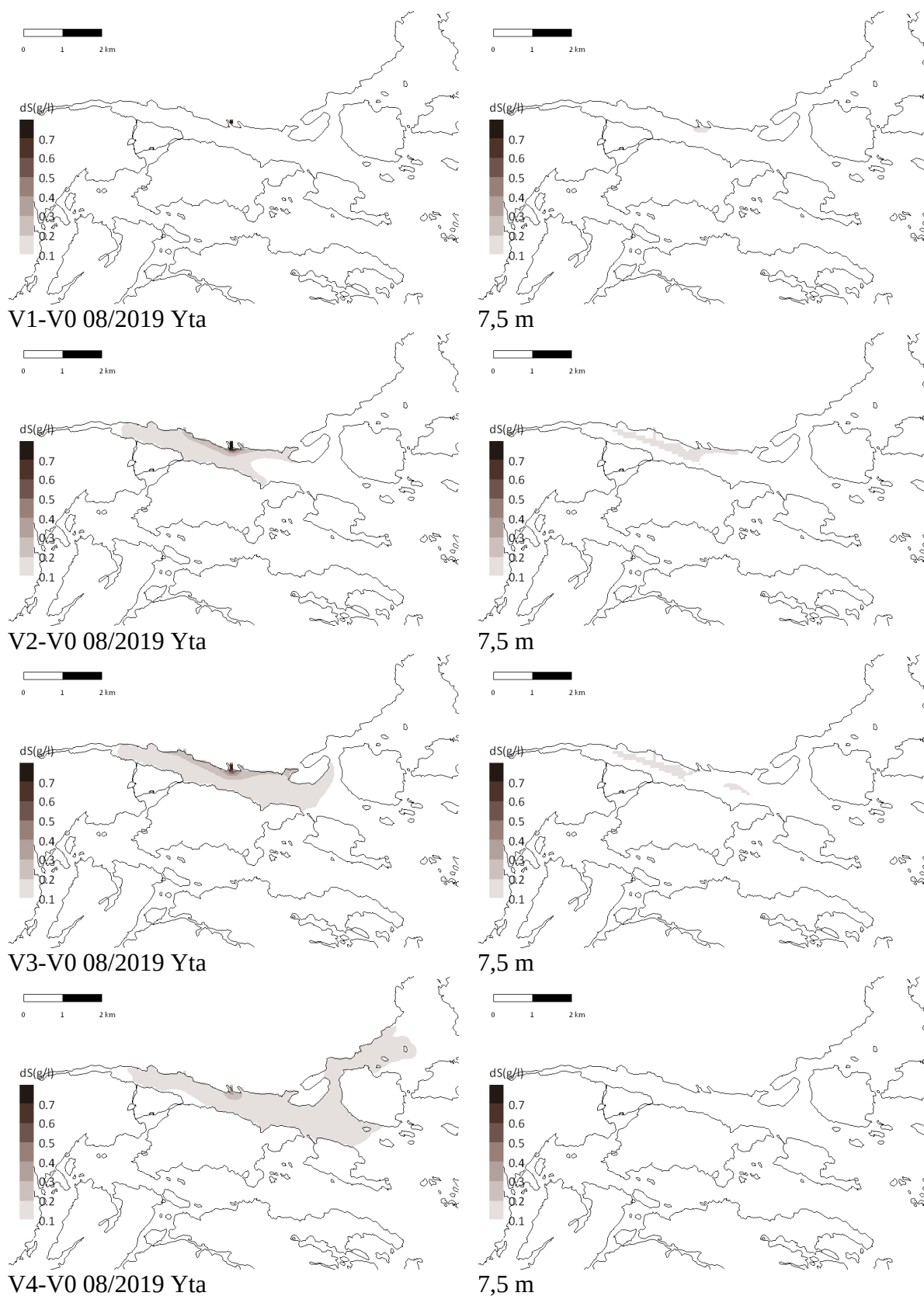


Bild 17. Områden med salthaltsökning i augusti 2019 jämfört med scenario V0 jämfört med scenarierna V1, V2, V3 och V4.

5.6 Isläge med olika scenarier

Modellen användes också för att bedöma hur vinterisläget beter sig under olika värmebelastningar. På vintern är ytvattentemperaturen nära noll, vilket innebär att värmebelastningen kyls av snabbt när den blandas med ytvatten. Vattnets densitet är som högst vid en temperatur på fyra grader, så under lämpliga förhållanden kan delvis blandat flöde orsakat av värmebelastningar sjunka till botten och färdas långt innan det blandas med den omgivande vattenmassan.

Norrfjärden har en hamn och en djupfarled med fartygstrafik även vintertid. I modellen har man inte beaktat fartygstrafikens inverkan, utan fartygstrafiken blandar vanligtvis vatten på djupet och bromsar upp frysningen, särskilt på livligt trafikerade vattenvägar.

Bild 18 visar isläget för olika scenarier vintern 2019 i februari och början av mars. I scenario V1 är skillnaden från scenario noll liten, och därför presenteras inte resultaten för scenario V1 separat. Vintern 2020 var mycket mild och det fanns ingen is alls i Ingå-området. Bild 19 visar isläget för ett annat scenario för vintern 2021 i februari och början av mars.

I början av februari 2019 var hela Norrfjärden frusen när det inte fanns något värmeutsläpp. Isens tjocklek varierade mellan 20 och 30 cm. För scenarierna V2 och V3 har istäcket tunnats ut jämfört med scenario V0. I scenario V4 är områdena i närheten av lossnings- och utvinningsplatsen vid V4 isfria. Vid lägre värmelaster dyker det flöde som orsakas av värmelasten ner till botten och förs nära botten östsydost ut ur Norrfjärden. I scenario V4 håller sig utloppsvattnet flytande och får isen att smälta.

I början av mars 2019 är isens tjocklek i scenario V0 mellan 20–25 cm, det vill säga isen har tunnats ut jämfört med början av februari. I scenario V2 och V3 är issmältningen fortfarande liten jämfört med scenario V0, i scenario V4 är hela Norrfjärden isfri.

Resultaten för 2021 är i stort sett desamma som för vintern 2019, även om isens tjocklek är större i början av mars än i början av februari då situationen var den motsatta vintern 2019. I scenario V2 och V3 är issmältningen minimal, i scenario V4 smälter värmebelastningen isen från hela Norrfjärden ända ut till Fjusö.

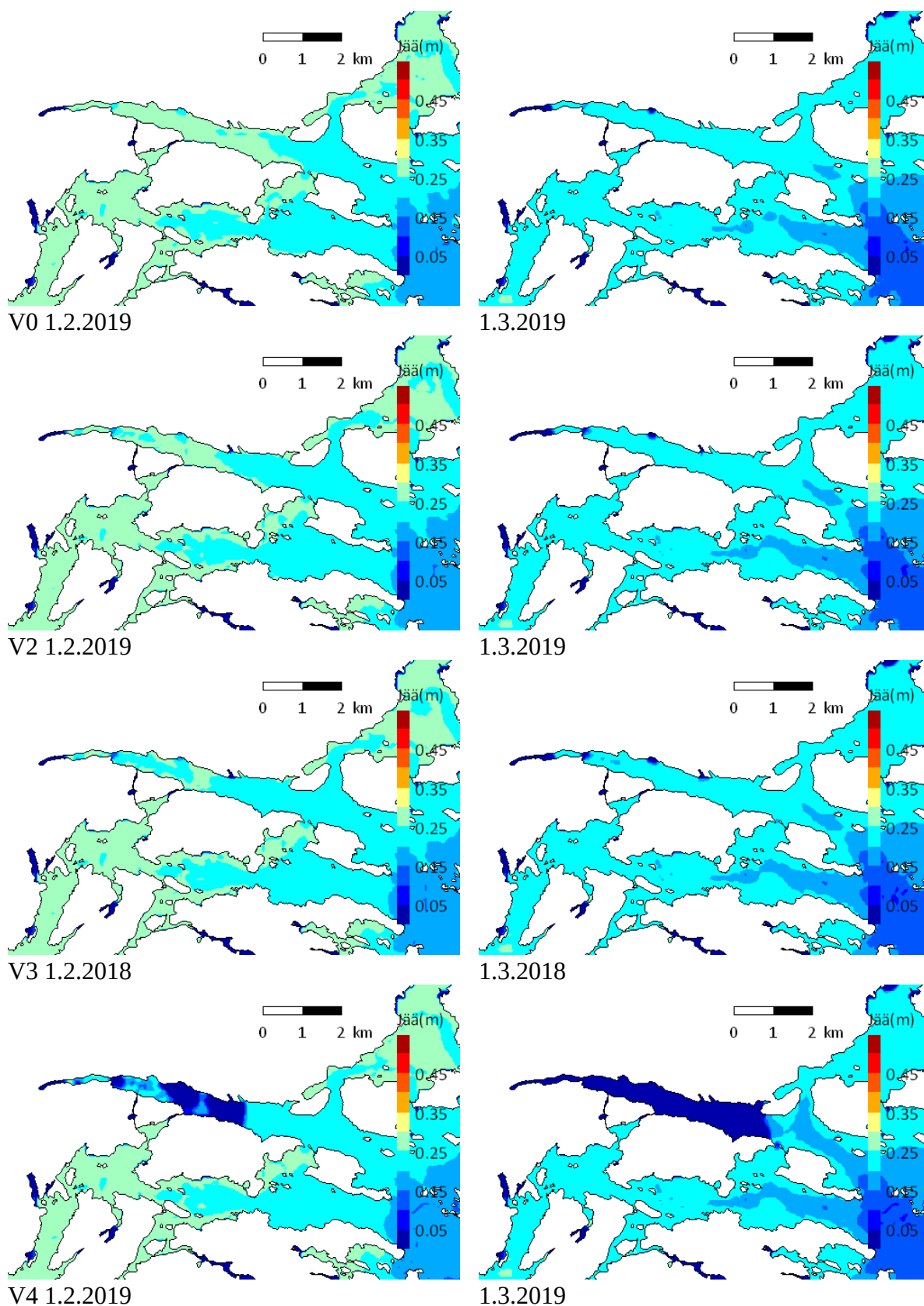


Bild 18. Isläget med scenarierna V0, V2, V3 och V4 vintern 2019, tillfälligt läge 1.2.2019 och 1.3.2019.

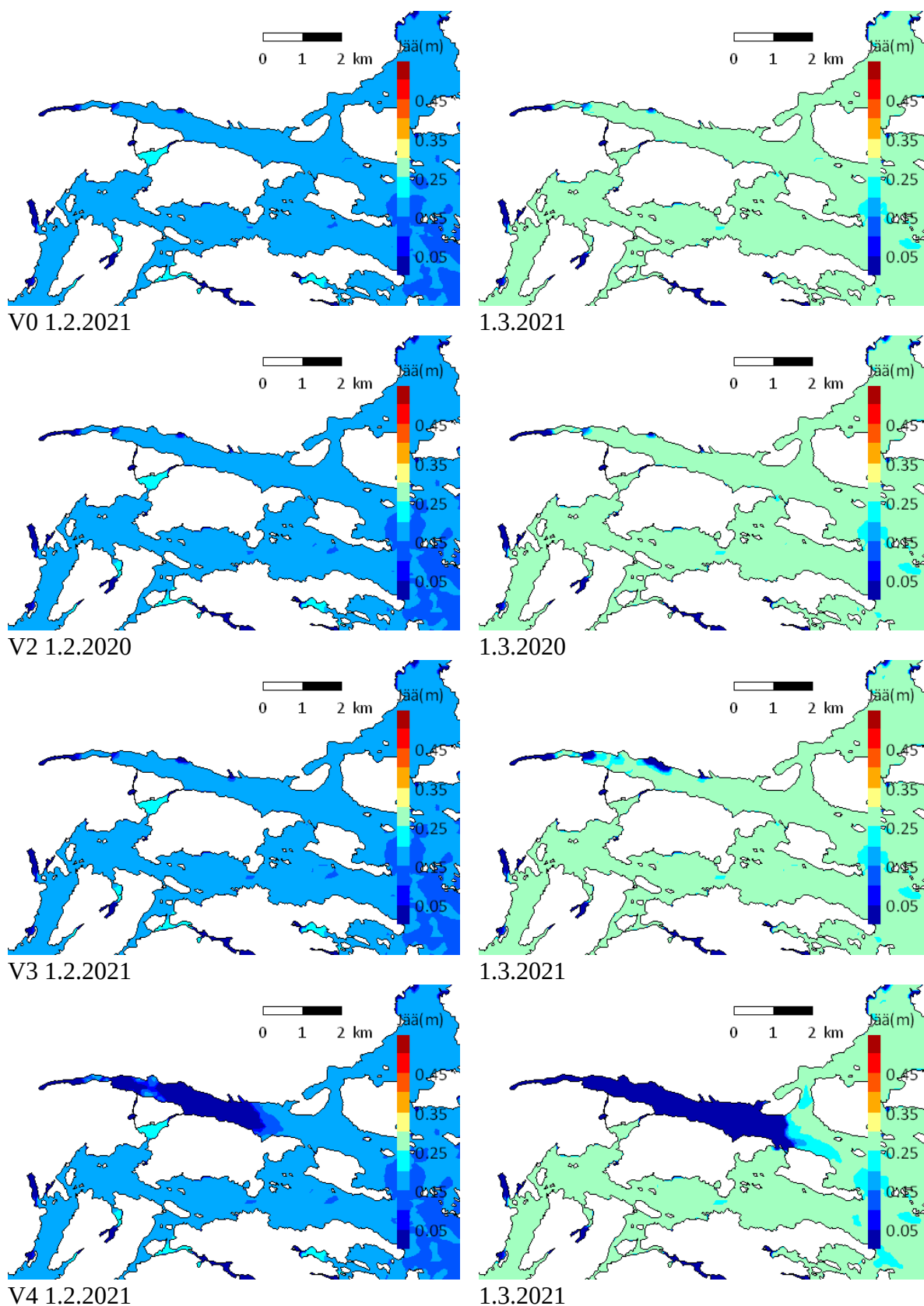


Bild 19. Isläget med scenarierna V0, V2, V3 och V4 vintern 2021, tillfälligt läge 1.2.2021 och 1.3.2021.

5.7 Muddring av inloppsvatten

Rutten från vilken havsvatten transporteras till kylvattenintaget är ställvis grund. Vid vattenintagspunkten är djupet 12 m, men på rutten sydost om intagningspunkten är ledens djup som lägst på en nivå av cirka 7–8 m. På sommaren, under temperaturskiktade förhållanden, är ytvattnet varmare än vattnet på botten. Under dessa förhållanden är temperaturen på vattnet som når intagspunkten beroende av från vilket djup vattnet kommer: ju djupare, desto svalare vatten. På grund av värmeutsläppet kan området nära värmeutsläppet också vara något temperaturskiktat på hösten, vilket innebär att det är fördelaktigt att ha ett djupare inloppsvatten även utanför sommarens temperaturskiktade period. Således kan en fördjupning av inloppsvattenvägen kyla temperaturen på vattnet som kommer in i intaget under perioden med öppet vatten och därmed också minska ytskiktets uppvärmningsyta.

Effekten av en fördjupning av inloppsvattenrutten på inloppsvattnets temperatur testades med hjälp av modellberäkningar så att rutten fördjupades i modellen till en nivå på 12 m ända till hamnbassängen, varefter vikens djup var över 12 m. Det fördjupade området visas i bild 20. Bilderna 21 och 22 visar temperaturförändringen med belastningsscenarierna V3 och V4 i de fall inloppsvattnets rutt inte är fördjupad och dessutom vid samma värmebelastningar när inloppsvattnets rutt har fördjupats (scenario V3b och V4b). Medeltemperaturförändringarna för olika värmebelastningar visas i tabell 10.

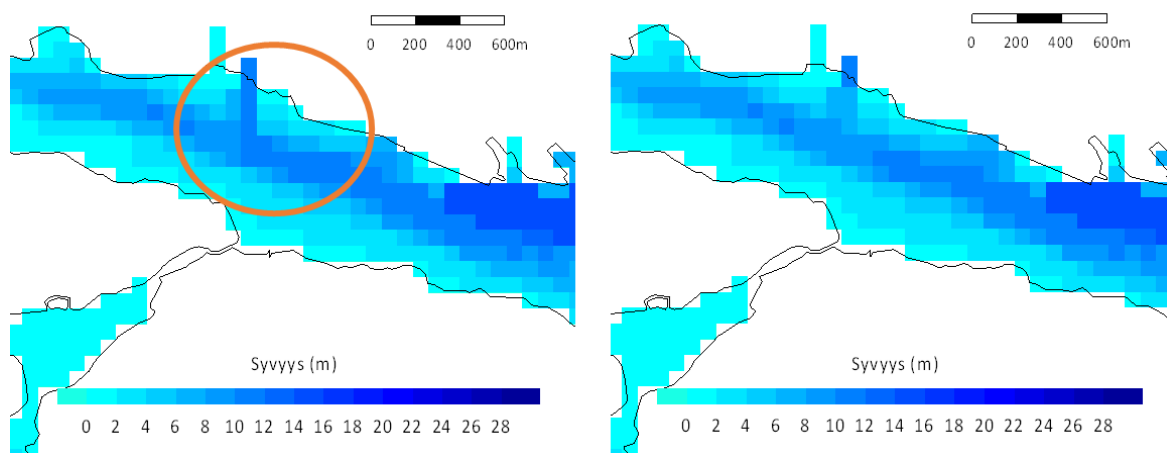


Bild 20. Ändring av djupet på inloppsvattnets rutt (fördjupad till 12 m nivå), ändrad situation till vänster, aktuell situation till höger.

En fördjupning av inloppsvattens rutt kommer att sänka inloppsvattnets temperaturer något under sommarperioden. Med ett annat scenario för värmebelastningen sommaren 2018 (6/2018–10/2018) är den genomsnittliga sänkningen av inloppsvattnets temperatur till följd av muddring mellan 0,6 och 0,7 °C. Minskningen är något större vid lägre värmebelastningar. Förändringar kan ses i tidsserierna (bild 21 och 22) främst under den period då vattnet temperaturskiktas, dvs. juni, juli och augusti.

Tabell 10. Effekt av fördjupning av inloppsvattnets rutt på inloppsvattnets temperaturer, sommaren 2018.

		V2		V3		V4	
		Avg	Max	Avg	Max	Avg	Max
Nuvarande status	Fagerviken60	15.12	28.01	15.78	29.10	16.82	31.12
	Norrfjärden52	14.85	27.77	15.04	28.41	15.68	30.13
	Skatafjärden45	14.85	26.32	14.86	26.35	14.88	26.43
	Intag	14.13	27.14	14.58	27.87	15.38	29.36
Fördjupat	Fagerviken60	15.06	27.94	15.70	28.92	16.73	30.86
	Norrfjärden52	14.85	27.71	15.02	28.37	15.61	30.01
	Skatafjärden45	14.85	26.31	14.86	26.35	14.87	26.42
	Intag	13.37	26.50	13.85	27.28	14.70	28.63
Skillnad	Fagerviken60	-0.06	-0.08	-0.08	-0.18	-0.09	-0.25
	Norrfjärden52	0.00	-0.06	-0.02	-0.04	-0.07	-0.12
	Skatafjärden45	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01
	Intag	-0.76	-0.64	-0.73	-0.59	-0.67	-0.73

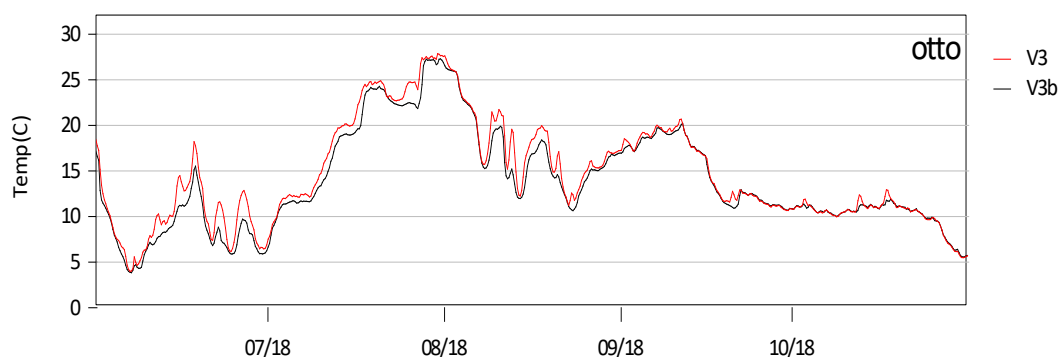


Bild 21. Effekt av djupförändring på inloppsvattnets temperatur sommaren 2018, värmeutsläpp V3, scenario V3b är ett scenario med en fördjupad intagskanal.

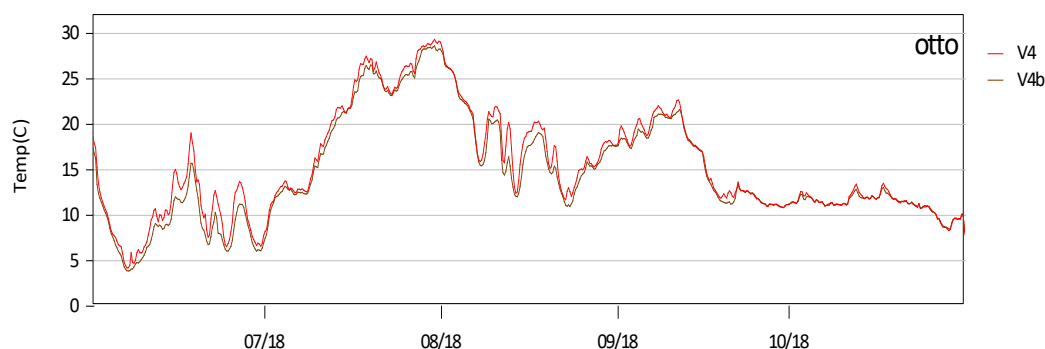


Bild 22. Effekt av djupförändring på inloppsvattnets temperatur sommaren 2018, värmeutsläpp V4, scenario V4b är ett scenario med en fördjupad intagskanal.

6 Genomgång av resultaten

I denna rapport bedömdes med hjälp av en hydrodynamisk modell hur det planerade stålverkets värmeutsläpp påverkar temperaturen och flödena i havsområdet framför Ingå hamn. Beräkningsmodellens upplösning i målområdet är 70 x 70 m. I modellen användes ett nästlat beräkningsgitter, som tar hänsyn till hur ett större havsområde påverkar strömmarna och vattenståndet i målområdet. I djupriktningen använde modellen en så kallad djupnivå baserad på konstanta djupnivåer. Z-gitter med en djupnoggrannhet på 1 m mellan 0 och 15 m.

Modellen verifierades genom att beräkna perioderna för öppet vatten för 2018 och 2019 och jämföra de modellerade värdena för vattentemperatur och salthalt med de uppmätta värdena. För dessa nämnda tidsperioder fanns ett exceptionellt stort antal mätningar tillgängliga på grund av vattenuppföljningen i samband med byggandet av gasledningen Baltic Connector. Modellens resultat i fråga om yttemperaturer motsvarade mätningarna måttligt. Bottentemperaturerna och skillnaden i förhållande till ytskiktets temperatur överensstämde huvudsakligen med mätningarna, även om det förekom några avvikelser i modellen jämfört med mätningarna på hösten 2018. Salthalten och skillnaden i salthalt mellan yta och botten upprepades också relativt bra i modellen jämfört med mätningarna.

Värmebelastningens inverkan bedömdes genom att placera värmebelastningen i modellen vid utloppspunkten för kylvatten för kraftverket som tidigare funnits i området. Det fanns fyra alternativ för mängden värmebelastning.

Modellen användes för att beräkna perioder på cirka ett år med olika värmebelastningar från maj 2018, 2019 och 2020 till april följande år. På basis av resultaten av beräkningen var den månatliga genomsnittliga uppvärmningen av vattenområdet störst i juni 2020 på grund av exceptionella väderförhållanden. I augusti 2020 var ytan på det uppvärmda vattenområdet nära genomsnittet för alla beräknade månader. Juni 2020 kan uppskattas representera den största uppvärmningen och augusti 2020 den genomsnittliga uppvärmningen.

Tabell 11 visar månadsmedelvärdena för ytan i det varmare vattenområdet för en genomsnittlig månad enligt ett annat scenario. I scenarierna V1 och V2 är områdena med värmehöjning fortfarande små. Även i scenario V3 är det område som värms upp med mer än en grad bara något över 1 km² i genomsnitt och är begränsat till området nära hamnen. Med alternativ V4 sträcker sig det uppvärmda området med mer än en grad till ungefär Fjusö och täcker redan större delen av viken väster om Fjusö.

Tabell 11. Områden med förhöjd ytvattenvärme med olika scenarier (km²), genomsnitt för augusti 2020 (genomsnittlig månad).

scenario	månad	>1 °C	>2 °C	>3 °C	>4 °C	>5 °C
v1	08/2020	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
v2	08/2020	0.33	0.07	0.05	0.04	0.04
v3	08/2020	1.29	0.16	0.07	0.05	0.04
v4	08/2020	3.18	0.67	0.17	0.08	0.06

Den genomsnittliga ökningen av inloppsvattnets temperatur varierade mellan 0,0 och 2,3 °C i olika scenarier. Den genomsnittliga värmehöjningen i inloppsvattnet som orsakas av värmeutsläpp varierade inte mycket mellan olika år, dvs. när man undersökte längre perioder verkade väderförhållandena inte ha någon större inverkan på temperaturökningen i intagsvattnet baserat på modelleringen. Under kortare perioder var det dock stora variationer i temperaturen på intagsvattnet beroende på väderförhållandena. Uppvärmningen av inloppsvattnet påverkas inte bara av värmeutsläppet, utan också av storleken på inloppsflödet, d.v.s. ju högre flöde desto mer varmt vatten från de övre vattenlagren blandas med inloppsvattnet.

Utlöppsvattnet för också med sig saltbelastningar till havet. Ökningen av salthalten i Norrfjärdenområdet var typiskt under 0,2 g/l, även om förändringen i salthalt tidvis kan vara större i hamnområdet. Salthalten varierar naturligt i kustområdena (t.ex. vid Norrfjärdens mätpunkt mellan 5 och 6,5 g/l): åvatten rinner ut i havet, vilket minskar salthalten i ytskiktet, och å andra sidan transporteras ibland mer saltvatten än den genomsnittliga koncentrationen i kustvattnet från områden längre ut till havs in till kustområdet.

Isläget i Finska viken varierar från år till år, t.ex. vintern 2020 fanns det ingen is alls i Finska viken. Enligt beräkningar hade värmebelastningen förvånansvärt liten inverkan på isläget i scenario V1-V3. Detta berodde troligen på att utlöppsvatten blandat med en temperatur på cirka fyra grader Celsius vid lägre kylvattenflöden är tätare än ytvatten på vintern, och går djupare än ytskiktet och lämnar en relativt liten påverkan på isen. I praktiken förekommer det fartygstrafik i hamnområdet även på vintern, vilket blandar utlöppsvattnet på djupet och på så sätt kan orsaka större issmältning än vad som beräknats i modellens scenario. Vid maximal värmebelastning (V4) räckte värmebelastning för att hålla hela Fagerviken frusen.

7 Källförteckning

Berrisford P, Dee D, Poli P, Brugge R, Fielding K, Fuentes M, Kallberg P, Kobayashi S, Uppala S and Simmons A. 2011. The ERA-Interim archive Version 2.0, ERA report series no 1, November 2011, ECMWF.

BSBD. 2013. Baltic Sea Hydrographic Commission, Baltic Sea Bathymetry Database, version 0.9.3, <http://data.bshc.pro>.

EEA. 2017. European Environmental Agency, coastline for analysis, revision 2017, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-coastline-for-analysis-2>.

Ilmatieteenlaitos, 2024, Ilmatieteen laitoksen havaintojen lataus - sivut, <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Hertta. 2024. Suomen Ympäristökeskuksen HERTTA-tietokanta, tiedot haettu 03/2020.

Koponen J., Kummu M., Lauri H., Virtanen M., Inkala A., Sarkkula J., Suojanen I., Veijalainen N. 2008. EIA 3D Model Manual.

Liikennevirasto. 2024. Lataus- ja katselupalvelut, <https://julkinen.vayla.fi/oskari/>, tiedot haettu 03/2020, lisenssi: <http://www.liikennevirasto.fi/avoindata>.

Maanmittauslaitos. 2024. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, tiedot haettu 02/2020, lisenssi ja tietojen haku sivulta <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>.

SYKE. 2024. Suomen Ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmä, 3-jakovaiheen valuma-alueiden lasketut valumat ja virtaamat, ostopalvelu. Tiedot haettu 03/2020.