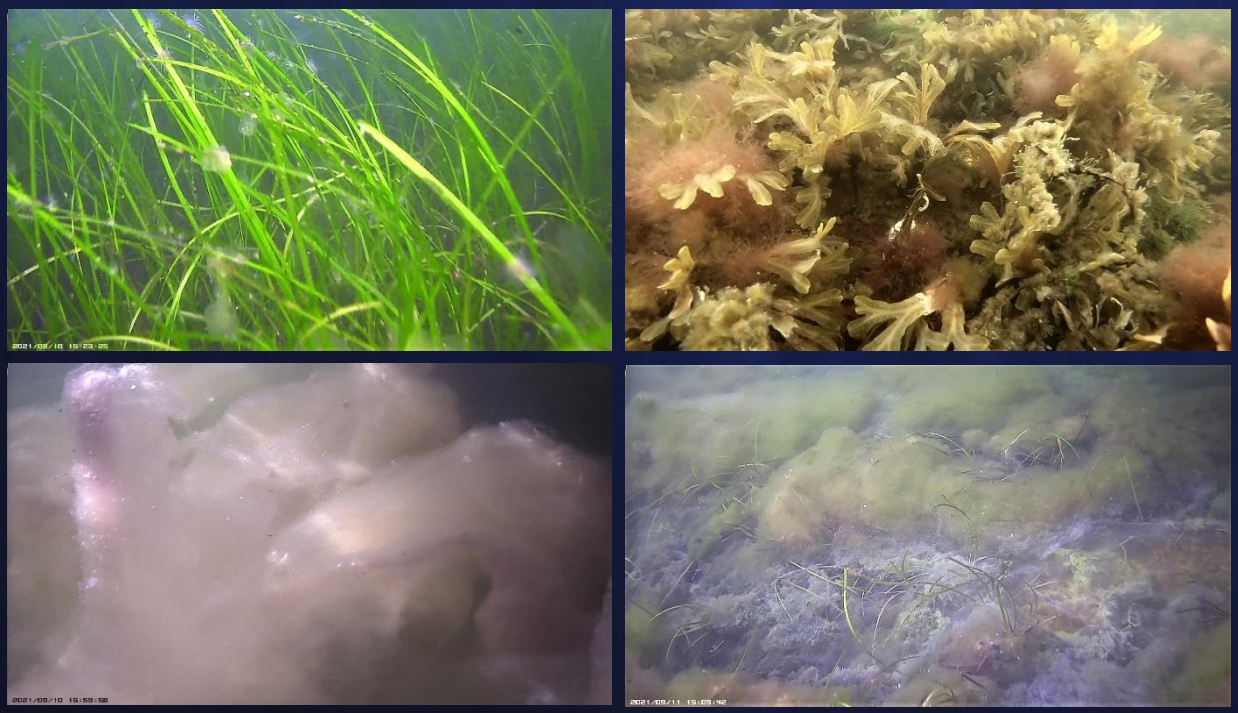
Bilaga 2

Marine Monitoring
RESEARCH & CONSULTING



Utredning av tillståndet i Inre Kungsbackafjorden och påverkan från Hammargård avloppsreningsverk

Sandra Andersson, Kerstin Fransson och Jimmy Ahlsén
Marine Monitoring AB

Titel
Utredning av tillståndet i Inre Kungsbackafjorden och påverkan från Hammargård avloppsreningsverk

Framtagen av
Marine Monitoring AB
Lysekil, Sweden

Sandra Andersson
Kerstin Fransson
Jimmy Ahlsén

Kvalitetsgranskning
Prof. Leif Pihl

Datum
November 2021

Beställare
Sweco Sverige AB

ISBN: 978-91-86461-98-0

Omslagsbild: Bilder från inventeringen 2021 i Inre Kungsbackafjorden
Foto © Marine Monitoring AB.

MARINE MONITORING AB
Strandvägen 9, 453 30, Lysekil
Tel +46 523-101 82
E-post info@marine-monitoring.se | www.marine-monitoring.se

Marine Monitoring

Sammanfattande bedömning

Utbyggnad av Hammargård avloppsreningsverk (ARV) är under utredning för att uppnå en ökad kapacitet och en högre reningsgrad. Länsstyrelsen efterfrågar ytterligare utredningar av påverkan på miljökvalitetsnormer för vatten och Natura 2000-området från ett ökat utsläpp av näringsämnen till recipienten. Marine Monitoring AB har på uppdrag av Sweco Sverige AB utfört en utredning och bedömning av hur Natura 2000-området inom vattenförekomsten Inre Kungsbackafjorden är påverkad av befintliga närsaltshalter och fintrådiga alger, med fokus på flerårig vegetation. Bedömningen innefattar även påverkan på det marina livet av en ökad belastning av näringsämnen utifrån föreslagna framtida villkor för Hammargård ARV. Utredningen fokuserar på ett antal kompletteringspunkter som Länsstyrelsen efterfrågar, vilka avser hur Hammargård ARVs framtida utsläpp förväntas påverka kvalitetsfaktorer och utbredning av fintrådiga alger samt möjligheten att uppnå *God* ekologisk status i Inre Kungsbackafjorden. Utredningen innefattar även Hammargård ARVs påverkan på Natura 2000-området och associerade arter samt påverkan från utsläpp av syreförbrukande ämnen, BOD_7.

I takt med att näringstillförseln till Kungsbackafjorden har minskat under de senaste åren har även växtplanktonproduktionen minskat i vattenmassan, vilket resulterat i en högre miljöstatus. Däremot syns ingen förbättring i grundområden vilket tyder på att näring finns lagrat i sedimentet och det tar tid för dessa ekosystem att återhämta sig. Det förekommer idag en övergödningssituation i Inre Kungsbackafjorden med höga tätheter av fintrådiga alger och syrefattiga bottnar. Ett ökat utsläpp av näringsämnen innebär en risk för en ökad produktion av fintrådiga alger inom området. Samma mönster med höga tätheter av fintrådiga alger som ökat över tid, trots att näringsbelastningen minskat, är vanligt förekommande längs kusten och det är därför viktigt att inte påverka dessa grundområden med ytterligare tillskott av näring.

Inom grundområdet där störst påverkan från Hammargård ARVs utsläpp är att förvänta bedöms vattenomsättningen vara god och syresättningen således hög. Fintrådiga algerna förväntas därför endast förekomma temporärt och inte påverka den fleråriga vegetationen nästföljande tillväxtsäsong. Det finns dock områden i Inre Kungsbackafjorden med sämre vattenutbyte där organiskt material bryts ner och näring kan därigenom ackumuleras i sedimentet. Det innebär att ett ökat utsläpp kan förvärra den övergödningssituation som råder i Inre Kungsbackafjorden. Även om påverkan från Hammargård ARVs utsläpp är betydligt mindre i områden med sämre vattenomsättning finns det en risk att fintrådiga alger förflyttas av vindar och strömmar till områden med sämre förutsättningar. Ökar den organiska belastningen på bottnarna påverkas främst de biologiska kvalitetsfaktorerna Bottenfauna och Makroalger. Det innebär att det även finns en risk för att möjligheten att uppnå *God* ekologisk status påverkas.

Ålgräsets utbredning har minskat med ca 60 % inom Inre Kungsbackafjorden, framför allt på grund av en minskad djuputbredning. Det finns inget som tyder på att nuvarande utsläpp från Hammargård ARV påverkat djuputbredningen av ålgräs till följd av en ökad produktion av växtplankton i vattenmassan. Även med föreslagna villkor för Hammargårds ARV bedöms växtplanktonproduktionen inte nämnvärt påverkas då halthöjningen av näring i vattenmassan är förhållandevis liten. Däremot kan Hammargård ARVs ökade utsläpp bidra till produktion av fintrådiga alger i grundområden vilka kan övertäcka ålgräset vid den inre utbredningsgränsen. De fintrådiga algerna kan även resultera i syrebrist och svavelvätebildning vid nedbrytning och kan således skapa dåliga förutsättningar för ålgräset, både vid den inre och yttre utbredningsgränsen. Det är dock inte bara fintrådiga alger som bryts ner och förbrukar syre inom området utan även andra losslitna makroalger som ansamlas på bottnar, vilket till stor del bedöms vara en naturlig process.

Kvalitetsfaktorn Makroalger har utifrån en expertbedömning klassificerats till *Måttlig* miljöstatus i Inre Kungsbackafjorden. Eftersom statusen kan vara påverkad av fintrådiga alger som gynnas av förhöjda halter av näring i vattenmassan kan ett utökat utsläpp resultera i negativa effekter på den fleråriga vegetationen. De biologiska kvalitetsfaktorerna är komplexa med många yttre påverkansfaktorer och det går inte att på samma sätt som med kvalitetsfaktorn Näringsämnen beräkna om en halthöjning av näring i vattenmassan sänker statusen. Det går således inte att bedöma om det ökade utsläppet från Hammargård ARV kommer att sänka miljöstatusen hos Makroalger, bara att det finns en risk för påverkan till följd av en ökad produktion av fintrådiga alger.

Inre Kungsbackafjorden utgörs av en estuariemiljö påverkad av sötvattensutflöde. Avrinning från land kan transportera sediment och organiskt material till kusten och därmed försämra ljusförhållanden i vattnet, vilket kan påverka djuputbredning av flerårig vegetation, och således även miljöstatusen. Siktdjupet i Inre Kungsbackafjorden är i regel sämre än på övriga mätstationer längs hallandskusten men det finns inget som tyder på att siktdjupet har försämrats över tid. Samtidigt har brunfärgat vatten (brunifiering) ökat i Kungsbackaån och Rolfsån, vilket innebär att ljustillgången i Inre Kungsbackafjorden kan ha försämrats av ett brunfärgat ytvatten i närheten av vattendragen. Djuputbredning av flerårig vegetation kan således påverkas av processer som inte direkt är relaterade till övergödning. Detta styrks av att ålgräs generellt påträffas grundare i områden påverkade av större vattendrag och sötvattensutflöde. Även överfisket av större rovfisk kan genom en kaskadeffekt resultera i att mängden betare som konsumerar fintrådiga alger reduceras, vilket kan förstärka den övergödningssituation som råder i Inre Kungsbackafjorden.

En ökad produktion av fintrådiga alger kan påverka viktiga strukturer och funktioner inom flera naturtyper som påträffas i Kungsbackafjorden såsom 1140 (Grunda ler- och sandbottnar som blottas vid lågvatten), 1130 (Estuarier) och 1160 (Stora vikar och sund). Fintrådiga alger kan bland annat orsaka ytterligare förlust av viktiga habitat såsom ängar av ålgräs och nating, vilket innebär minskade uppväxt- och födosöksområde för många arter. Utbredning av fintrådiga alger kan även hindra torsk och annan rovfisk att söka föda och minska tillgången på vegetationsfria områden som är viktiga uppväxtområden för plattfisk. Hur hög störningsgrad samt hur frekvent algmattor förekommer i ett område har dock en stor betydelse för dess inverkan på bottenmiljön.

Ett ökat utsläpp av syreförbrukande ämnen, BOD_7, bedöms få störst inverkan på bottenlivet i områden med dålig vattenomsättning och hög organisk belastning. Hammargård ARVs påverkansområde med avseende på utsläpp av BOD_7 bedöms ha en hög vattenomsättning större delen av året och sedimentet förväntas vara väl syresatt, vilket bland annat förekomst av grundväxande vegetation (nating, dvärgålgräs), sandmask och täta ålgräsängar indikerar. Vid höga tätheter av fintrådiga alger under sensommaren kan vattenomsättningen minska och syreförbrukningen öka men detta bedöms endast vara temporärt. Den ökade mängden BOD_7 i de föreslagna villkoren bedöms således inte ge någon betydande påverkan på djurlivet i grundområdena.

Innehåll

Sammanfattande bedömning ... 3
1. Inledning ... 6
2. Förhållanden i Inre Kungsbackafjorden – påverkan på kvalitetsfaktorer och fintrådiga alger till följd av övergödning ... 8
2.1 Beskrivning av bottenförhållanden, flöden och strömmar ... 8
2.2 Spridning av Hammargård ARVs utsläpp ... 11
2.3 Vegetation och utbredning av fintrådiga alger i Inre Kungsbackafjorden ... 15
2.4 Miljöövervakning och miljöstatus ... 20
2.4.1 Trender ... 20
2.4.2 Nuvarande ekologisk status ... 22
2.4.3 Miljöförhållanden i innersta delen av Kungsbackafjorden ... 25
2.5 Påverkan från övergödning på grunda marina ekosystem ... 28
2.5.1 Växtplanktonproduktion och fintrådiga alger ... 28
2.5.2 Kväve- eller fosforbegränsning ... 31
2.6 Påverkan på kvalitetsfaktorer och fintrådiga alger samt möjligheten att uppnå *God* ekologisk status (komplettering 1 och 4) som följd av ökat utsläpp från Hammargård ARV. ... 34
2.6.1 Växtplankton ... 34
2.6.2 Makroalger (inkl. ålgräs) och fintrådiga alger ... 34
3 Faktorer ej relaterade till övergödning som kan påverka vegetationens utbredning ... 36
3.1 Påverkan från effekter av Top-down reglering ... 36
3.2 Siktdjup ... 37
4. Förhållanden i Inre Kungsbackafjorden i jämförelse med andra grundområden längs västkusten ... 40
4.1 Ålgräsets generella tillstånd längs västkusten ... 40
4.2 Övergödning, näring och fintrådiga alger i tre områden med liknande hydromorfologiska förhållanden ... 42
5. Bedömning av påverkan på Natura 2000-området Kungsbackafjorden ... 45
5.1 Förekommande naturtyper i Inre Kungsbackafjorden ... 45
5.2 Ekologiska följder av förändrad produktion av fintrådiga alger ... 45
5.2.1 Effekter på vegetation i naturtyp 1130, 1140 och 1160 ... 45
5.2.2 Effekter på bottenlevande djur och fisk i naturtyp 1130, 1140 och 1160 ... 46
5.2.3 Effekter på bottenfauna ... 47
5.2.4 Påverkan från utsläpp av syreförbrukande ämnen, BOD_7 ... 48
5.2.5 Sammantagen bedömning av effekter på natura 2000 området ... 49
6. Referenser ... 50

1. Inledning

Kungsbacka kommun ser ett ökat behov av att omhänderta och rena avloppsvatten. Utbyggnad av Hammargård avloppsreningsverk (ARV) är därför under utredning för att uppnå en ökad kapacitet och en högre reningsgrad. En miljökonsekvensbeskrivning av den förändrade verksamheten har granskats och Länsstyrelsen som har delgivit föreläggande om komplettering.

För att underlätta bedömningen av Hammargård ARVs påverkan från ett ändrat utsläpp av näringsämnen efterfrågar länsstyrelsen ytterligare utredningar av påverkan på miljökvalitetsnormer för vatten och Natura 2000-område. Marine Monitoring AB har på uppdrag av Sweco Sverige AB utfört en utredning och bedömning av hur Natura 2000-området inom vattenförekomsten Inre Kungsbackafjorden är påverkad av befintliga närsaltshalter och fintrådiga alger. Bedömningen innefattar även påverkan på bottenlivet från en ökad belastning av näringsämnen utifrån Hammargård ARVs föreslagna framtida villkor. Följande utredning fokuserar i huvudsak på vegetation, men även på Natura 2000 naturtyper och associerade arter. Marine Monitoring utförde en inventering av ålgräs och makroalger i Inre Kungsbackafjorden i september 2021, vilken en stor del av bedömningarna baseras på.

Delar av de kompletteringar som efterfrågas av Länsstyrelsen och som berörs i den här rapporten är:

- *Kompletteringspunkt 1. Redogör för hur det framtida utsläppet från Hammargård avloppsreningsverk bedöms påverka var och en av de kvalitetsfaktorer som ingår vid klassificering av ekologisk status för kustvatten för vattenförekomsten Inre Kungsbackafjorden.* I följande utredningen behandlas främst den biologiska kvalitetsfaktorn Makroalger där även utbredning av ålgräs ingår.

- *Kompletteringspunkt 4. En analys behöver genomföras avseende risker för ökad produktion av fintrådiga alger samt hur en eventuell ökning påverkar möjligheten att uppnå god ekologisk status i vattenförekomsten Inre Kungsbackafjorden. Analysen ska inriktas på effekterna av en eventuell ökning av fintrådiga algers påverkan på ålgräs, makroalger och syretillgången.*

- *Kompletteringspunkt 9. Komplettera handlingarna med bedömningar av konsekvenserna av att släppa ut den mängd BOD_7, kväve, fosfor och ammoniumkväve per år som anges för ansökt utökning av verksamheten. Det är den totala mängden som släpps ut som kommer påverka recipienterna och det är därför den totala mängden som är intressant ur ett Natura 2000-perspektiv. Redovisningen ska innehålla en bedömning hur mängderna påverkar Natura 2000-området Kungsbackafjorden.*

Det svenska miljömålssystemet består av 16 miljökvalitetsmål där ett av målen är *Ingen övergödning* (www.miljomal.se). För att nå de svenska miljömålen måste miljökvalitetsnormerna (MKN), dvs. kravet på vattnets kvalitet, uppfyllas. Generellt ska alla vattenförekomster uppnå *God* ekologisk status och statusen får inte försämras fram till 2027. I Västerhavets vattendistrikt anses övergödning vara ett av de mest omfattande miljöproblemen, vilket främst beror på hög tillförsel av kväve och fosfor. I havet orsakar övergödning bland annat algblomningar, ökad utbredning av fintrådiga alger och syrebrist på bottnarna.

Det pågår en ständig transport av näringsämnen till havet från avrinningsområden, antropogena punktkällor och atmosfäriskt nedfall. För att klara miljökvalitetsmålet måste utsläpp av näringsämnen minska, framför allt inom jordbruket men även från avloppsreningsverk, små avlopp och industri. Även

utsläpp till luft måste minska (www.miljomal.se). Halter av näringsämnen i det kustnära ytvattnet påverkas även av läckage från sediment och utbyte med utsjön.

I Halland mynnar flera stora vattendrag som bidrar med näringstransport från avrinningsområden till Hallands kustvatten. Två av dessa, Kungsbackaån och Rolfsån, mynnar längst in i Kungsbackafjorden. Hammargård ARV släpper ut sitt renade avloppsvatten i Kungsbackaån.

Nuvarande belastning, som speglar förhållandena idag, från Hammargård ARV motsvarar 38 ton kväve och 1,4 ton fosfor (medelvärde från åren 2015-2019), vilket innebär ca 19 % respektive 15 % av näringstransporten i Kungsbackaån. De föreslagna villkoren innebär en ökning i utsläpp av mängden näringsämnen från Hammargård ARV till 74 ton kväve och 1,9 ton fosfor, vilket motsvarar ca 31 % respektive 18 % av Kungsbackaåns totala belastning. De föreslagna villkoren innebär även att flödena kommer öka från reningsverket, vilket innebär att utspädningen resulterar i en förhållandevis liten ökning i halterna av kväve (från 7,9 till 8 mg/l) och till och med en minskning i halterna av fosfor (0,29 till 0,2 mg/l). För utsläpp av syreförbrukande ämnen, BOD_7, är det endast mängden, inte halten, som kommer öka från 27 till 47 ton/år. Den nuvarande belastningen av näring omfattar ett betydligt mindre utsläpp än vad de nuvarande villkoren tillåter, både med avseende på mängder och halter, vilket resulterar i en minskning av näringsämnen i de föreslagna villkoren. Det är endast mängden BOD_7 som ökar (se vidare NyEra Embreco 2021). Länsstyrelsen poängterar att det är den totala mängden som påverkar recipienten varpå bedömningar i följande utredning baseras på att mängderna av näringsämnen och syreförbrukande ämne förväntas öka med de föreslagna villkoren i jämförelse med nuvarande belastning.

Utredningen är uppdelad i fem huvudsakliga avsnitt. Det första avsnittet behandlar hur övergödning påverkar grunda ekosystem och hur ett ökat utsläpp från Hammargård ARV förväntas påverka kvalitetsfaktorer samt utbredning av fintrådiga alger och möjligheten att uppnå *God* ekologisk status i Inre Kungsbackafjorden (kompletteringspunkt 1 och 4). Nästföljande avsnitt beskriver andra faktorer, ej relaterade till övergödning, som kan påverka utbredning av vegetation. Därefter jämförs förhållandena i Inre Kungsbackafjorden med andra grundområden längs västkusten, främst med avseende på ålgräs och fintrådiga alger. Hammargård ARVs påverkan på Natura 2000-området och associerade arter samt påverkan från utsläpp av syreförbrukande ämnen BOD_7 presenteras därefter i ett separat avsnitt (kompletteringspunkt 9).

2. Förhållanden i Inre Kungsbackafjorden – påverkan på kvalitetsfaktorer och fintrådiga alger till följd av övergödning

Nedanstående avsnitt behandlar kompletteringspunkt 1 och 4 och inleds med en beskrivning av bottenförhållanden samt strömmar och vattenomsättning i Inre Kungsbackafjorden som påverkar spridningen av Hammargård ARVs utsläpp. Därefter presenteras resultaten av den inventering av vegetation som utfördes i september 2021 och som i huvudsak fokuserade på den areella utbredningen av ålgräs. Under inventeringsarbetet noterades även ålgräsets kvalitet samt förekomst av fintrådiga alger och svavelväte. Inventeringen resulterade i en klassificering av vegetationens miljöstatus där resultaten från både ålgräs och inventeringen av makroalger på tre lokaler beaktades.

För att underlätta bedömningen av hur ett ökat utsläpp påverkar Inre Kungsbackafjorden (kompletteringspunkt 1) samt beskriva övergödningssituationen och påverkan på utbredning av fintrådiga alger (kompletteringspunkt 4) presenteras inte bara miljöstatusen för vegetation utan även bedömd miljöstatus hos andra biologiska kvalitetsfaktorer, växtplankton och bottenfauna, samt den fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorn näringsämnen.

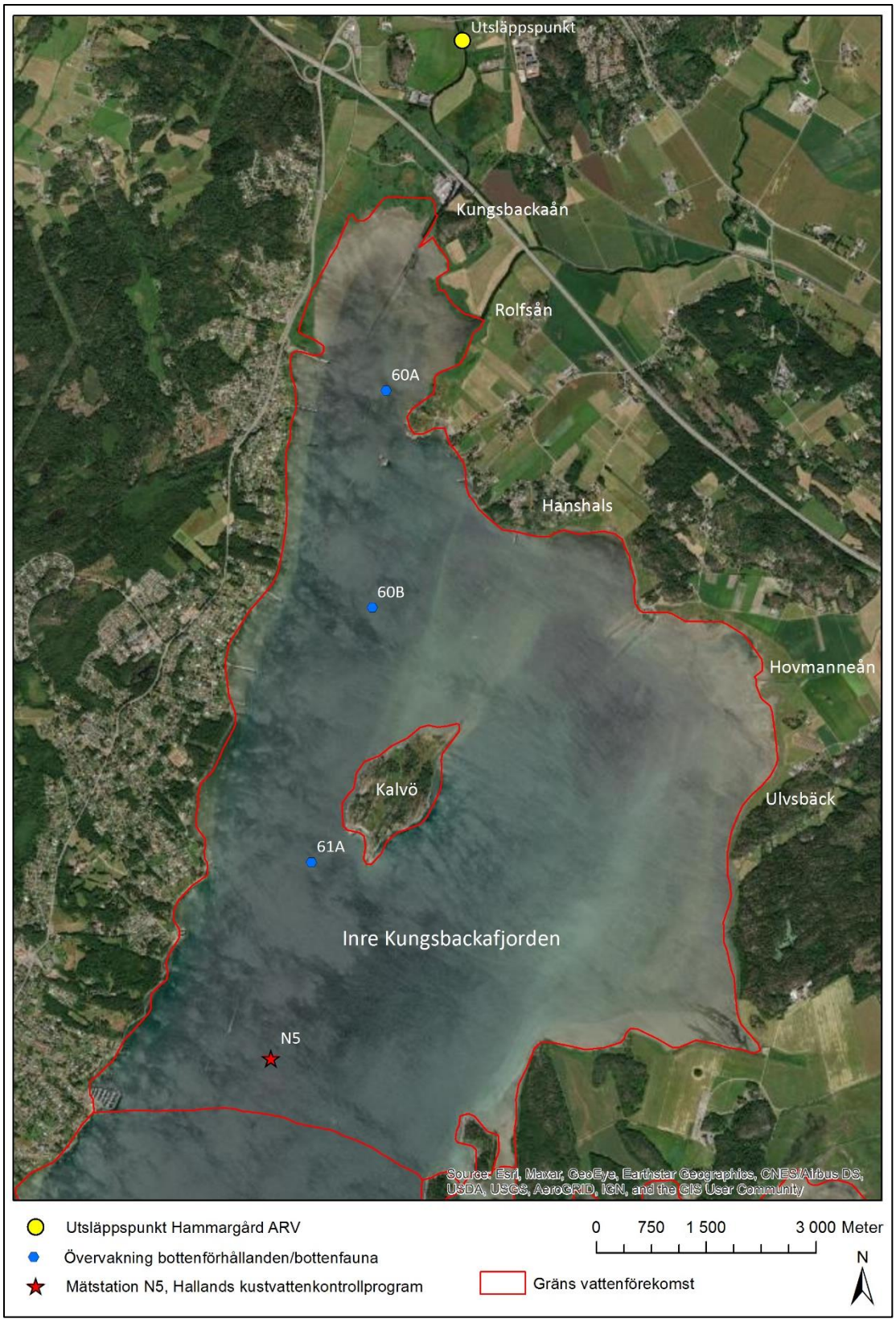
Inventeringen 2021 visade att utbredningen av ålgräs minskat i Inre Kungsbackafjorden främst till följd av en minskad djuputbredning (Andersson och Bergkvist 2019). Av den anledningen diskuteras vad som kan orsaka en minskad djuputbredning, såsom försämrat siktdjup och ökad organisk belastning, vilket får betydelse för bedömningen av påverkan från en ökad tillförsel av näringsämnen. Avsnittet avslutas med en bedömning av kompletteringspunkterna 1 och 4 utifrån den information som tagits fram.

2.1 Beskrivning av bottenförhållanden, flöden och strömmar

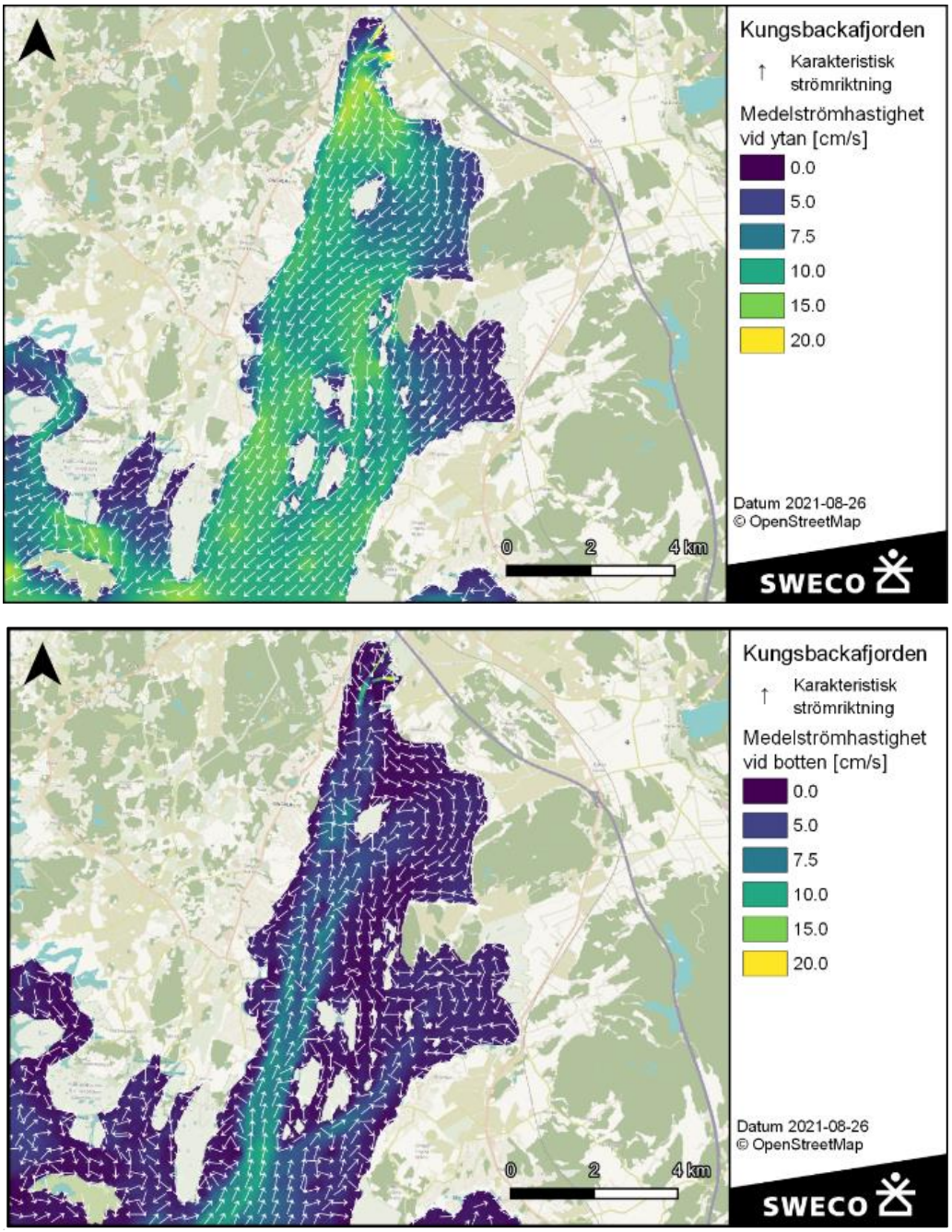
Recipientområdet för Hammargård ARV, vattenförekomsten Inre Kungsbackafjorden, är ett estuarium där de huvudsakliga tillflödena, Kungsbackaån och Rolfsån, mynnar i den innersta delen av fjorden vilket ger området ett utsötat ytvatten (figur 1).

Stora delar av Inre Kungsbackafjorden utgörs av grunda områden med ler- och sandbottnar. Medeldjupet i fjorden ligger på 3 meter och över 90 % av den totala volymen utgörs av bottnar mellan 0–10 m (Ruist m. fl. 2009). Maxdjupet i Inre Kungsbackafjorden är 19 meter. Det största grundområdet (0–1 m) förekommer i den nordöstra delen av fjorden, innanför Kalvö. Bottnarna utgörs av finsand som har karakteriserats som erosionsbottnar med exponering för vind och vågor (Göransson och Olsson 2015). Inre Kungsbackafjorden är ett relativt öppet havsområde och har en vattenomsättning på några dagar enligt SMHI:s kustzonsmodell (Ruist m.fl. 2009), enligt VISS är vattenomsättningen i kategorin 0–9 dagar.

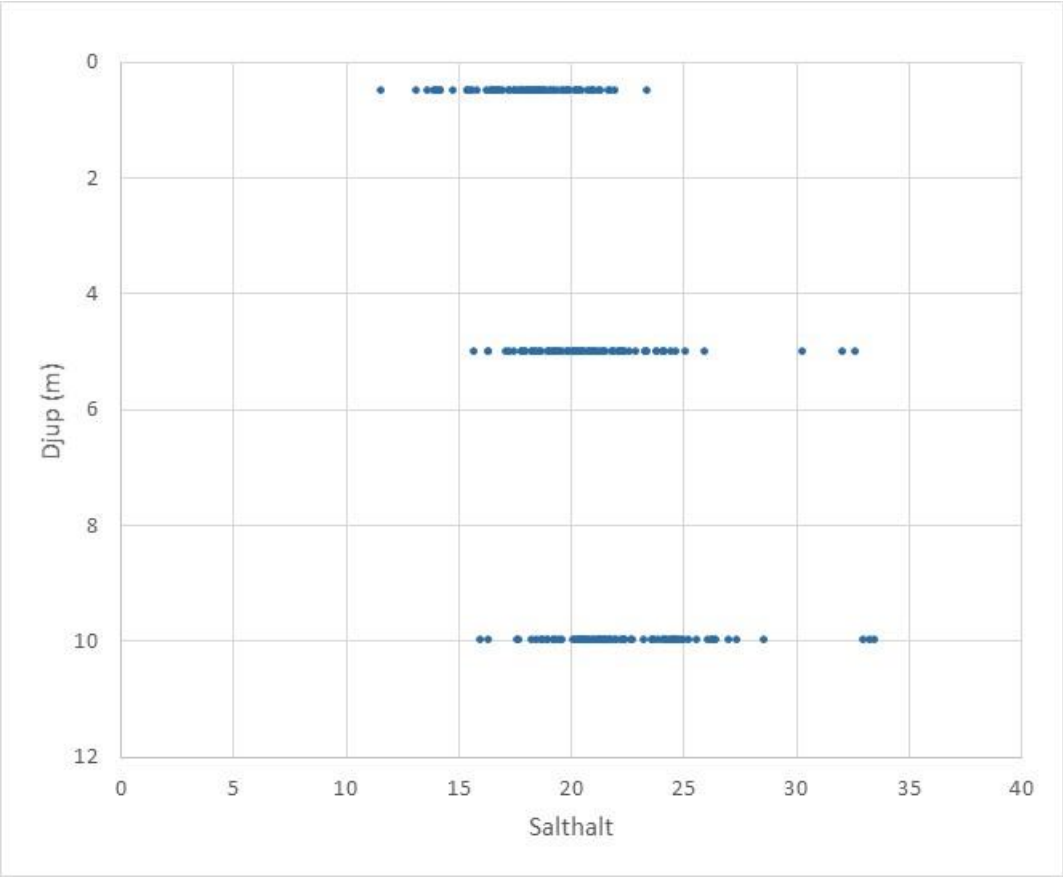
Strömmarna vid ytan varierar, men karakteristiskt sker en ström i sydlig riktning från fjordens inre delar och utåt (figur 2) (Dahlström m.fl. 2020). Vid botten är strömmen relativt stabil och går i nordlig riktning vilket medför att saltare djupvatten förs in i fjorden. Tillförseln av saltare djupvatten och utsötat ytvatten medför att ett språngskikt bildas, vilket kan variera i vertikalled med tiden. Data från station N5 i Inre Kungsbackafjorden tyder på ett språngskikt mellan ca 0,5 och 5 meters djup under sommaren (figur 3).



Figur 1. Flygbild över Inre Kungsbackafjorden med vattenförekomstens avgränsning, förekommande vattendrag, reningsverkets utsläppspunkt och övervakningsstationer för bottenförhållanden och vattenprovtagning i Hallands kustvattenkontrollprogram. Källa flygfoto: ESRI, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, Aerogrid, IGN, and the GIS User Community.



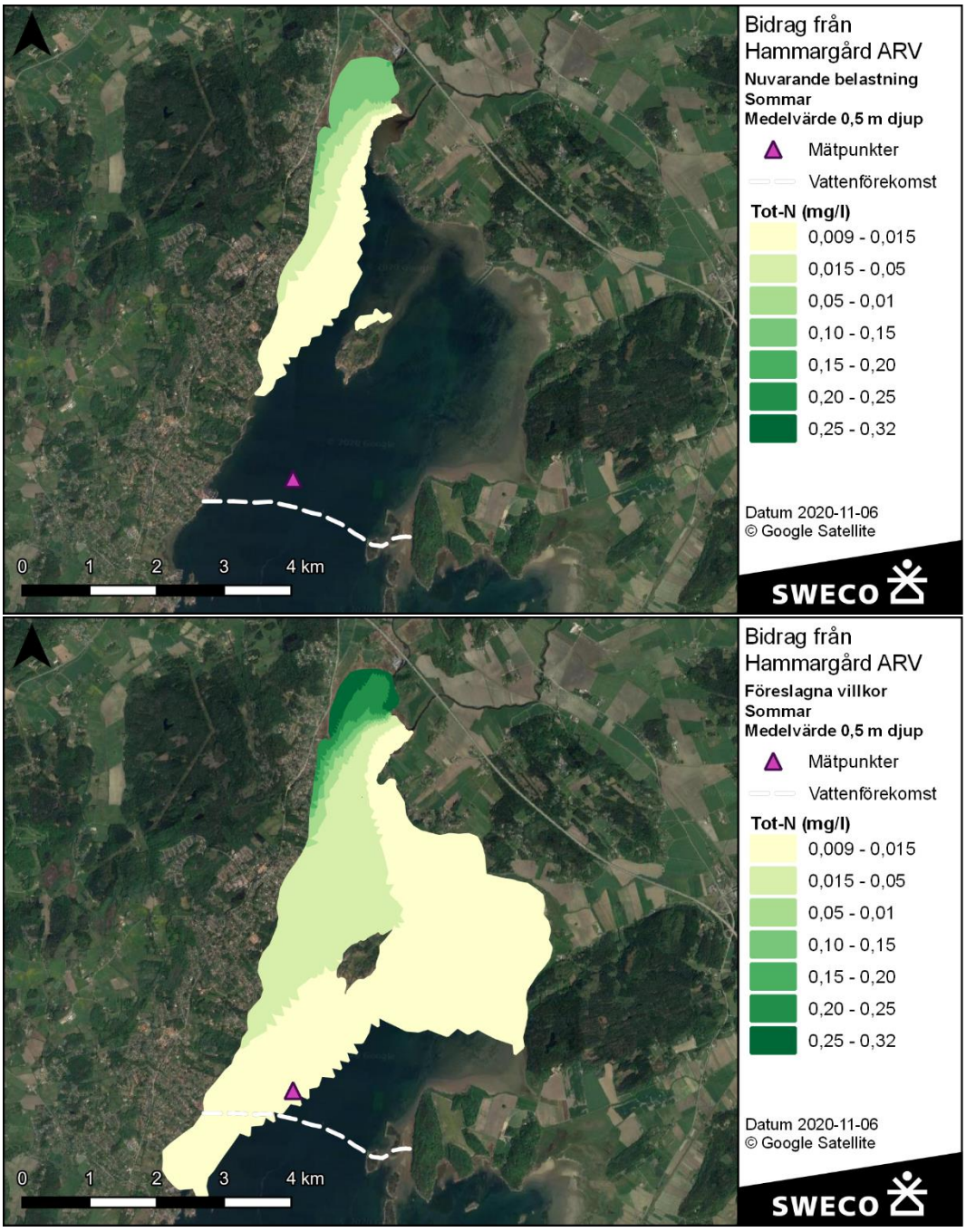
Figur 2. Strömningsmönster av karakteristiska strömmar för ytvatten (övre) och vid botten (nedre) i Kungsbackafjorden. Notera att strömriktningarna i kartorna är ögonblicksbilder som har bedömts som karakteristiska för fjorden. Figur skapad av Sweco 2021.



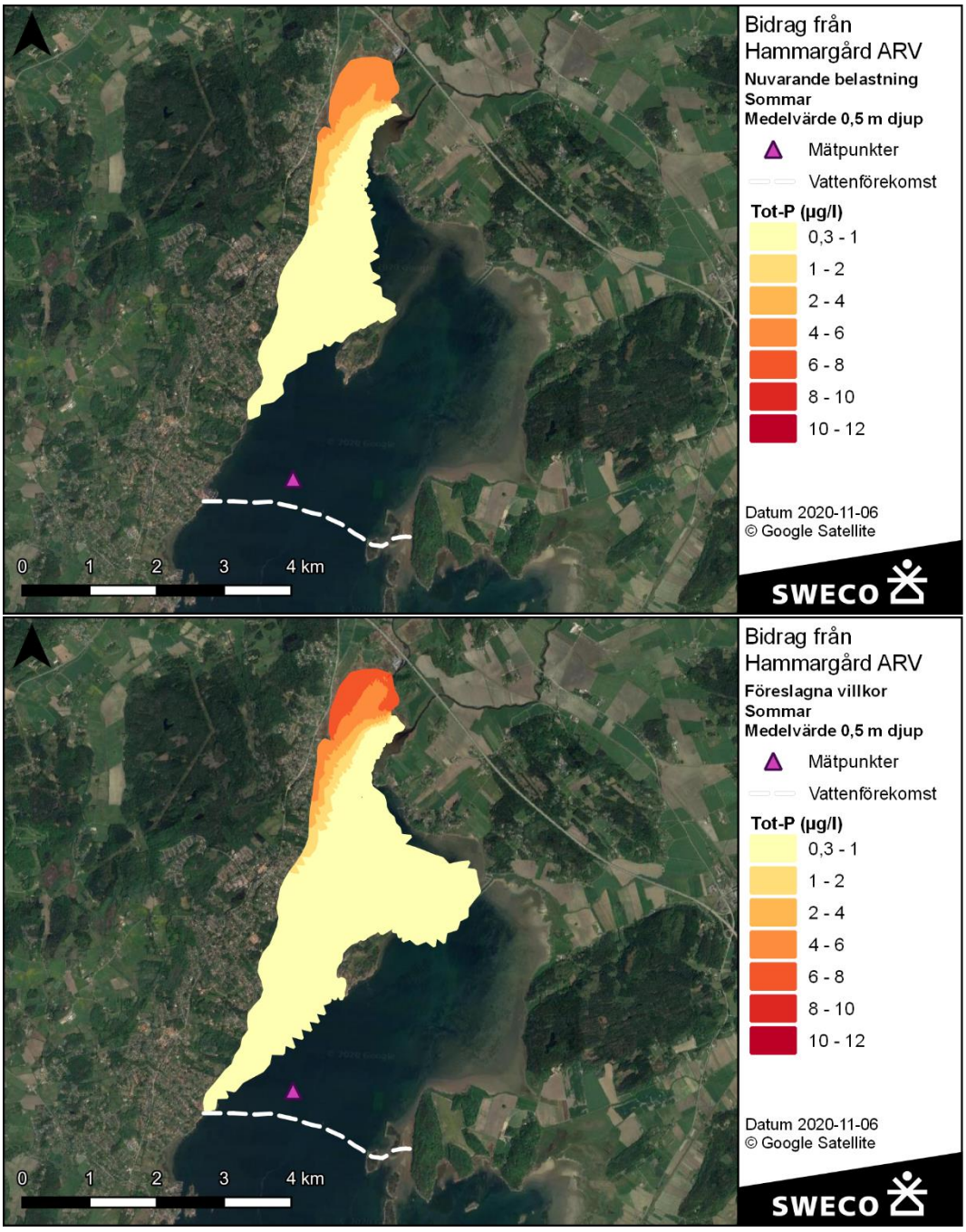
Figur 3. Mätningar av salthalt på station N5 i Inre Kungsbackafjorden under sommaren (juni-aug) mellan åren 1993–2020. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).

2.2 Spridning av Hammargård ARVs utsläpp

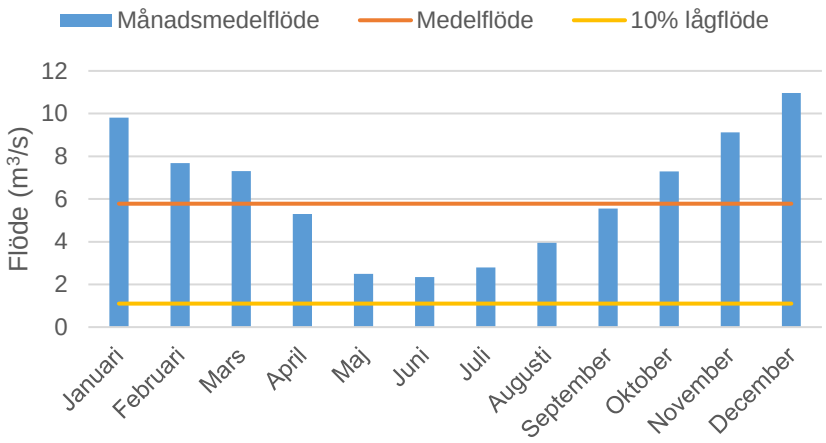
Modellering av transporten av utsläpp från Hammargård ARV visar att koncentrationerna av kväve och fosfor från reningsverket generellt sprids längs Kungsbackafjordens västra kust under året (figur 3 och 4). Under sommaren minskar utflödet i Rolfsån och Kungsbackaån, vilket tillsammans med västliga vindar medför att spridningen av näringsämnen från reningsverket österut är större. Rolfsån styr till stor del hur hög omblandning det är i fjorden. På sommaren när tillflödet från vattendragen är lägre innebär det att spridningen av näringsämnen från reningsverket förändras och även utspädningen är lägre (figur 5 och 6). Den modellerade spridningen av näringsämnen vid 10 % lågflöde i vattendragen kan ge en bild av hur spridningen ser ut under sommarmånaderna. Notera dock att flödet under sommaren generellt sett är ca 2–3 gånger högre än det simulerade lågflödesscenariot och haltbidraget från Hammargård ARV därmed kommer vara lägre än de koncentrationer som visas i figur 6.



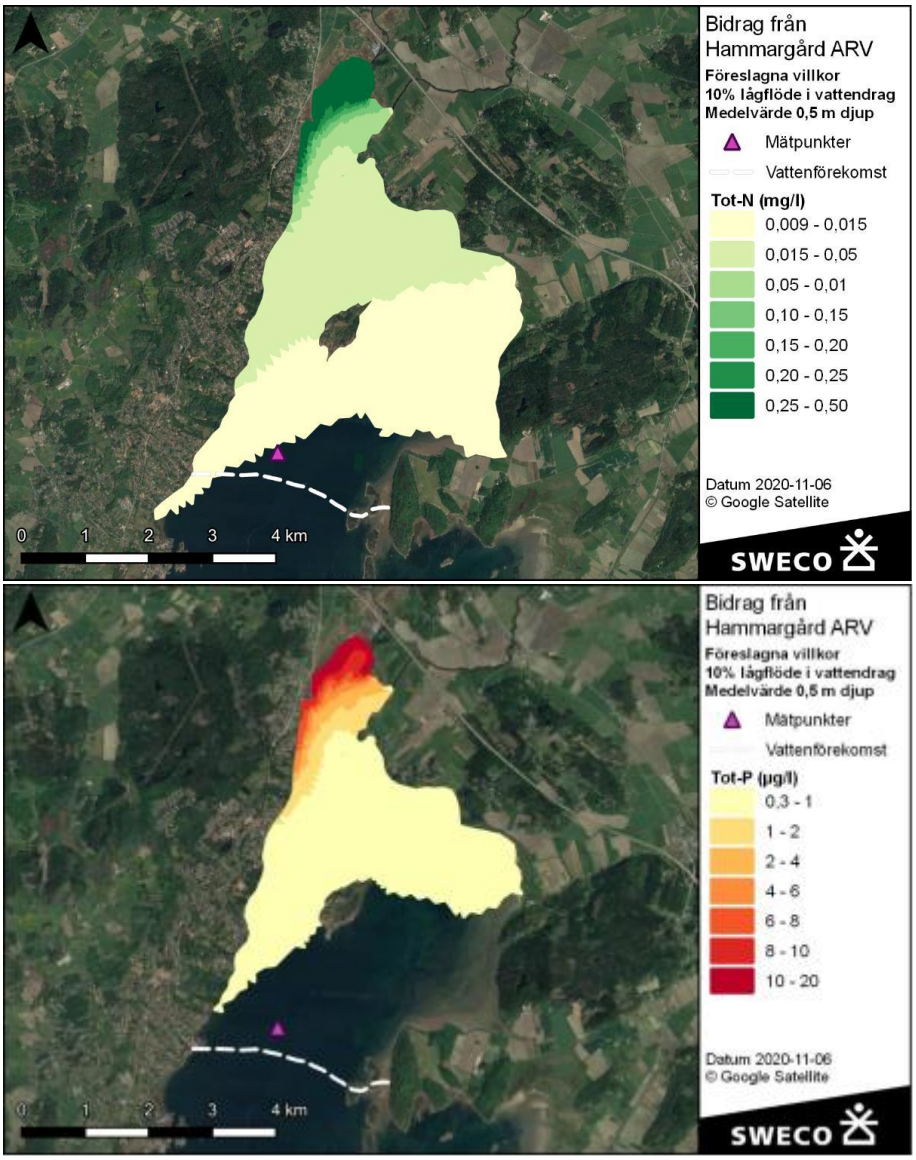
Figur 3. Hammargård ARVs bidrag av totalkväve (mg/l, medelvärde sommar på 0,5 m djup) till Inre Kungsbackafjorden för nuvarande belastning (övre) och föreslaget villkor (nedre). Spridningen är baserad på Kungsbackaåns medelflöde under året. Figur från Dahlström m.fl. (2020).



Figur 4. Hammargård ARVs bidrag av totalfosfor (µg/l, medelvärde sommar på 0,5 m djup) till Inre Kungsbackafjorden för nuvarande belastning (övre) och föreslaget villkor (nedre). Spridningen är baserad på Kungsbackaåns medelflöde under året. Figur från Dahlström m.fl. (2020).



Figur 5. Medelflöde i Kungsbackaån presenterat per månad. Medelflöde för hela året och 10 % lågflöde presenteras som linjer. Figur från Dahlström m.fl. (2020).



Figur 6. Hammargård ARVs bidrag av totalkväve (mg/l) (övre) och totalfosfor (µg/l) (nedre), medelvärde sommar på 0,5 m djup, till Inre Kungsbackafjorden för föreslagna villkor vid 10 % lågflöde i vattendragen. Figur från Dahlström m.fl. (2020).

2.3 Vegetation och utbredning av fintrådiga alger i Inre Kungsbackafjorden

I Inre Kungsbackafjorden har utbredning av makroalger och ålgräs (*Zostera marina*) inventerats i september 2021 (Andersson och Bergkvist 2021) och i juli respektive augusti 1999 (Karlsson 1999).

Baserat på inventering av ålgräs i Inre Kungsbackafjorden i september 2021 har ålgräsets areella utbredning minskat drastiskt sedan inventeringen 1999 (ca 60 %), vilket främst beror av en minskad djuputbredning. Tidigare påträffades ålgräs ner till 6,5 meter, vilket indikerar en *God* status. Vid årets inventering förekom ålgräs som djupast ner till 3,8 meter, vilket indikerar en *Måttlig* status. I grundområdet längst in där Kungsbackaån mynnar ut, och som bedöms vara mest påverkat av vattendragen och Hammargård ARVs utsläpp, noterades ålgräs ner till 2,7–3,0 meter, vilket indikerar *Otillfredställande* (på gränsen till *Måttlig*) status. Även längs den västra sidan av Inre Kungsbackafjorden och öster om Kalvö indikerar djuputbredningen *Otillfredställande* status (2,5–2,7 meters djup). Inom alla dessa tre områden noterades år 1999 ålgräs ner till 4–5 meters djup, motsvarande *Måttlig* status. Det är viktigt att poängtera att vegetationens djuputbredning kan påverkas av att området utgörs av en estuariemiljö med sötvattensutflöden, vilket kan inverka på miljöstatusen.

Inventering av ålgräs i Inre Kungsbackafjorden har endast utförts vid två tillfällen vilket kan innebära att det finns en viss osäkerhet i hur stor del av ålgräset som faktiskt har försvunnit eftersom ålgräsets utbredning varierar naturligt mellan år. Djuputbredning av ålgräs har även studerats i Kungsbackafjorden inom den nationella miljöövervakningen för vegetation där liknande djuputbredning noterades 2020 som vid inventeringen 2021 (se vidare avsnitt 4). Den areella minskningen är så pass omfattande och det finns inget som tyder på att ålgräs tidvis förekommer djupare än vad inventeringen i september 2021 visar. Bedömningen blir således att ålgräsbestånden i Inre Kungsbackafjorden har minskat i utbredning och inte är ett resultat av en naturlig variation.

Lokaler där makroalger inventerades i september 2021 ligger i den yttre delen av vattenförekomsten där påverkan från vattendragen minskar och utbredningen av fintrådiga alger inte är lika påtaglig (figur 8). På lokalerna bedöms även vattenutbytet vara bra i jämförelse med de inre grundområdena. Makroalgssamhället dominerades av rödalger men det förekom även tångbälten (*Fucus* spp.) vid ytan och enstaka exemplar av ektång (*Halidrys siliquosa*) och skräppetare (*Saccharina latissima*) noterades. Makroalgssamhället bedöms inte ha förändrats nämnvärt över tid på dessa förhållandevis grunda hårdbottnar. Tångbälten förekom något djupare vid inventeringen 1999 men den största skillnaden är att ålgräs försvunnit på två av lokalerna och att en musselbank har försvunnit sedan inventeringen 1999.

Vid inventeringen 2021 dokumenterades iögonfallande mycket fintrådiga brunalger som bildade täta mattor i ålgräsets bottenskikt och som på grunt vatten täckte plantorna från botten upp till ytan. Även flytande algmattor och botten med svavelväte dokumenterades. Förekomst av fintrådiga alger är vanligt förekommande i grunda vikar längs västkusten, framför allt i skyddade områden. Mängden fintrådiga alger kan variera mellan år men det finns flera indikationer på att dessa algmattor förekommer frekvent i delar av Inre Kungsbackafjorden. Tidigare har det rapporterats om flytande algmattor och svavelväte och den fleråriga vegetationen har minskat inom grundområden i delar av vattenförekomsten. Bedömningen är att det råder en kraftig övergödningssituation i Inre Kungsbackafjorden.

Trots att djuputbredningen hos ålgräs minskat och höga tätheter av fintrådiga alger förekom vid tidpunkten för inventeringen 2021 dokumenterades täta ålgräsängar i delar av området, bland annat i den innersta delen av Kungsbackafjorden som är påverkad av Hammargård ARVs utsläpp av näringsämnen och de två stora vattendragen, Kungsbackaån och Rolfsån. Dessa ängar noterades

främst djupare än 1,5 meter där utbredningen av fintrådiga alger inte var lika påtaglig. På ålgräsbladen noterades även ålgräsros (*Sagartiogeton viduatus*) och små snäckor. Kvalitén på ålgräset bedöms som god.

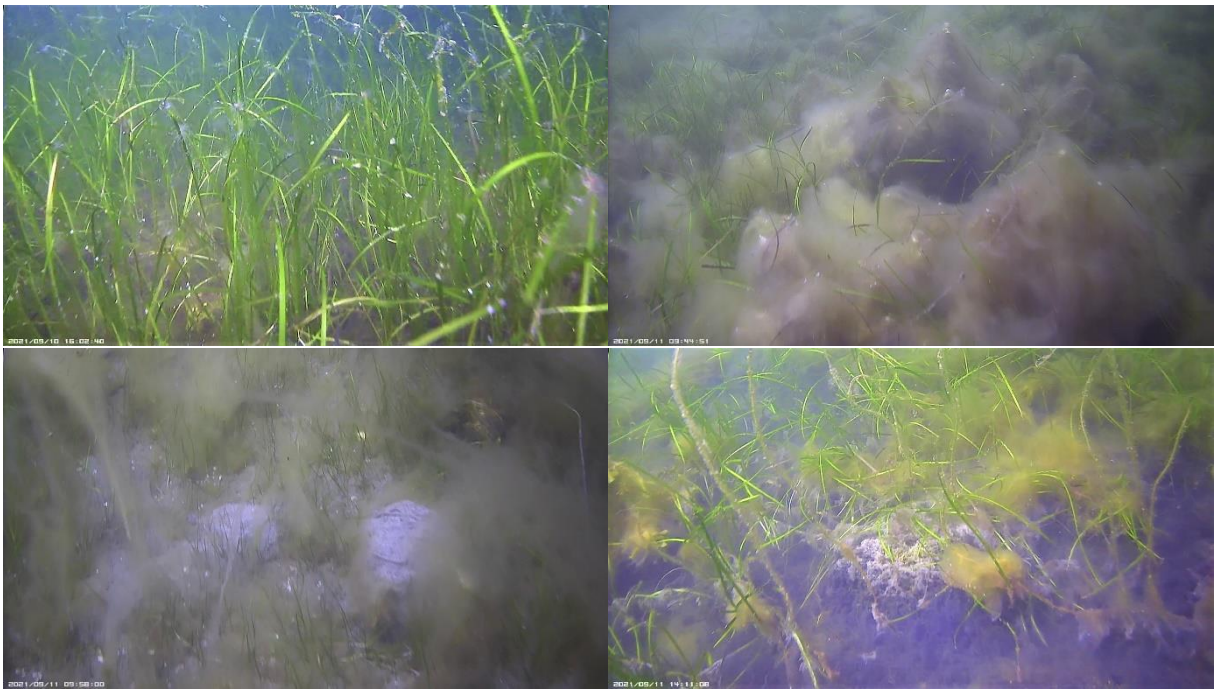
En anledning till att livskraftiga ålgräsbestånd förekommer trots en hög näringsbelastning och påtagligt mycket fintrådiga brunalger bedöms vara ett resultat av ett bra vattenutbyte och syresättning av de grundaste bottnarna. Det innebär att det organiska materialet kan brytas ner under hösten utan att nämnvärt påverka syrehalterna i sedimentet eller produktionen vid nästföljande tillväxtsäsong. Mattorna av fintrådiga alger kan även transporteras bort från grundområdena vid höststormar och kan vid nedbrytning påverka syrehalterna på djupare ackumulationsbottnar. Vid en inventering inom grundområdet i anslutning till Kungsbackaåns mynning i november 2020 dokumenterades förhållandevis lite fintrådiga alger (Egriell 2020) vilket styrker bedömningen att de fintrådiga algerna delvis försvinner från området och påverkar således inte nästföljande tillväxtsäsong. Ålgräs klarar kortare perioder med syrebrist då de kan transportera ner syre till rhizom och rötter från bladen men blir syrebristen och den höga organiska belastningen mer permanent kan ålgräset inte överleva.

Det finns områden norr och nordost om Kalvö där hög förekomst av svavelväte och svavelvätebakterier indikerar en sämre vattenomsättning. Inom detta område har ålgräset minskat i utbredning även i anslutning till den inre utbredningsgränsen (0,8—1 meters djup). Syrebrist, giftigt svavelväte och förlust av vegetation på dessa grunda bottnar bedöms vara ett resultat av nedbrytning av organiskt material i kombination med dålig vattenomsättning. Vid den inre utbredningsgränsen är ålgräset kortväxt och mer känsligt för övertäckning under längre perioder. Övertäckning minskar både ljustillgång och ålgräsets förmåga att ta upp och transportera syre ner till jordstammar och rötter vilket i sin tur kan leda till sulfidförgiftning som dödar ålgräset. Djupare där täta ålgräsbestånd påträffas är plantorna längre och de fintrådiga algerna förekommer i ålgräsets bottenskikt, vilket innebär att ålgräset fortfarande kan nyttja ljuset och ta upp syre.

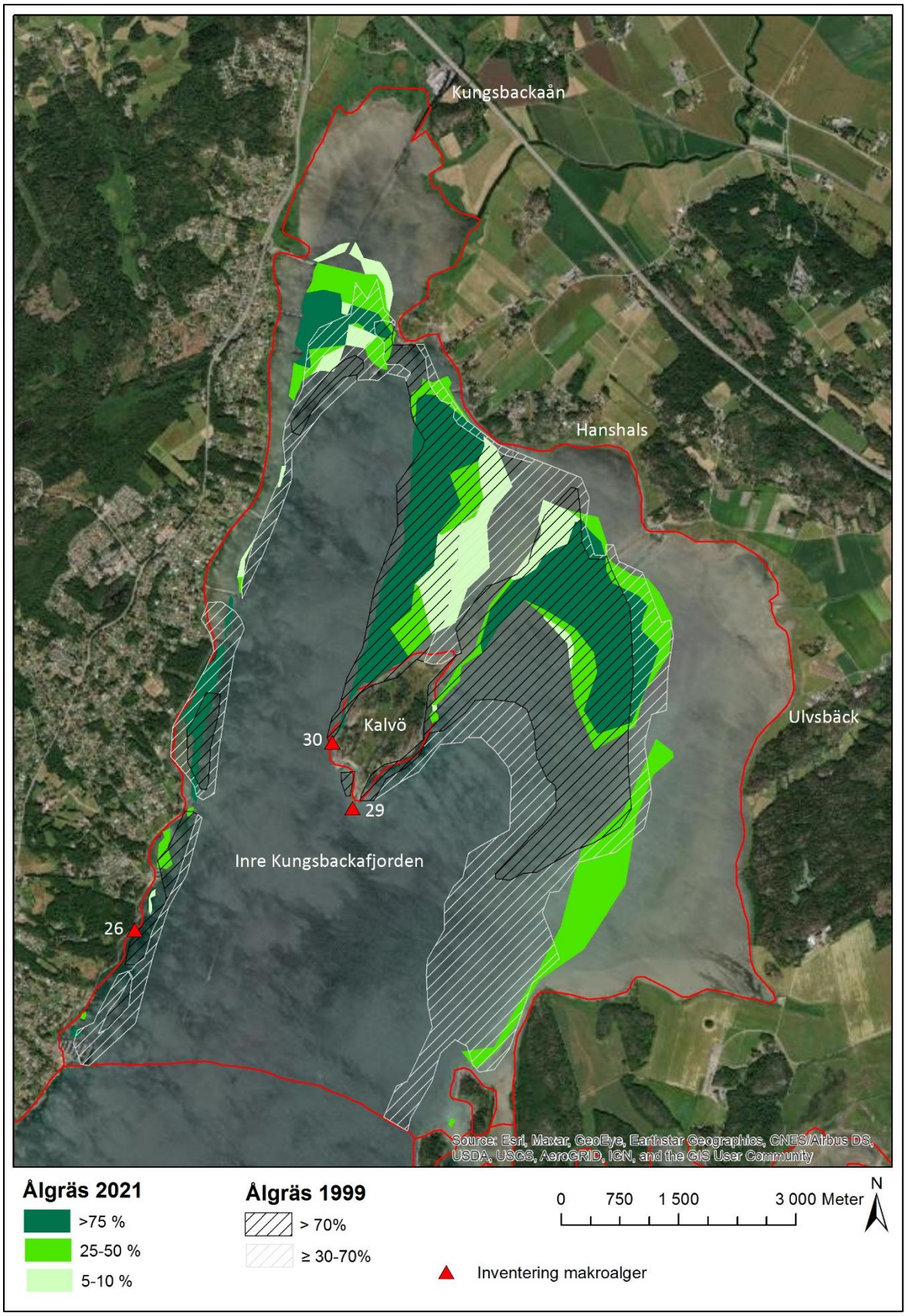
Det organiska materialet som ansamlas på bottnarna inom Inre Kungsbackafjorden utgörs inte bara av fintrådiga alger som gynnas av övergödning utan även av losslitna fleråriga rödalger som förbrukar syre vid nedbrytning. Ansamling av fleråriga makroalger på sedimentbottnar, vilket till viss del är en naturlig process, är inget som tillkommit på senare år utan förekom även vid inventeringen 1999 och är generellt vanligt förekommande i delar av Hallands kustvatten. Minskningen av ålgräs vid den inre utbredningsgränsen indikerar således att en hög belastning av organiskt material till följd av övergödning har en negativ inverkan på den fleråriga vegetationen i Inre Kungsbackafjorden.

Baserat på en samlad bedömning av vegetationen från inventeringen 2021 och bottenförhållandena klassificeras miljöstatusen för kvalitetsfaktorn Makroalger i Inre Kungsbackafjorden till *Måttlig* status. Miljöstatusen baseras på en expertbedömning då makroalgers maximala djuputbredning inte kan inventeras i den förhållandevis grunda vattenförekomsten varpå de nationella bedömningsgrunderna inte går att använda fullt ut (HVMFS 2019). Expertbedömningen har främst tagit hänsyn till utbredning och artsammansättning av makroalger samt ålgräsets djuputbredning och kvalitet. Även inverkan från yttre påverkansfaktorer såsom exponeringsgrad, förekomst av fintrådiga alger och dåliga syreförhållanden på bottnarna har inkluderats i klassificeringen av miljöstatus. Även att området utgörs av en estuariemiljö påverkat av sötvattenutflöde har beaktats.

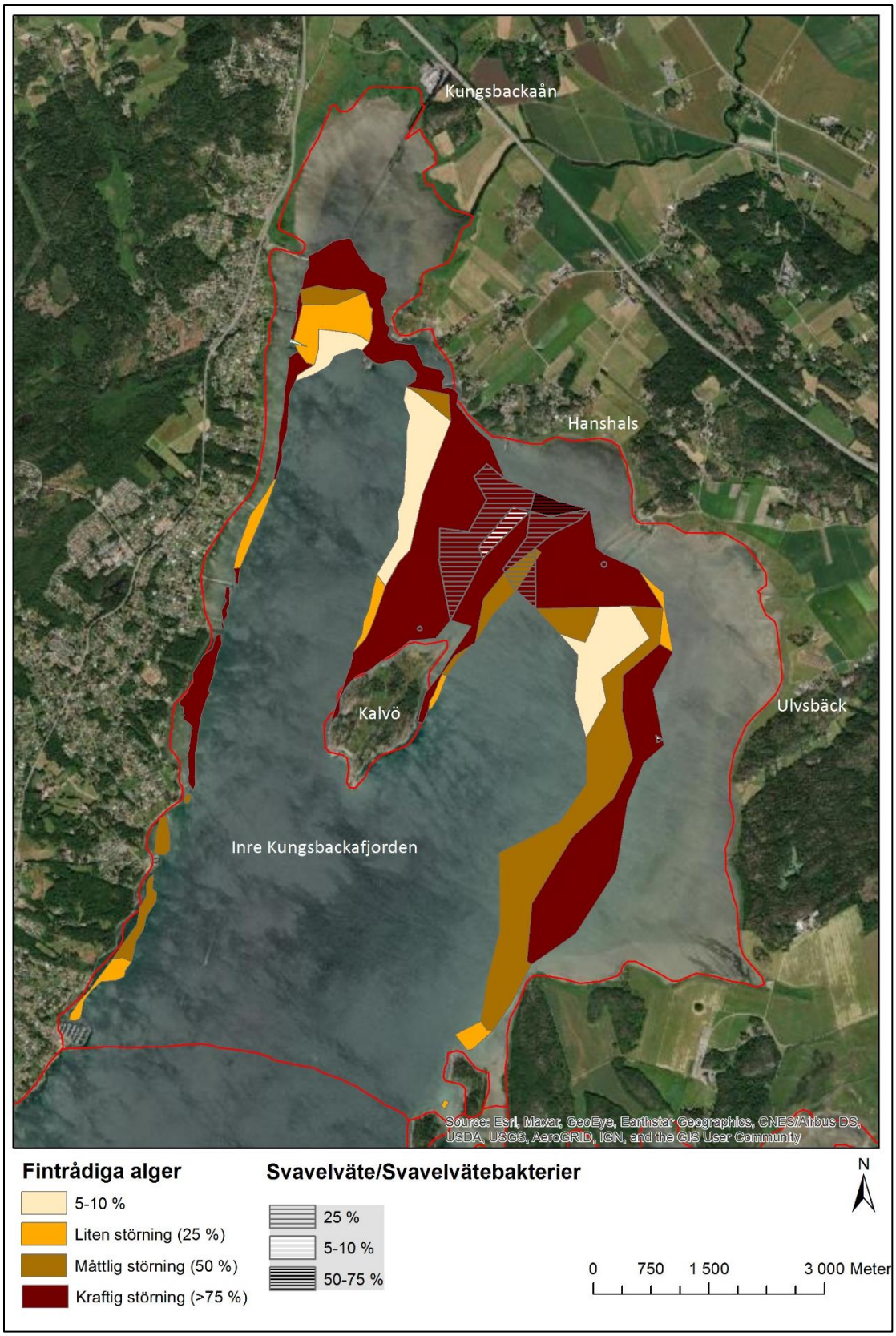
Illustrativa bilder från inventeringen 2021 presenteras i figur 7 och resultaten från inventeringen 2021 med avseende på utbredning av ålgräs, fintrådiga alger och svavelväte presenteras i figur 8 och 9.



Figur 7. Bilder från inventeringen av ålgräs 2021 i Inre Kungsbackafjorden. På bilderna syns både livskraftiga bestånd av ålgräs med sjögräsanemon (Sagartiogeton viduatus) på bladen (övre till vänster), utbredning av fintrådiga alger i ålgräs (övre till höger) och natingängar (nedre till vänster) samt förekomst av svavelväte och svavelvätebakterier bland ålgräset (nedre till höger). Foto: ©Marine Monitoring AB.



Figur 8. Utbredning av ålgräs i Inre Kungsbackafjorden samt stationer där makroalger inventerades. Notera att det endast är områden med ålgräs som har inventerats, där den inre utbredningsgränsen motsvarar djup 0,8-1 m. Det innebär att utbredning av andra marina kärlväxter såsom nating (Ruppia spp.*) och dvärgbandtång (Zostera noltii) inte ingår i utbredningskartan av vegetation. Bild från Andersson och Bergkvist 2021. Källa flygfoto: ESRI, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, Aerogrid, IGN, and the GIS User Community.*



Figur 9. Utbredning av fintrådiga alger och svavelväte i Inre Kungsbackafjorden. Notera att det endast är ålgräsets utbredning som har inventerats där den inre utbredningsgränsen motsvarar djup 0,8-1 m. Utbredningskartan innefattar således inte utbredning av fintrådiga alger på de allra grundaste områdena. Bild från Andersson och Bergkvist 2021. Källa flygfoto: ESRI, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, Aerogrid, IGN, and the GIS User Community.

2.4 Miljöövervakning och miljöstatus

I övervakningssyfte utförs vattenprovtagning månadsvis på ett antal stationer längs med Hallandskusten och Bohuskusten, inom så kallat kustvattenkontrollprogram. Vattenproverna analyseras på bland annat närsalter, klorofyll och syre och på stationerna tas även siktdjup. Stationernas placering ligger i regel i öppna och djupa områden längs med kusten (figur 10).

Inom Hallands Kustvattenkontrollprogram provtas fem stationer varav två ligger i Kungsbackafjorden (N5 och N6). Vattenprov tas i ytan och därefter vart femte meter. Inom Bohuskustens kustvattenkontrollprogram provtas varje djupmeter på 15 stationer.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län provtar även grunda vikar under sommar och vintermånaderna. Provtagningen har utförts under tidsperioderna, 2009–2011, 2016–2018 och 2020-pågående, och data har sammanställts för de två första perioderna (Erlandsson 2021). Syftet med provtagningen är att få en tydligare uppfattning av den ekologiska miljöstatusen i skyddade grundområden. Programmet innefattar 28 stationer med ett maximalt djup mellan 4 och 10 meter.

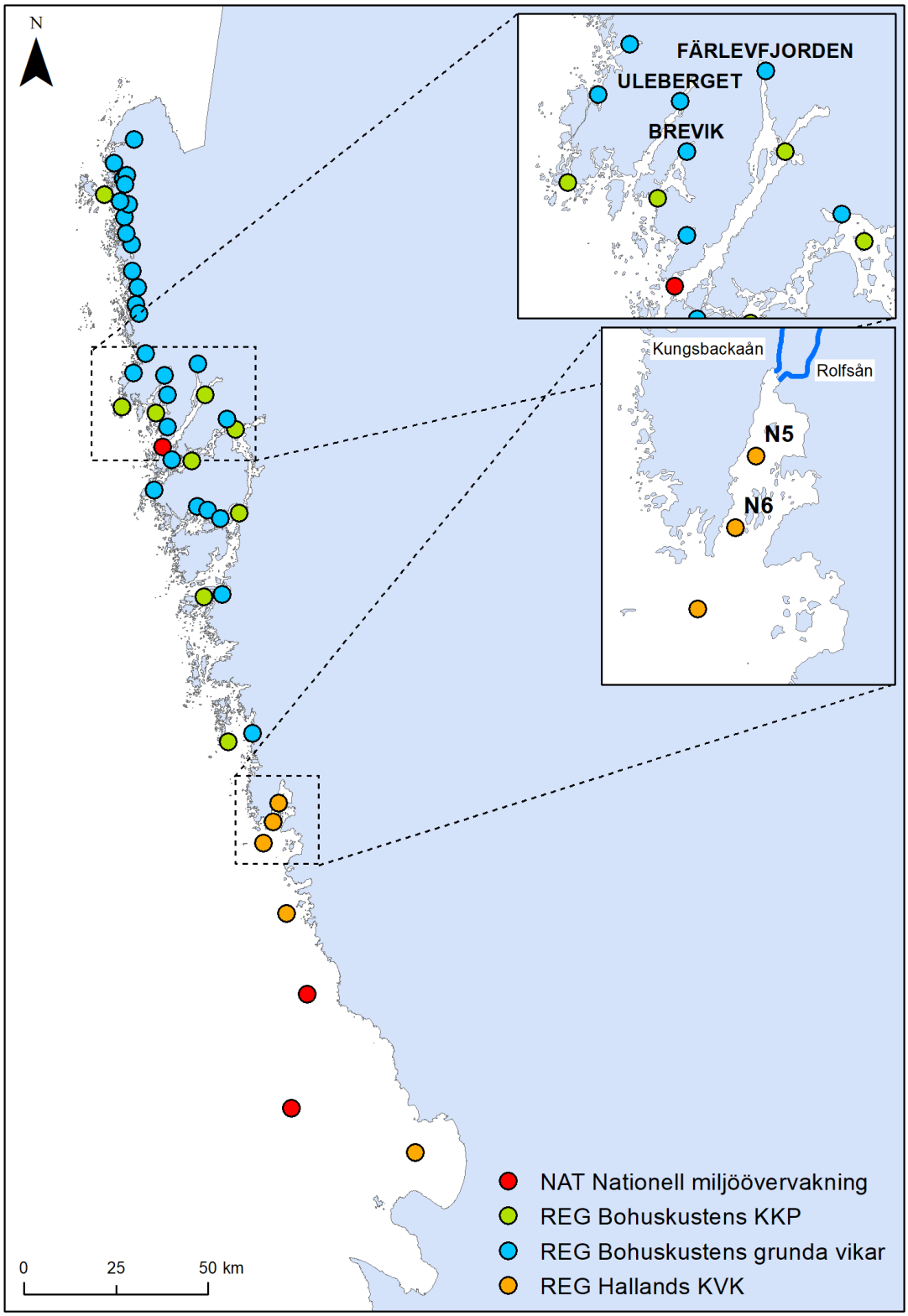
2.4.1 Trender

Inom båda kustvattenprogrammen har trendanalyser utförts. För Bohuskusten baseras trendanalysen på data mellan åren 1990–2019 och för Hallandskusten för åren 1993–2019.

I Hallands kustvatten finns en nedåtgående trend för totalkväve sedan 2002 och för totalfosfor sedan 2005. Halterna av oorganisk fosfor (fosfat, DIP) och kväve (nitrit, nitrat och ammonium, DIN) har varierat mycket över tid och några tydliga trender har inte kunnat detekterats i Västerhavet generellt. I Halland har dock fosfat minskat på några av lokalerna (N7 och N13) och sedan 1993 finns en signifikant minskande trend av oorganiskt kväve i ytvattnet (Mattson m.fl. 2020).

Även längs Bohuskusten finns en signifikant nedåtgående trend av koncentrationerna i vattnet av totalkväve, oorganiskt kväve och oorganisk fosfor. En minskande trend noterades även för totalfosfor fram till 2009, men på senare år har totalfosfor i stället ökat på majoriteten av mätstationerna längs Bohuskusten (Edman 2017, 2020). Förhöjda koncentrationer av fosfor kan relateras till låga syrehalter då fosfatjoner löses ut från sedimenten och transporteras till ytvattnet.

På station N5 i Inre Kungsbackafjorden finns signifikanta nedåtgående trender för både totalkväve och oorganiskt kväve samt för totalfosfor och klorofyll. För fosfat (oorganiskt fosfat) finns dock ingen nedåtgående trend.



Figur 10. Översiktskarta över provtagningsstationer inom nationell miljöövervakning och regionala kustvattenkontrollprogram. De in zoomade kartorna presenterar lokalisering av ett antal stationer som jämförs med Inre Kungsbackafjorden i avsnitt 4.2 samt lokaliseringen av den regionala övervakningen i Kungsbackafjorden (station N5 och N6).

2.4.2 Nuvarande ekologisk status

Miljöstatusen i Inre Kungsbackafjorden baseras på bedömningar i vatteninformationsystem Sverige (VISS) och den senaste (2020) provtagningen i kustvattenkontrollprogrammet i Halland.

Den ekologiska statusen i Inre Kungsbackafjorden är i vatteninformationssystem Sverige (VISS, förvaltningscykel 3) klassad till *Måttlig*. Bedömningen baseras på den biologiska kvalitetsfaktorn Makroalger som har *Måttlig* status samt miljökonsekvenstypen Övergödning. I VISS framgår bland annat att området utgörs av en estuariemiljö vilket påverkar sammansättningen av makroalger och bedömningen är en expertbedömning som baseras på en provtagning 2013 på tre stationer. Under sommaren har det rapporterats in perioder med förekomst av flytande mattor av snabbväxande makroalger i delar av området. Det förekommer även stora mängder lösliggande fleråriga makroalger, främst rödalger, vilket orsakar syrebrist när de bryts ner. Detta bedöms till viss del vara en naturlig process.

Av övriga biologiska kvalitetsfaktorer bedöms statusen för Växtplankton som *Hög* medan statusen för Bottenfauna i vattenförekomsten inte är klassificerad i VISS. Detta med motiveringen att BQI index inte anses anpassat för erosionsbotten, grunda förhållanden, organisk belastning och sötvattenspåverkan. En statusklassning har däremot genomförts av Göransson (2021) vid en sammanställning av bottenfaunaprovtagningar som visar på en *Dålig* status.

I enlighet med VISS förvaltningscykel 3 (2017–2021, arbetsmaterial) baseras klassificeringen av miljöstatus för de Fysikalisk-Kemiska kvalitetsfaktorerna i regel på mätdata från åren 2013–2018. Samtidigt klassificerar Hallands kustvattenkontroll miljöstatusen årligen baserat på uppdaterade mätdata.

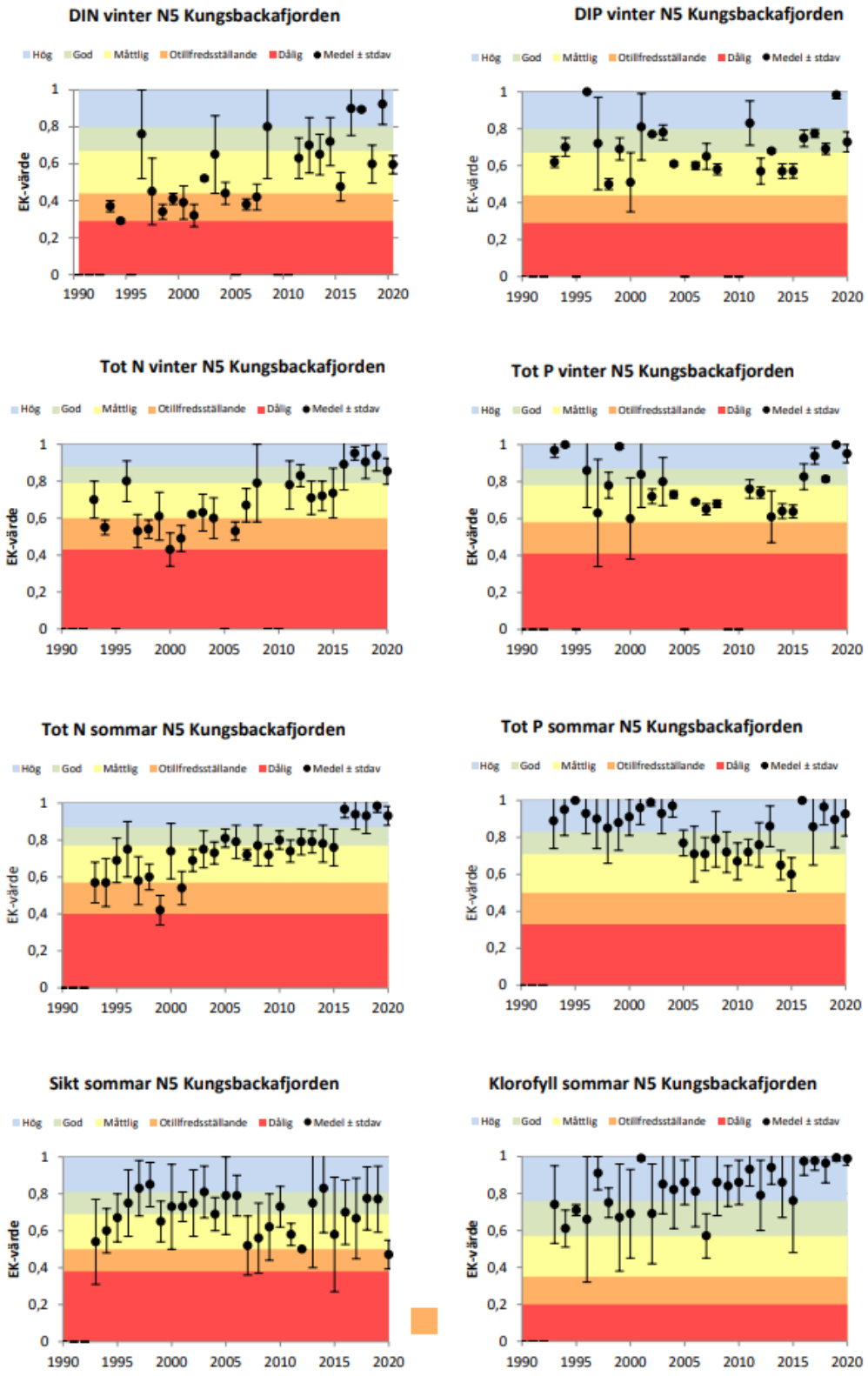
Klassificering av näringsämnen i Inre Kungsbackafjorden baseras på station N5. Totalkväve under sommaren och vintern är klassad som *God Status* i VISS och till *Hög* utifrån de senaste mätningarna i kustvattenkontrollen (Palmkvist m.fl. 2021). Totalfosfor under sommar är i VISS klassificerad som *Hög Status* och på vintern som *God*. Enligt mätdata från 2020 är status för totalfosfor klassificerad som *Hög* både under sommar och vinter. Oorganisk fosfor och kväve på vintern klassas som *Hög* i VISS men statusen har sänkts till *God* för oorganiskt kväve utifrån de senaste mätningarna.

Sedan mätningarna startade inom Hallands kustvattenkontrollprogram i början av 90-talet har miljöstatusen för kväve förbättrats medan miljöstatusen för fosfor har försämrats, åtminstone mellan åren 2005–2015. I samband med denna förbättring av kvävehalterna i vattenmassan har även statusen för klorofyll (växtplankton) förbättrats (Palmkvist m.fl. 2021, figur 11). Detta indikerar att produktionen av växtplankton är kvävebegränsat.

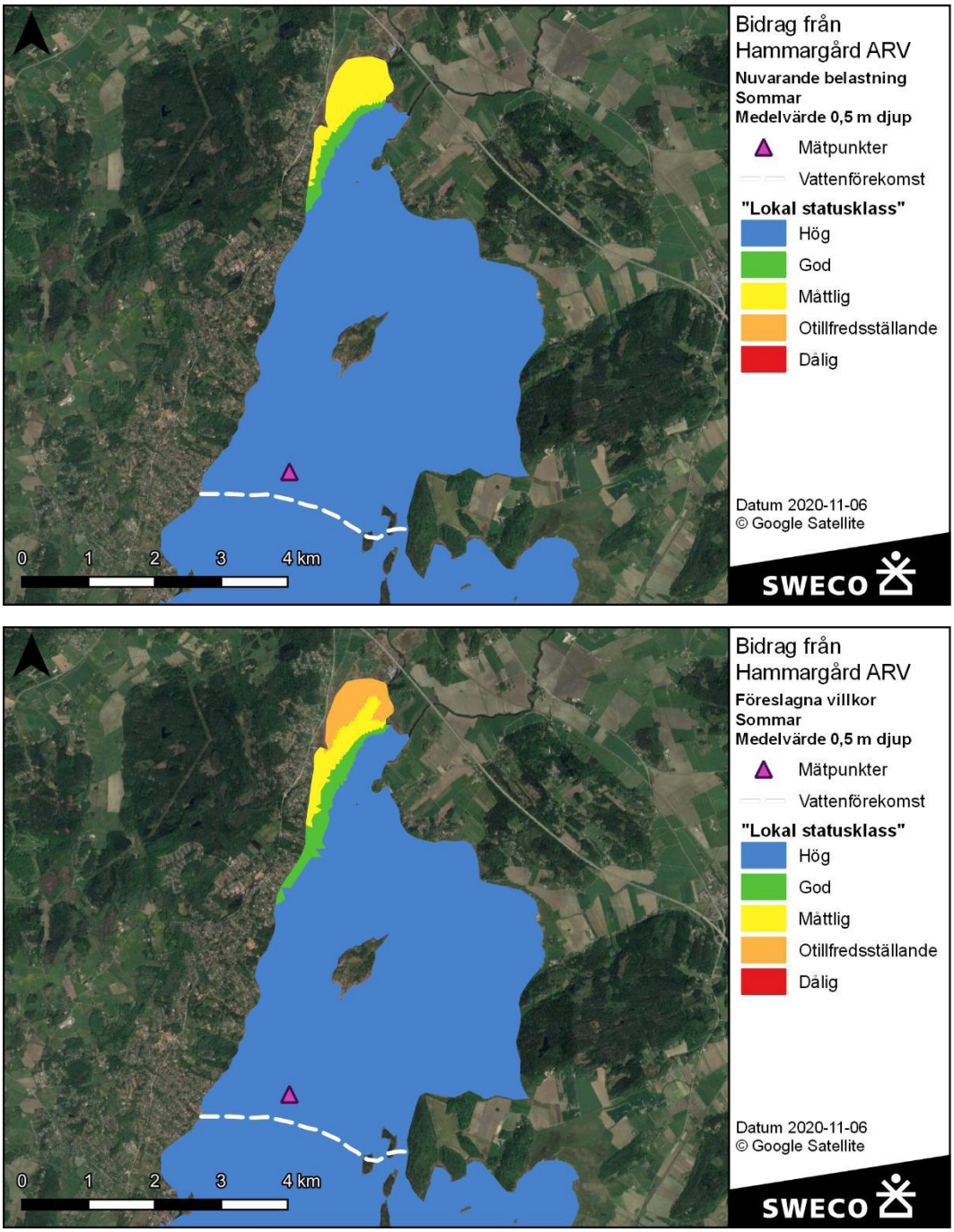
Sammantaget finns det mycket som tyder på att halterna av kväve och fosfor minskar i havet men trots nedåtgående trender och *God* till *Hög* status på näringsämnen i Inre Kungsbackafjorden har de biologiska kvalitetsfaktorerna *Måttlig* till *Dålig* status, vilket till stor del bedöms bero på den övergödningssituation som råder i Inre Kungsbackafjorden.

Då utsläppen från Hammargård ARV främst innebär förändrade koncentrationer av närsaltshalter i ytvattnet och då halterna i grunda vattnen är mest relevant för påverkan på vegetation, fokuserar följande utredning på närsaltskoncentrationer i ytvattnet (0,5 m djup).

Förändring i miljöstatus hos näringsämnen i ytvattnet i Inre Kungsbackafjorden vid föreslagna utsläppsvillkor har modellerats av Dahlström m.fl. (2020). Den modellerade miljöstatusen baseras på nuvarande och föreslagna utsläpp från Hammargård ARV vilka visar på som sämst *Otillfredsställande* status i den inre delen av fjorden (figur 12). I modellen har bakgrundshalterna från station N5 använts.



Figur 11. Förändring i miljöstatus baserat på provtagning inom Hallands kustvattenkontrollprogram, bilden är tagen ur årsrapporten 2020 (Palmkvist m.fl. 2021).



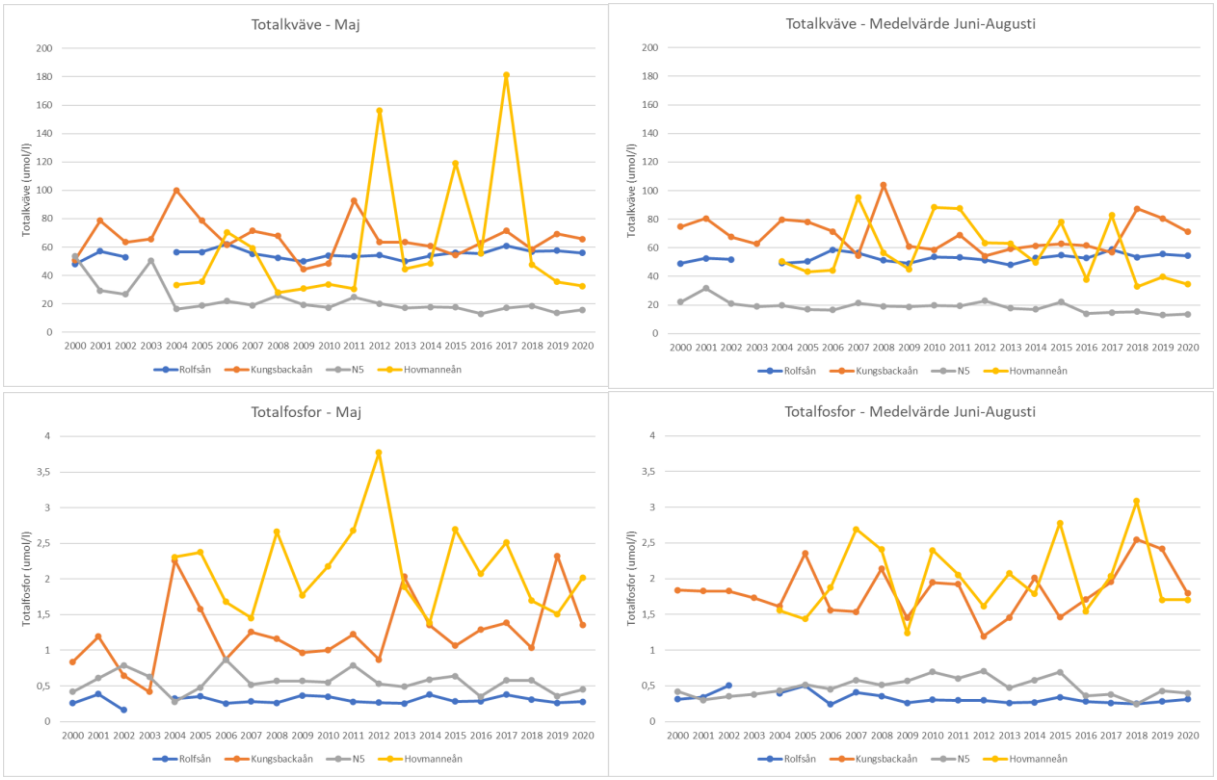
Figur 12. Modellerad miljöstatus för näringsämnen i Inre Kungsbackafjorden för Hammargård ARVs nuvarande belastning samt för verksamhetens föreslagna utsläppsvillkor. I figuren visas ett medelscenario för 0,5 meters djup baserat på medelvattenflöde under året. Notera att bakgrundsvärden är baserat på näringshalt vid N5. Figur från Dahlström m.fl. (2020).

2.4.3 Miljöförhållanden i innersta delen av Kungsbackafjorden

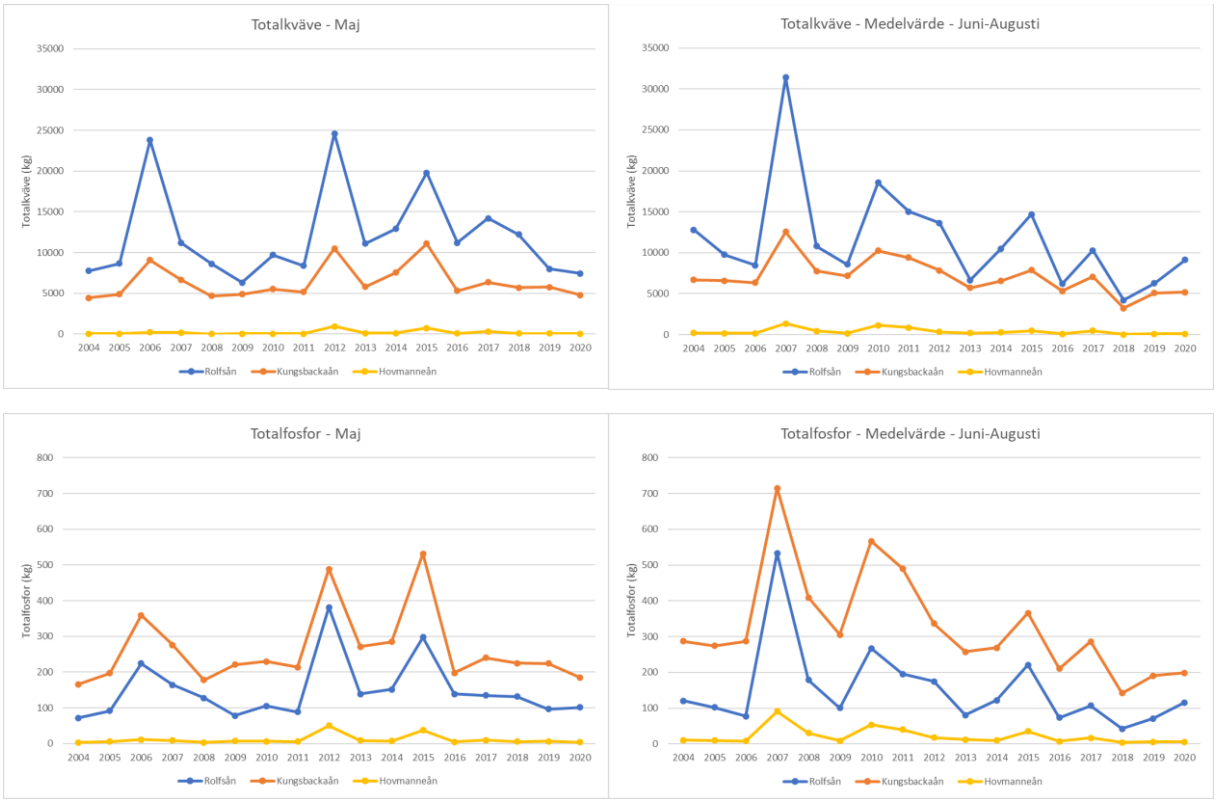
Fintrådiga alger påverkas främst av höga halter av näring i grundområden. I grundområdena förekommer även ängar av ålgräs och nating (*Ruppia* spp.). Klassificering av miljöstatus och bakgrundshalter i vattenförekomsten Inre Kungsbackafjorden baseras på mätningar på station N5 på djup mellan 0 och 10 meter. Station N5 är lokaliserad i den yttre delen av vattenförekomsten där vattenutbytet och utspädningen bedöms vara stor i förhållande till de inre grundområdena. I de inre delarna mynnar även två stora vattendrag som transporterar näring till havet. Båda vattendragen mynnar inom ett förhållandevis stort grundområde (vattendjup <1 m) där vattenflödet avstannar och näringen tidvis förväntas ackumulera. Halter av näringsämnen förväntas således vara högre inom grundområdena i Inre Kungsbackafjorden i förhållande till station N5, varpå stationen inte alltid är representativ för tillståndet på de grunda bottnarna som utgör större delen av vattenförekomsten.

Det saknas mätdata över förhållandena längre in i vattenförekomsten men det finns mätningar på näringshalter som transporteras till Kungsbackafjorden via de större vattendragen, Kungsbackaån och Rolfsån. Koncentrationer av näring på sommaren (juni-aug) i vattendragen kan ge en indikation på vilka förhållanden som råder inom grundområdena då vegetationen tillväxer. Mätdata på totalhalterna av kväve och fosfor finns från vattendragens utlopp, mellan 2000–2020 för Kungsbackaån och under 2000–2002, 2005–2006 och 2009 för Rolfsån. I figur 13 och 14 jämförs totalhalterna respektive mängderna (kg) av kväve och fosfor mellan de två vattendragen och provtagningsstation N5. Även Hovmanneån presenteras då halterna bedöms vara extremt höga och kan påverka det marina livet lokalt vid mynningen, samtidigt är flödet så pass lågt att den totala mängden blir förhållandevis liten. Notera att endast mätdata av totalhalterna av kväve och fosfor finns tillgängliga där en stor del är organiskt bundet och därmed inte biotillgängligt för vegetationen. Även mätdata från maj månad presenteras vilket kan ses som ett värde på tillgängliga halter innan tillväxt. Mätdata från Rolfsån är bristfällig men jämförelsen demonstrerar ändå att den troligen bidrar till en stor del av den sammanlagda tillförseln av totalkväve till Kungsbackafjorden, men samtidigt en mindre del av totalfosforn.

De förhållandevis höga halterna som transporteras via vattendragen till Inre Kungsbackafjorden indikerar att det råder en större övergödningssituation i den innersta delen av vattenförekomsten än vad miljöstatusen baserat på mätdata från N5 visar. Samma förhållanden har uppmärksammats inom provtagning i grunda vikar i Bohuslän med högre näringshalter inom grundområden i jämförelse med provtagningslokaler som ligger inom mer öppna vattenområden (Erlandsson 2021).



Figur 13. Medelvärde av totalhalterna för kväve och fosfor (µmol/l) vid 0,5 meters djup under maj månad samt sommarmånaderna juli-augusti för Rolfsån, Kungsbackaån, Hovmanneån och station N5. Källa: Miljödata-MVM 2021, Kungsbacka kommun. För Rolfsån saknas mätdata efter 2005, vilket då kompletteras med modellerade data från SMHI Vattenwebb 2021.



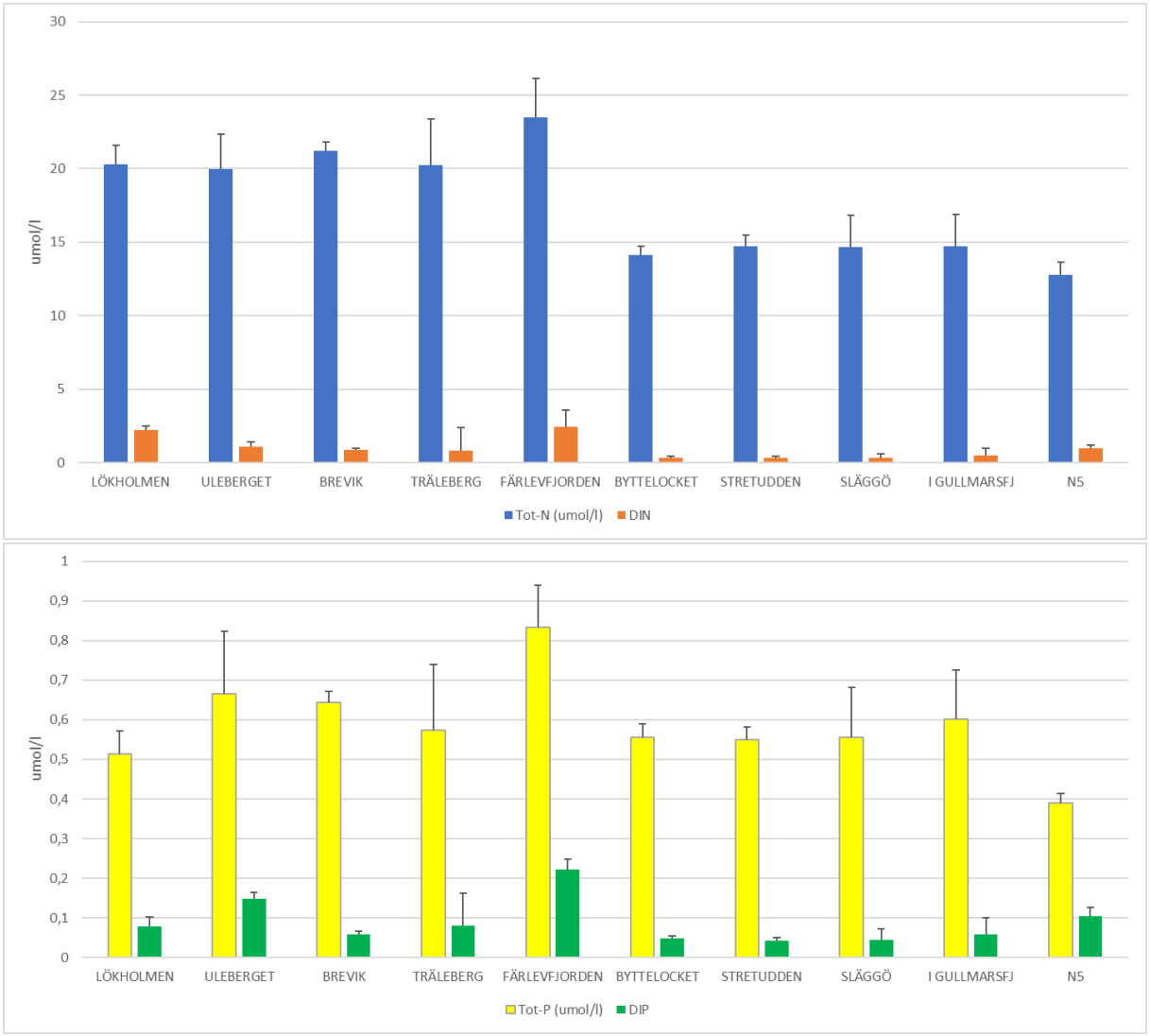
Figur 14. Medelvärde av totamängderna för kväve och fosfor (kg) vid 0,5 meters djup under maj månad samt sommarmånaderna juli-augusti för Rolfsån, Kungsbackaån och Hovmanneån. Källa: Modellerad data från SMHI Vattenwebb 2021.

Länsstyrelsen i Västra Götaland utför vattenprovtagning i grunda vikar (Grundavikarprogrammet) för att ge underlag till klassning av miljöproblemet övergödning längs med Bohuskusten (Erlandsson 2021). Provtagningen syftar till att ge en tydligare bild av den ekologiska statusen i den mer skyddade och grunda innerskärgården. Inom samma områden finns också Bohuskustens kustkontrollprogram som i stället representerar mer öppna och djupa havsområden.

Länsstyrelsen har 2021 utvärderat Grundavikarprogrammet och jämfört statusen för olika parametrar och mätobservationer för de grundare stationerna inom Grundavikarprogrammet med närliggande hydrografistationer inom kustkontrollprogrammet (Erlandsson 2021). Jämförelsen visar på tydliga skillnader mellan grundområden och mer öppna vattenområden både vad gäller klassningsresultat och dataanalys (Erlandsson 2021). Mätvärdena i de grunda områdena fluktuerar dessutom mer än de yttre (Erlandsson 2021).

Resultaten visar att halter av både oorganiskt och organiskt kväve är högre i de grunda vikarna jämfört med hydrografistationerna, både under vintern och sommaren, vilket bedöms vara ett resultat av näringstillförsel via vattendrag och nedbrytning i de grunda områdena (Erlandsson 2021). Innerskärgården är även betydligt mer påverkad av grumling. I figur 16 presenteras mätdata från sommarmånaderna från några utvalda stationer som är placerade i fjordar och kilar med mynnande vattendrag (Lökholmen, Uleberget, Brevik, Trälebergskile och Färlevfjorden). I figuren presenteras även mätdata från närliggande stationer inom kustkontrollprogrammet för att demonstrera skillnaden mellan grunda vikar och mer öppna, djupa vattenområden. Figuren illustrerar även att en stor del av kvävet och fosforn är organiskt bundet under sommarmånaderna. Stationernas lokalisering presenteras i figur 15.

Figur 15. Karta över stationerna i Grundavikarprogrammet och Bohuskustens kontrollprogram i och omkring Åbyfjorden, Brofjorden och Gullmarsfjorden. Figur från Erlandsson 2021.



Figur 16. Medelhalter av totalkväve och oorganiskt kväve (DIN) (övre figuren) och totalfosfor och oorganisk fosfor (DIP) (nedre figuren) vid några utvalda mätstationer lokaliserade i grunda vikar (Grundavikarprogrammet Länsstyrelsen i Västra Götaland) samt på några närliggande stationer som ingår i kustvattenkontrollprogrammet i Bohuslän och som ligger i mer öppna och djupa vattenområden. Medelhalterna baseras på mätdata från 0–10 m djup under sommarmånaderna (juni-aug) från åren 2009–2011 och 2016–2018. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).

2.5 Påverkan från övergödning på grunda marina ekosystem

Trots åtgärder mot övergödning och minskade trender i koncentrationer av näringsämnen i vattenmassan syns inga synbara effekter på grunda ekosystem, såsom återhämtning av ålgräs eller minskad utbredning av fintrådiga alger. Anledningen anses vara att mycket av det historiska läckaget av näringsämnen har ackumulerats i sedimentet under en längre tid och frigörs bland annat vid nedbrytning. Det finns således en recirkulation av näring i grunda områden och det tar därför tid för dessa ekosystem att återhämta sig.

2.5.1 Växtplanktonproduktion och fintrådiga alger

Ålgräs kräver mycket goda ljusförhållanden för att överleva, motsvarande ca 20 % av ljuset som finns vid ytan (Dennison m.fl. 1993), och minskad ljustillgång kan vara en avgörande faktor som begränsar vegetationens djuputbredning. Vid inventeringen 2021 noterades att stora arealer av ålgräs försvunnit från Inre Kungsbackafjorden, främst till följd av en minskad djuputbredning (Andersson och Bergkvist

2021). Anledningen till att djuputbredning av ålgräs minskat inom Kungsbackafjorden är svår att fastställa men det kan bero på en kombination av flera påverkansfaktorer relaterat till övergödning, såsom försämrad ljustillgång men även hög nedbrytning av organiskt material.

I ytvattnet där ljustillgången är tillräcklig påverkar halterna av näringsämnen i vattenmassan produktionen av växtplankton och annan vegetation. All växtproduktion kräver solljus och biotillgängliga näringsämnen, dvs. oorganiskt kväve (ammonium, nitrit och nitrat) och fosfor (fosfat) för tillväxt. En ökad belastning av näringsämnen i vattenmassan kan resultera i kraftiga blomningar av växtplankton. Mängden växtplankton i vattenmassan påverkar därefter ljustillgången och således även djuputbredning av flerårig vegetation, såsom makroalger och ålgräs. En ökad produktion kan även påverka den bottenlevande faunan genom en ökad födotillgång, men också ge syrebrist vid nedbrytning av nedfallande organiskt material.

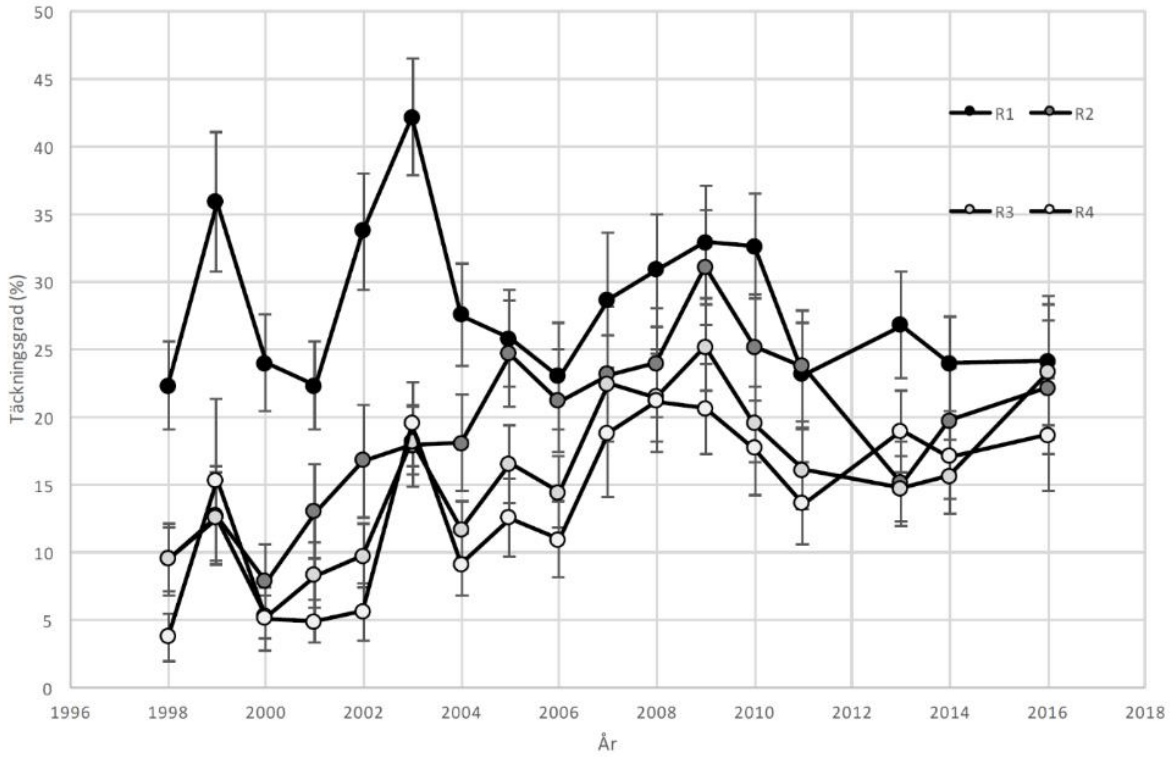
I grunda vikar, som är viktiga habitat för många arter, kan en övergödningssituation dessutom resultera i ökad utbredning av fintrådiga alger som kan bilda så kallade ”algmattor”. De fintrådiga algerna minskar ljustillgången för den fleråriga vegetationen och kan ge upphov till syrebrist och lokal förekomst av giftigt svavelväte, vilket slår ut både bottenlevande djur och vegetation. Mattor av fintrådiga alger kan slå ut en ålgräsäng helt om syrebrist och giftigt svavelväte bildas vid nedbrytning, vilket kan vara en bidragande faktor till att ålgräsängar minskat kraftigt i utbredning på senare år längs kusten (MARBIPP 2018, Baden m.fl. 2003). Vid syrebrist avges dessutom ammonium och fosfat från sedimentet (Sundby m. fl. 1992), vilket ytterligare gynnar tillväxten. Täckande mattor kan även påverka olika naturtypers struktur och funktion som att hindra torsk och annan rovfisk att söka föda och planktoniska larvstadier att bottenfälla (Isaksson m.fl. 1993, Pihl m.fl. 1995) (se vidare avsnitt 5).

Att fintrådiga alger tillväxer snabbt och kan dominera helt på grunda bottnar beror av att de har en stor yta i förhållande till volym i jämförelse med fleråriga arter och kan snabbt ta upp näringsämnen i vattnet (Wallentinus 1984). Det resulterar i att de fintrådiga algerna kan konkurrera ut flerårig vegetation vid hög näringstillgång. Fintrådiga alger på 0–1 meters djup i Bohuslän utgörs främst av fintrådiga grönalger som domineras av släktena *Ulva* och *Cladophora* (Ahlsén m.fl. 2020). Mattorna börjar tillväxa under maj månad med högst biomassa i mitten av sommaren (Pihl m.fl. 1996), men tillväxer fram till oktober. Medan fintrådiga grönalger är vanligt förekommande på de allra grundaste skyddade bottnarna från mitten av sommaren, är det mer vanligt att fintrådiga brunalger (*Pilayella/Ectocarpus*) dominerar i ålgräsängar på sensommaren. De fintrådiga algerna är ljuskrävande och minskar i regel i utbredning med ökat djup (MARBIPP 2018).

I grunda områden finns mycket organiskt material och näring lagrat i sedimentet. En studie i Bohuslän visade att sedimentet kan tillföra mellan 54 och 100 % av fintrådiga algers kvävebehov och mellan 31 och 70 % av fosforbehovet (Sundbäck m.fl. 2003). En annan studie resulterade i att sedimentet tillförde 20 % av algernas kvävebehov och 70 % av fosforbehovet (Engelsen 2008). Baserat på resonemanget om sedimentet som självgenererande källa finns det indikationer på att grunda vikar med hög organisk halt i sedimentet kan vara mättat på kväve och fosfor. Samtidigt finns det motsägande studier som indikerar att sedimentets roll som närsaltskälla inte är avgörande för algmattornas tillväxt. Det innebär att tillförsel av näring utifrån, framför allt kväve, kan påverka utbredningen av fintrådiga alger då fosfor inte längre är begränsande. När fintrådiga alger bryts ner tillförs mer näring till sedimentet vilket innebär att området blir en källa för närsalter. Vid låga syrehalter frigörs både fosfor och kväve från sedimentet, varpå övergödningssituationen förvärras ytterligare.

Fintrådiga alger har ökat i utbredning längs med i stort sett hela Bohuskusten. Bohuskustens vattenvårdsförbund (BVVF) har övervakat förekomst av fintrådiga alger i grunda områden med flygbildstolkning och provtagning längs med västkusten sedan 1998. Vilka vikar som provtas slumpas

vid varje provtagning ut från ett urval av vikar inom fyra regioner fördelade över kusten. Trenderna inom de olika regionerna varierar, med den nordliga delen (region 1) uppvisar en konstant hög nivå, medan region två till fyra har en signifikant ökning av utbredning under perioden 1998–2016 (Figur 17, Lindegarth 2019). Att norra delen är mest känsligt för tillväxt av fintrådiga alger har bedömts vara ett resultat av att stora delar utgörs av grundområden med dåligt vattenutbyte där fintrådiga alger ansamlas.



Figur 17. Täckningsgraden av fintrådiga alger per region 1–4 (medelvärdet plus Standard Error) för BVVFs undersökning åren 1998-2016. Figur från Lindegarth (2019).

På grunda mjukbottnar kan fintrådiga algmattorna användas som mått på graden av störning i ett område (MARBIPP 2018). En Liten störning innebär att botten eller vegetationen täcks till 25 % av fintrådiga algmattor och ekosystemet bedöms fortfarande fungera även om känsliga arter påverkas. Vid en måttlig störning täcks 50 % av bottenmiljön av algmattor varpå flertalet arter är påverkade och ekosystemets struktur och funktion har förändrats. Vid en kraftig störning täcks 75 % av botten av algmattor varpå bottenmiljön ändrat karaktär och flertalet av de ursprungliga arterna har minskat kraftigt. Inom stora delar av grundområdena i Inre Kungsbackafjorden motsvarar utbredningen av fintrådiga alger en Kraftig störning (Andersson och Bergkvist 2021). Förekomst av algmattor varierar dock mycket inom säsong och mellan år. Det förekommer ålgräsängar som täcks av fintrådiga algmattor årligen under längre perioder utan att ålgräsbeståndet påverkas nämnvärt. Dessa ängar förekommer i regel i områden med god vattencirkulation. Det innebär att täta mattor av fintrådiga alger inte nödvändigtvis innebär att ängens struktur och funktion påverkas negativt (MARBIPP 2018).

En av anledningarna till att ålgräs kräver mycket goda ljusförhållanden är bland annat att ålgräsplantan behöver försörja rötter och jordstammar som inte fotosyntetiserar. Ålgräs växer ofta i syrefria

sediment vilket gör att de måste transportera mycket av syret som bildas under fotosyntesen ner till rötterna för att motverka att giftig vätesulfid tränger in i plantan. På natten behöver ålgräsplantan ta upp syre från omgivande vatten för att motverka sulfidförgiftning. Det innebär att täckande mattor av fintrådiga alger inte bara minskar fotosyntesen utan kan även hindra ålgräset från att ta upp syre från vattnet på natten och således öka intrång av giftig vätesulfid i plantan.

Vid inventeringen 2021 noterades att losslitna fleråriga alger, dött ålgräs och fintrådiga alger ansamlats på djup där det tidigare förekommit ålgräs. Vid nedbrytning kan en hög organisk belastning orsaka syrebrist och giftigt svavelväte i sedimentet. Hur allvarlig denna påverkan är på den fleråriga vegetationen är beroende av varaktighet som i sin tur är beroende av vattenomsättning. Norr och öster om Kalvö har det rapporterats om flytande algmattor och syrebrist på de grunda bottnarna (<1m djup) vilket även dokumenterades vid inventeringen 2021 (Andersson och Bergkvist 2021). Syrebristen bedöms vara ett resultat av nedbrytning av lösliggande fleråriga makroalger och fintrådiga alger i områden med sämre vattenutbyte. Vattenomsättningen och således syresättning av grunda bottnar begränsas även av höga tätheter av fintrådiga alger.

I den inre delen av Kungsbackafjorden ligger några provtagningsstationer där bottenfauna och sedimentets beskaffenhet provtagits under flera år inom Hallandskustens samordnade kontrollprogram (lokal 60A, 2–4 m djup; 60B, 5 m djup; 61A, 9 m djup, se figur 1). Resultaten från provtagningarna demonstrerar bottnar med dåliga syreförhållanden i sedimentet och en hög organisk belastning vilket indikerar ansamling och nedbrytning av organiskt material (Göransson 2021). Den organiska belastningen ökar med djupet, vilket innebär att finmaterial tidvis kan transporteras bort från de innersta stationerna. Station 60 B ligger på djup där ålgräs tidigare påträffats och bottenförhållandena indikerar dåliga förutsättningar för ålgräs.

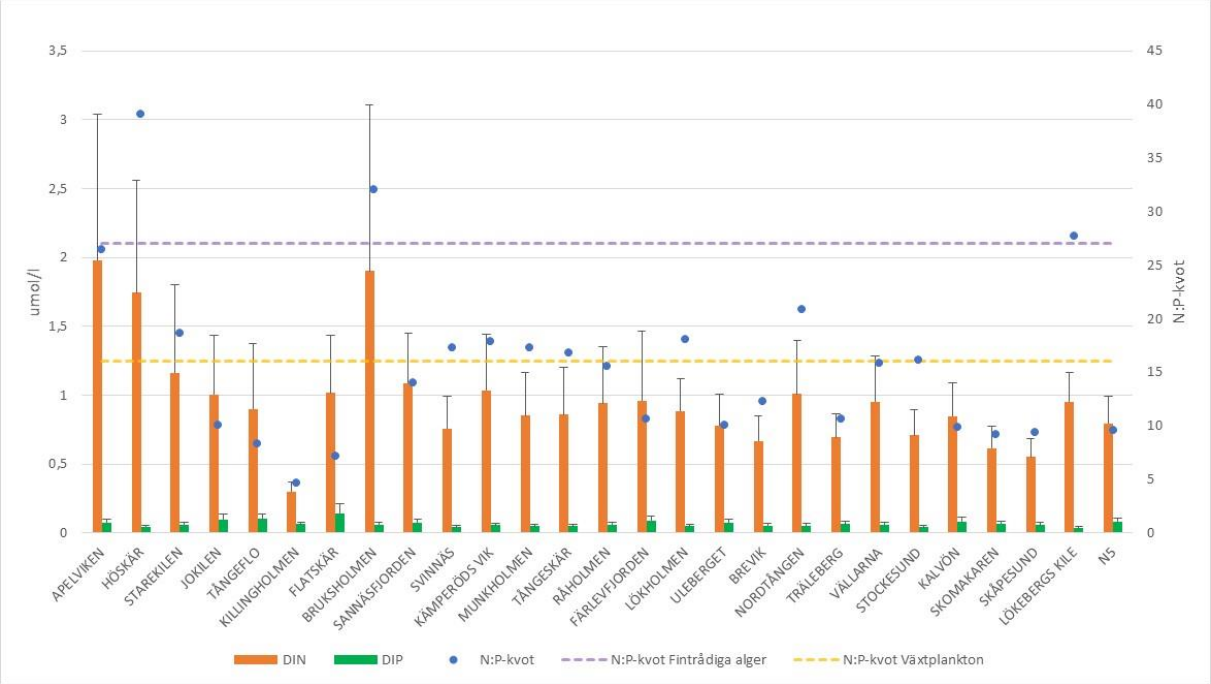
2.5.2 Kväve- eller fosforbegränsning

Den optimala mol-kvoten för maximal tillväxt, den s.k. N:P kvoten, avgör om något ämne är begränsande för tillväxten. Eftersom det är oorganiskt kväve och fosfor som är biotillgängligt för alger är det DIN:DIP kvoten som är avgörande för produktionen. För växtplankton krävs det generellt 16 kväveatomer för varje fosforatom, dvs. den optimala kvoten för tillväxt är 16. För makroalger är kvoten i stället 30. Det innebär att om kvoten för näringsämnena i vattnet överstiger 30 för makroalger är tillväxten begränsad av fosfor och överblivet kväve blir kvar i vattenmassan. Är kvoten i stället under 30 begränsas tillväxten av kväve och överbliven fosfor blir kvar i vattenmassan. N:P kvoten för tillväxt är artspecifik och det finns även en stor påverkan från abiotiska miljöfaktorer såsom ljustillgång, temperatur, vattenrörelser och näringstillgång i vattnet. Kvoten på 30 för makroalger är ett medelvärde från 92 arter av både fleråriga och ettåriga makroalger med en variation mellan 10 och 80 (Atkinson och Smith 1983).

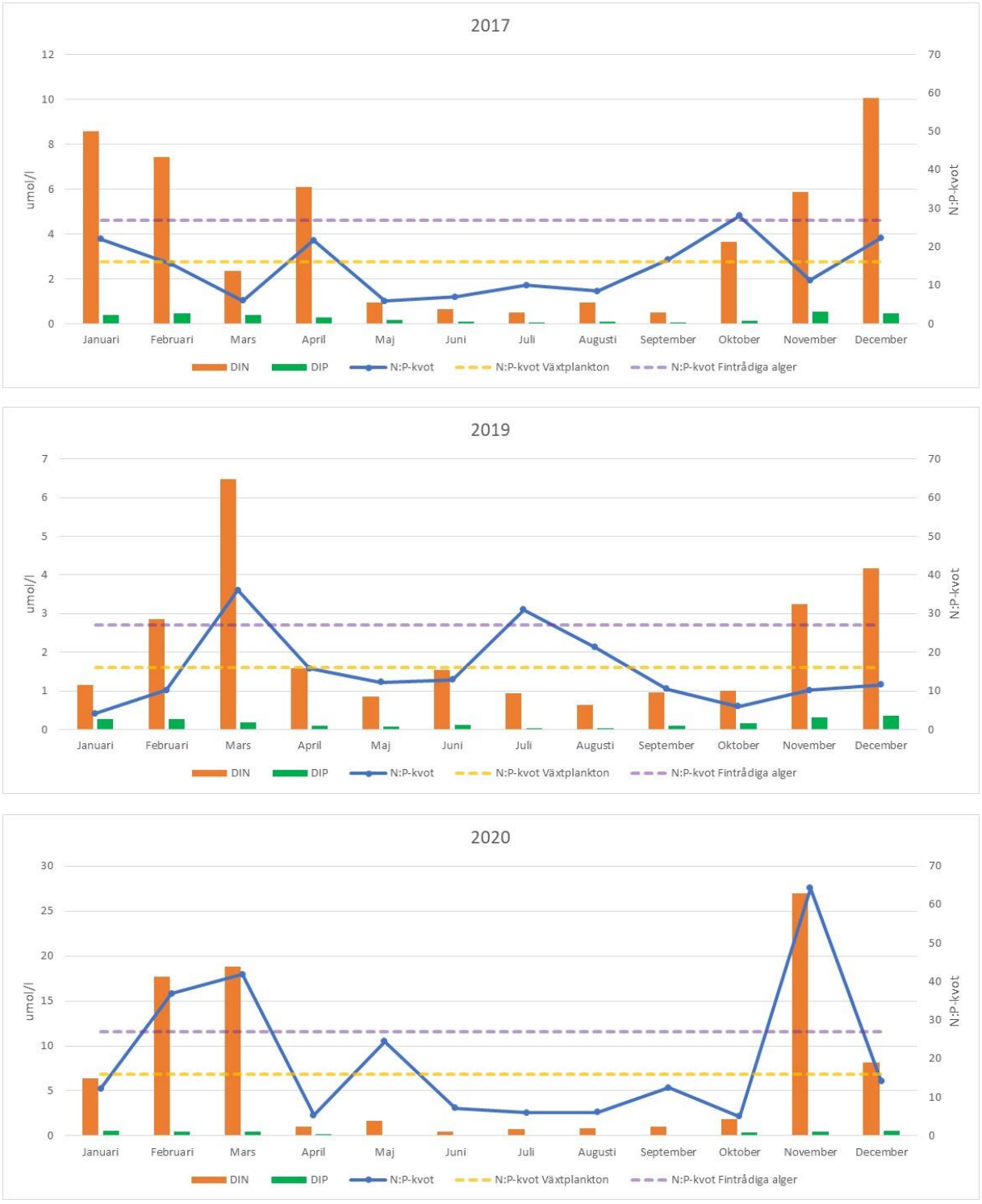
I Bohuslän finns det studier från grundområden som resulterar i en N:P kvot på 27 för optimalt upptag hos de vanligaste arterna av fintrådiga snabbväxande grönalger (*Ulva* spp., *Cladophora* spp.) (Pihl m.fl. 1996, Sundbäck m.fl. 2003). Björnsäter och Wheeler (1990) noterade en optimal tillväxtkvot på 16–24 för *Ulva* spp i Stilla havet. Studier i Östersjön tyder på att det inte är någon påtaglig skillnad i kvoten på upptag av DIN och DIP mellan två vanligt förekommande fintrådiga grön- och brunalger (*Ulva intestinalis* och *Pilayella littoralis*) där kvoten i juni uppmättes till 19 för *U. intestinalis* och 21 för *P. littoralis* (Lotze och Schramm 2000). Baserat på nämnda studier förväntas den optimala kvoten mellan DIN och DIP för maximal tillväxt hos fintrådiga alger ligga någonstans mellan 20 och 27.

Att kväve begränsar produktionen av vegetationen i grunda vikar är vanligt förekommande längs Bohuskusten (figur 18, Erlandsson 2021). Figur 19 illustrerar hur halterna av DIN och DIP förändras under året vilket även påverkar N:P kvoten i ytvattnet vid station N5. Under sommaren är en stor del

av näringen organiskt bundet varpå halterna i vattenmassan minskar. Näringshalterna i vattnet under sommaren illustrerar dock vilka halter som finns tillgängliga för vegetationen och hur N:P kvoten påverkar utbredningen av fintrådiga brunalger som har en maximal tillväxt på sensommaren. Kvoten demonstrerar att tillväxten av fintrådiga alger inom Inre Kungsbackafjorden under större delen av tillväxtsäsongen är kvävebegränsad. Det innebär att kväve är produktionens bränsle, dvs. ökar kvävehalten ökar även produktionen och vice versa. Det förekommer dock variation mellan år, exempelvis år 2019 var fosfathalten låg i vattenmassan vilket resulterade i en högre N:P kvot.



Figur 18. DIN och DIP i ytan (0,5 m) från provtagning i grunda vikar i Bohuslän (Erlandsson 2021). I grafen presenteras även station N5 i Kungsbackafjorden i jämförande syfte. Data som presenteras är medelvärden från grunda vikar under sommaren för perioden 2009–2011 och 2016–2018, ordnade från norr till söder. Mätdata för station N5 är från åren 2017, 2019 och 2020. Variansen presenteras som 95% konfidensintervall för DIN och DIP. N:P-kvoten för respektive station har beräknats utifrån medelvärden av DIN och DIP. De streckade linjerna illustrerar N:P kvoten för växtplankton (16) och fintrådiga alger (27). Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 19. DIN, DIP och N:P-kvoten för ytan (0,5 m) vid station N5 under åren 2017, 2019 och 2020. De streckade linjerna illustrerar N:P kvoten för växtplankton (16) och fintrådiga alger (27). För 2018 saknas mätdata för nitrat, varför DIN eller N:P-kvoten inte kan beräknas. Notera olika skalor på y-axeln för närsalt. SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).

2.6 Påverkan på kvalitetsfaktorer och fintrådiga alger samt möjligheten att uppnå *God* ekologisk status (komplettering 1 och 4) som följd av ökat utsläpp från Hammargård ARV.

Utifrån den information som presenterats ovan i avsnitt 2 sammanfattas i följande delavsnitt hur ett ökat utsläpp från Hammargård ARV förväntas påverka de biologiska kvalitetsfaktorerna Växtplankton och Makroalger (inkl. ålgräs) (kompletteringspunkt 1), samt utbredning av fintrådiga alger. Vidare diskuteras möjligheten att uppnå *God* ekologisk status i Inre Kungsbackafjorden (kompletteringspunkt 4) efter ökade utsläpp från Hammargård ARV.

2.6.1 Växtplankton

Förhöjda närsaltshalter i vattnet kan öka växtplanktonproduktionen vilket försämrar ljustillgången för fleråriga vegetation. Klassificering av miljöstatus för Växtplankton I Inre Kungsbackafjorden baseras på klorofyllhalter i vattnet under sommarmånaderna (juni-aug). Statusen för växtplankton i Inre Kungsbackafjorden är *Hög* i enlighet med de senaste mätningarna inom kustvattenkontrollen i Halland och statusen har förbättrats över tid sedan 1993. Även statusen för kväve har förbättrats vilket indikerar att växtplanktonproduktionen är kvävebegränsad. Eftersom klorofyllhalterna förbättrats i vattenmassan finns det inget som tyder på att växtplanktonproduktionen ökat i grundområdena och orsakat den försämrade djuputbredningen av ålgräs som noterades vid inventeringen 2021. Eftersom växtplanktonproduktionen bedöms vara kvävebegränsad kan dock förhållandena förändras om halterna av kväve i vattenmassan ökar. De föreslagna villkoren för Hammargård ARV kommer emellertid inte att påverka miljöstatusen för näringsämnen i vattenmassan enligt Swecos modellering, varpå en ökad växtplanktonblomning inte heller är att förvänta. Vid denna bedömning har dock ingen hänsyn tagits till den näring som eventuellt ackumuleras i sedimentet vid nedbrytning av fintrådiga alger och som kan frigöras från sedimentet och bli tillgängligt för växtplanktonproduktionen.

2.6.2 Makroalger (inkl. ålgräs) och fintrådiga alger

Miljöstatus för Makroalger klassificeras utifrån djuputbredning hos ett antal arter där även ålgräs ingår. Inre Kungsbackafjorden är dock för grund för att de nationella bedömningsgrunderna ska vara användbara för Makroalger. I stället baseras miljöstatusen på en expertbedömning där bland annat förekomst och täthet av vissa arter beaktas, och hänsyn har även tagits till ålgräsets utbredning och kvalitet. Miljöstatusen för Makroalger i Inre Kungsbackafjorden har bedömts till *Måttlig* baserat på inventeringen 2021.

Den areella utbredningen av ålgräs har minskat med ca 60 % i jämförelse med slutet av 90-talet. Ålgräset har främst försvunnit vid den djupa utbredningsgränsen men i delar av området även vid den inre utbredningsgränsen. I slutet av 90-talet var ålgräsets maximala djuputbredning inom området 6,5 meter, i jämförelse med ca 4 meter år 2020 (nationell miljöövervakning) och 2021. Baserat på resultaten från de två inventerings tillfällena är det mycket som tyder på att miljöstatusen för kvalitetsfaktorn Makroalger (främst baserat på ålgräs) har gått från *God* (1999) till *Måttlig* (2021) trots att näringsämnen och klorofyll (växtplankton) minskat i vattenmassan. Det innebär att det troligen finns andra faktorer som påverkat vegetationens djuputbredning och kvalitet. En av dessa faktorer kan vara den höga tätheten av fintrådiga alger.

Utifrån Marbipps klassificeringssystem har stora delar av Inre Kungsbackafjorden en *Kraftig* störning av fintrådiga alger. De fintrådiga algerna både skuggar, försämrar vattenomsättningen lokalt och kan resultera i syrebrist och svavelväte vid nedbrytning. Inom grundområdet i anslutning till utsläppet från Hammargård ARVs anses dock vattenomsättningen vara god och påverkan från de fintrådiga algerna endast temporär. En mindre del av näringen sprids dock till områden där vattenutbytet är sämre och dåliga syreförhållanden och svavelväte observerats. En minskning av ålgräsets utbredning indikerar

dessutom att dessa dåliga förhållanden förekommer under längre perioder. Det finns även risk att fintrådiga alger från andra platser driver in i dessa områden och påverkar bottnarna. Inom områden där algerna bryts ner ackumuleras näringen i sedimentet och när näringen frigörs kan den snabbt tas upp av fintrådiga alger. Lagrad näring i sedimentet är troligtvis en anledning till de höga tätheterna av fintrådiga alger som förekommer trots att miljöstatusen hos näringsämnen är *God* till *Hög* inom vattenförekomsten.

Mätdata från Inre Kungsbackafjorden tyder även på att produktionen av fintrådiga alger är kvävebegränsad. Det innebär att vid en ökad mängd kväve kan produktionen av fintrådiga alger öka ytterligare och det tar ännu längre tid för de grunda ekosystemen att återhämta sig från den övergödningssituation som råder. Det innebär att ett ökat utsläpp av kväve från Hammargård ARV indirekt kan påverka miljöstatusen för kvalitetsfaktorn Makroalger. En förhöjd belastning från organiskt material påverkar inte bara vegetationen utan även bottenfauna vilken har *Dålig* miljöstatus. Mer näring kan därför även påverka möjligheten att uppnå *God* ekologisk status.

De biologiska kvalitetsfaktorerna är komplexa med många yttre påverkansfaktorer och det går inte att på samma sätt som med kvalitetsfaktorn Näringsämnen beräkna om en halthöjning av näring i vattenmassan sänker statusen. Det går således inte att bedöma om det ökade utsläppet från Hammargård ARV kommer att sänka miljöstatusen hos Makroalger, bara att det finns en risk för påverkan till följd av en ökad produktion av fintrådiga alger.

Det är inte bara fintrådiga alger som bryts ner och förbrukar syre inom området utan även andra losslitna makroalger som ansamlas på bottnar, vilket till stor del bedöms vara en naturlig process. I nästföljande avsnitt behandlas ytterligare faktorer som inte är relaterade till övergödning men som kan påverka utbredningen av fintrådiga alger och djuputbredning hos flerårig vegetation.

3 Faktorer ej relaterade till övergödning som kan påverka vegetationens utbredning

För att kunna bedöma påverkan från övergödning på vegetationen i Kungsbackafjorden behöver även andra faktorer som inte är relaterade till övergödning utredas. Nedan beskrivs vilken påverkan top-down reglering och förändringar av siktdjup kan innebära för vegetationens utbredning.

3.1 Påverkan från effekter av Top-down reglering

I svenska havsområden anses påverkan från övergödning (bottom-up) i kombination med trofiska kedjereaktioner till följd av överfiske (top-down) vara den främsta anledningen till att det har skett en ökad produktion av snabbväxande makroalger i grunda havsområden. I ovanstående kapitel har påverkan från övergödningseffekter diskuterats, och nedanstående avsnitt behandlar i stället trofiska kedjereaktioner från överfiske.

Top-down reglering innebär att ett överfiske på större rovfisk resulterar i en ökad mängd små rovfiskar och krabbor (mesopredatorer) eftersom predationstrycket på dessa arter minskar. Mesopredatorerna minskar i sin tur mängden algbetande djur, i synnerhet små grundlevande kräftdjur och snäckor, vilket kan gynna snabbväxande fintrådiga alger (Baden m.fl. 2012). Studier har visat att den ökade utbredningen av algmattor har en tydlig koppling till det omfattande fisket, där biomassan av bl.a. torsk i Västerhavet har minskat med 90 % sedan 1980-talet (Moksnes m.fl. 2011). Top-down reglering till följd av överfiske har visats kunna ha en lika stor påverkan på biomassan av fintrådiga alger som övergödning (Östman m.fl. 2016). Det har även visats att top-down effekter kan förstärkas av övergödningseffekter (Östman m.fl. 2016).

Torsk anses vara den viktigaste rovfisken längs svenska västkusten, men torskbestånden har minskat drastiskt sedan 1960-talet, avseende såväl storleksammansättning som täthet och utbredning. I Kattegatt var lekbiomassan av torsk under år 2020 den historiskt lägsta (Bryhn m.fl. 2021). Kustbeståndens nedgång är sannolikt en effekt av ett stort fisketryck (Svedäng m.fl. 2004, Vitale m.fl. 2008, Moksnes m.fl. 2011) och idag förekommer inget kustnära yrkesfiske på torsk och stora delar av södra Kattegatt ingår i ett fredningsområde där det råder permanent fiskeförbud (Svedäng m.fl. 2016, Wikström m.fl. 2016). Inom fredningsområdet finns indikationer på återhämtning av torskbeståndet (Wikström m.fl. 2016). Samtidigt som större rovfisk generellt har minskat längs västkusten, har det konstaterats att mindre fiskarter såsom smörbultar och storspigg ökat och små kräftdjur nästan försvunnit i grunda områden (Baden m.fl. 2012). Experimentella studier i Skagerrak har visat att små betande kräftdjur kan kontrollera tillväxten av fintrådiga alger vid frånvaro av intermediära predatorer, även vid hög närsaltsbelastning (Moksnes m.fl. 2008, Persson m.fl. 2008, Andersson m.fl. 2009, Baden m.fl. 2010). Framför allt är det fintrådiga grönalger som effektivt konsumeras av betande kräftdjur och snäckor medan betningstrycket på fintrådiga brunalger inte är lika kraftigt (Lotze, Worm och Sommer 2001, Eklöf m.fl. 2012).

I en undersökning som genomfördes 2011 av fiskförekomsten i grundområden längs med västkusten och däribland Kungsbackafjorden, konstaterades att fångsten av rovfisk generellt var låg och att detta även stämmer för Kungsbackafjorden (Sundqvist och Karlsson 2016). Mängden rovfisk i Kungsbackafjorden var dessutom något lägre än i jämförda områden längs med västkusten, och den rovfisk som påträffades var nästan uteslutande torsk. Den trofiska medelnivån i Kungsbackafjorden var i undersökningen även något lägre i förhållande till jämförda områden, vilket kan förklaras framför allt av den lägre förekomsten av rovfisk.

Sammantaget kan den låga förekomsten av rovfisk ha gett upphov till en top-down reglering i Kungsbackafjorden och kan vara en bidragande orsak till utbredningen av fintrådiga alger i fjordens

grundområden. I stora delar av inre Kungsbackafjorden dominerar fintrådiga brunalger som inte betas i samma utsträckning som grönalger. Därmed förväntas produktionen av fintrådiga brunalger inte påverkas i samma utsträckning som har setts i experiment med grönalger till följd av top-down effekter med en förändrad sammansättning av betare.

3.2 Siktdjup

Förutom en ökad växtplanktonproduktion kan siktdjupet och således ljustillgången för vegetation även försämras vid ökat sötvattensutflöde, vilket kan resultera i kraftigare språngskikt. Från landavrinningen kan även det söta ytvattnet bli brunfärgat, vilket också påverkar siktdjupet.

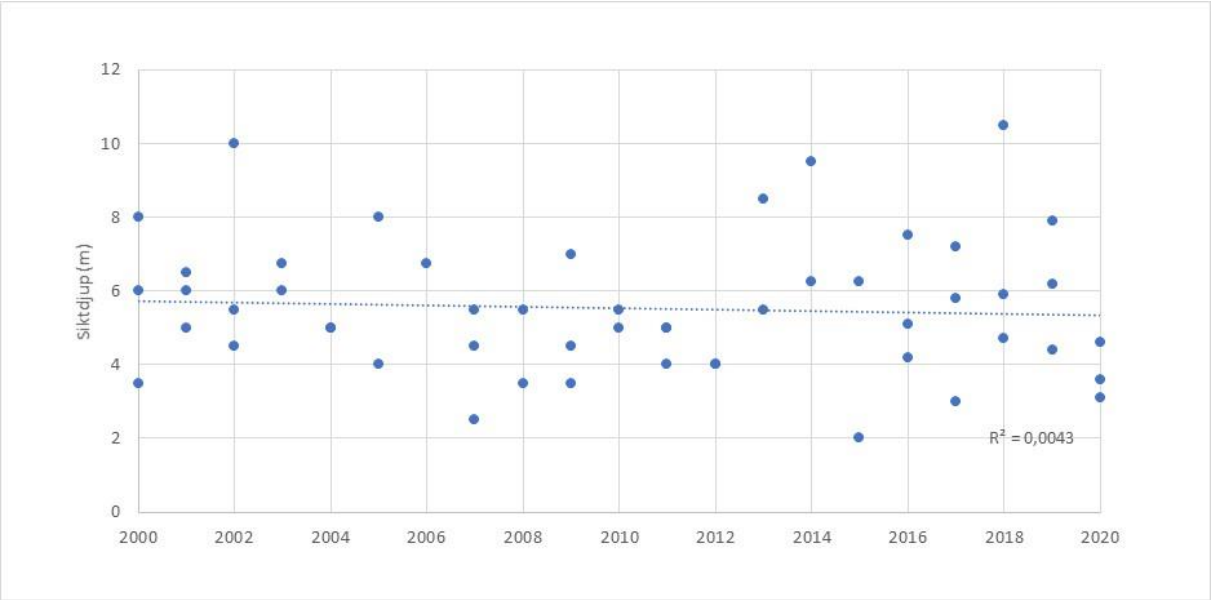
Vid trendanalysen inom kustvattenkontrollprogrammet för Halland noterades en signifikant trend på försämrat siktdjup över tid på lokal N6 som ligger i den yttre delen av Kungsbackafjorden. Det finns inget som tyder på att siktdjupet vid station N5 har minskat över tid (figur 20). Däremot uppmäts i regel lägst siktdjup på lokalen i jämförelse med övriga lokaler inom kustvattenkontrollprogrammet (Palmkvist m.fl. 2021). Det finns en relation på station N5 som demonstrerar att vid lägre salthalter försämras siktdjupet (figur 21). Denna relation har även uppmärksammats inom Grundavikarprogrammet och kustvattenkontrollprogrammet i Bohuslän (Erlandsson 2021). Det innebär att siktdjupet förväntas vara sämre närmare sötvattensutflöden såsom Kungsbackaån och Rolfsån än på den yttre stationen N5.

Avrinning från land kan transportera sediment och organiskt material till kusten och därmed försämra ljusförhållanden, vilket kan minska djuputbredningen för ålgräs och annan vegetation. Förlust av ålgräs har dokumenterats från flera delar i världen som ett resultat av ökad tillförsel av sediment genom landavrinning (Borum m.fl. 2004). I Sverige är dock effekten av sediment och organiska ämnen från landavrinning på ålgräs dåligt studerad (Moksnes m.fl. 2017).

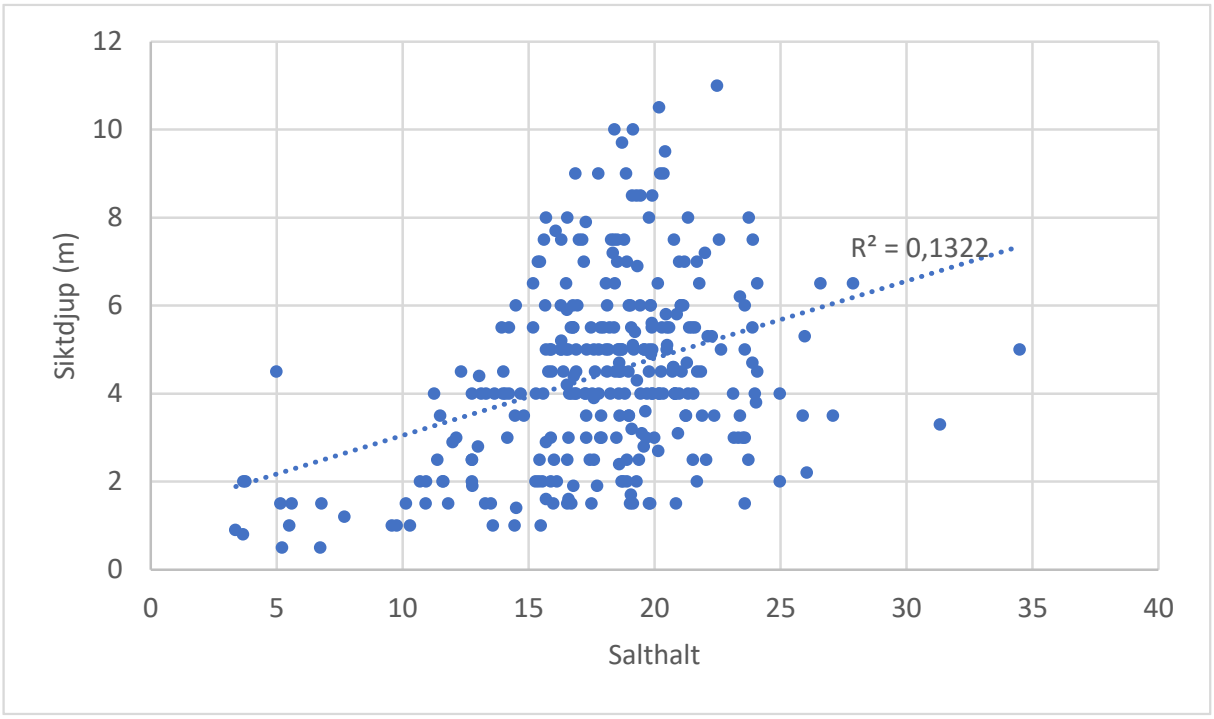
På senare år har en ökad brunfärgning av vattnet observerats i halländska vattendrag, vilket i huvudsak är ett resultat av ökat innehåll av organiskt material (Stibe 2015). Det finns en signifikant ökande trend i flertalet provtagna vattendrag (i 17 av 19) där Kungsbackaån och Rolfsån ingår.

Brun färg i vattnet orsakas av läckage av humusämnen samt järn- och manganföreningar från marker, i synnerhet barrskogar, som transporteras till havet genom vattendrag (Bydén m.fl. 2003). Färgvärdet uttrycks som milligram platina per liter (mg Pt/l) och ett vatten kan klassas på en skala 1–5 på graden av färgning. Ett färgtal <10 mg Pt/l klassas som *1 - ej eller obetydligt färgat vatten* och värden >100 mg Pt/l klassas som *5 – starkt färgat vatten*. I figur 22 presenteras färgtal över år under sommarmånaderna (juni-aug) i Kungsbackaån. Halterna de senaste åren indikerar att vattnet är *Betydligt* färgat (klass 4) med tillfällen då vattnet överstiger 100 och bedöms vara starkt färgat (klass 5) (”Bedömningsgrunder för miljökvalitet -Sjöar och vattendrag”, Naturvårdsverkets rapport 4913). I Rolfsån har vattnet klassificerats som *Måttligt* färgat (klass 3) (Stibe 2015).

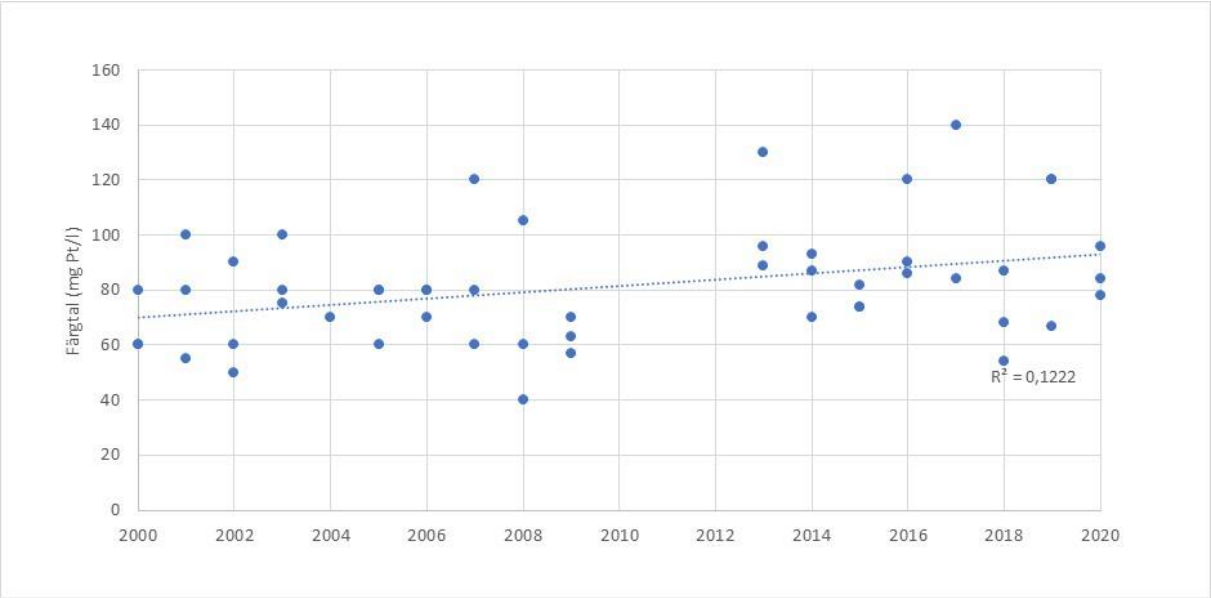
Se vidare nästföljande avsnitt där ålgräsets djuputbredning bland annat jämförs med områden som har liknande sötvattensutflöden som Inre Kungsbackafjorden.



Figur 20. Förändring i siktdjup över tid på station N5 i Inre Kungsbackafjorden. Data baseras på månadsvid provtagning under sommaren (juni-aug) mellan åren 2000-2020. I figuren presenteras en linjär trendlinje men det finns ingen signifikant trend mot ett försämrat siktdjup på lokalen, vilket testades på årsbasis med säsongsmässigt Mann Kendalltest (Palmkvist m.fl. 2021). Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 21. Relation mellan siktdjup och salthalt på station N5. Data baseras på provtagning månadsvis under åren 1993–2020. I figuren presenteras en linjär trendlinje. Källa: SMHI:s databas över havsmiljödata (SHARK).



Figur 22. Värden för färgtal (mg/Pt/l) (brunifiering) under sommaren i Kungsbackaån mellan åren 2000–2020. Extremvärden från rådatan (totalt 3st.) är borttagna. I grafen presenteras en trendlinje och det finns en signifikant ökande trend av färgtal i Kungsbackaån över tid (Stibe 2015). Källa: SLU 2021.

4. Förhållanden i Inre Kungsbackafjorden i jämförelse med andra grundområden längs västkusten

Detta avsnitt jämför förhållandena i Inre Kungsbackafjorden med andra grundområden generellt längs västkusten samt med områden som har liknande sötvattensutflöden och hydromorfologiska förhållanden, främst med avseende på ålgräs och fintrådiga alger. Ålgräsets djuputbredning jämförs för att få en indikation på om förhållandena i Inre Kungsbackafjorden är ett allmänt tillstånd till följd av den generella övergödningssituationen i västerhavet. Förekomst av fintrådiga alger har ökat över tid längs i stort sett hela Bohuskusten, med högre tätheter i skyddade områden. Här jämförs utbredningen av fintrådiga alger i Inre Kungsbackafjorden med några liknande områden som ingår både i regional övervakning av fintrådiga alger och vattenprovtagning i grunda vikar.

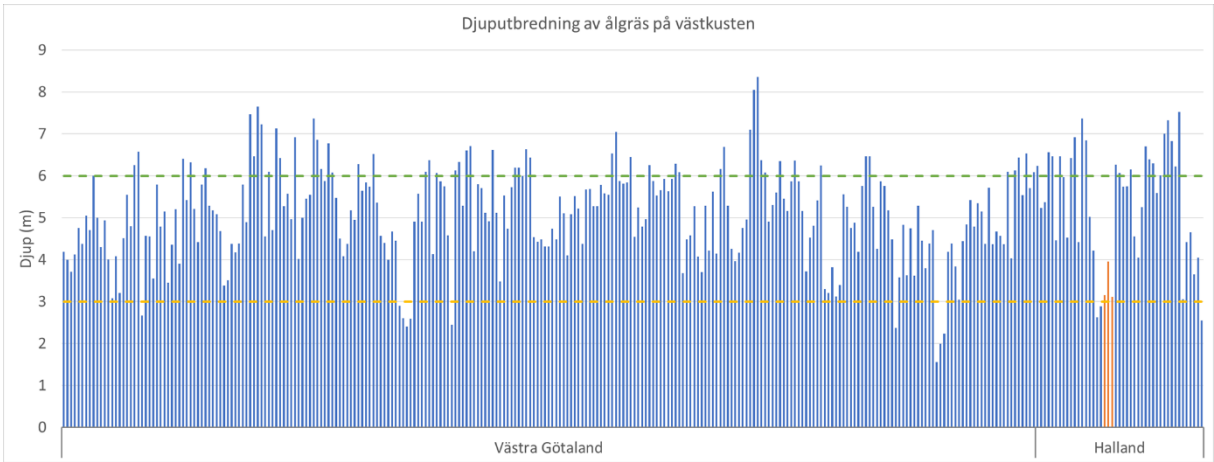
4.1 Ålgräsets generella tillstånd längs västkusten

Ålgräsets utbredning har minskat drastiskt de senaste hundra åren och i synnerhet de senaste årtiondena. Ålgräsängarnas yta i Bohuslän har minskat med mer än 60 % sedan 1980-talet (Baden m.fl. 2003, Moksnes m.fl. 2016). Ängarna i Kungälvs kommun tycks vara värst drabbade, där 87 % av ålgräset försvann i inventerade områden mellan 1980-talet och 2015 (Moksnes m.fl. 2016). Förlusterna i det området består i huvudsak av att hela ålgräsängar försvunnit och att de grundare delarna av ängarna förlorats. Anledningen till att ålgräset har minskat bedöms vara en kombination av övergödning, överfiske och till viss del exploatering (Moksnes m.fl. 2017, Moksnes 2019). Ålgräset längs västkusten har inte bara minskat i yta utan även i djuputbredning (Moksnes m.fl. 2017). Idag finns det stora arealer av vegetationsfri sedimentbotten på 5–10 meters djup där det tidigare funnits ålgräs. Den historiska utbredningen av ålgräs i Halland är dåligt dokumenterad, men analys av historiska data tyder på att ålgräs i Kattegatt förekom ned till ca 15 meters djup i slutet av 1800-talet (Loo 2015). Orsaken till den minskade djuputbredningen anses främst vara försämrat siktdjup till följd av övergödning (Baden m.fl. 2003, Boström m.fl. 2003).

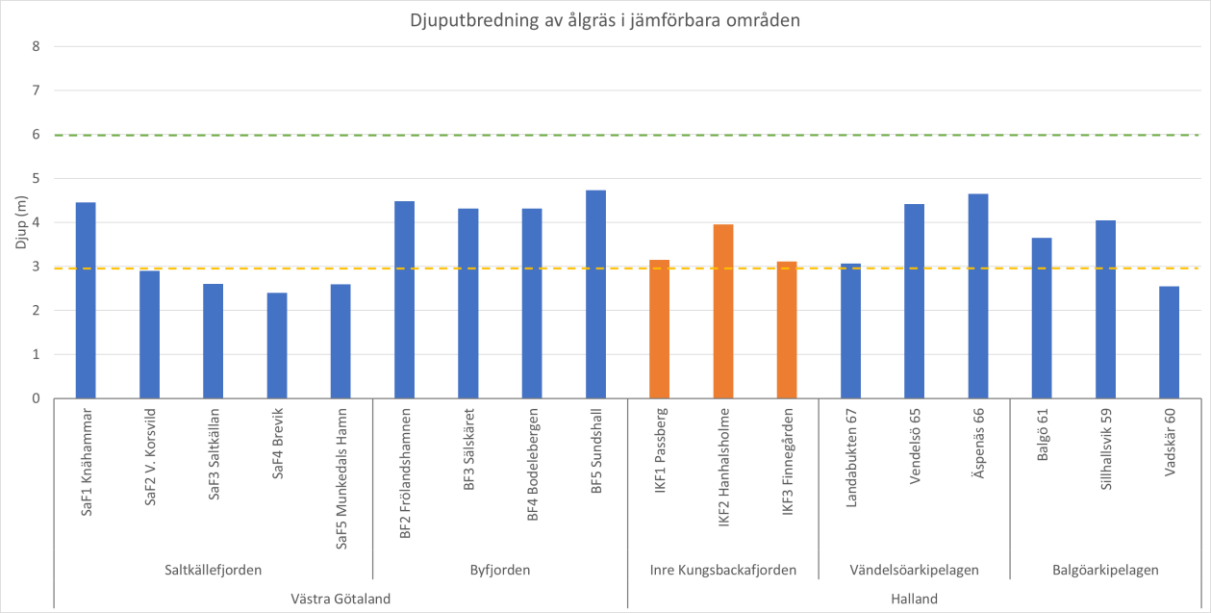
Idag övervakas ålgräsets djuputbredning på mer än 400 lokaler längs västkusten inom den nationella miljöövervakningen för vegetation. Övervakningen har pågått sedan 2019 och lokalerna återbesöks vart tredje år. Det finns således ingen lång tidsserie över ålgräsets förändring över tid. I Inre Kungsbackafjorden uppmättes 2020 en djuputbredning mellan 3,1 och 4 meters djup baserat på tre lokaler. Djuputbredningen i vattenförekomsten ligger i regel grundare än på majoriteten av lokalerna i det nationella programmet, där medel av ålgräsets maximala djuputbredning på lokalerna i Västra Götaland och Halland uppmätts till 5,2 meter (Figur 23). Noterbart är dock att många av lokalerna i denna sammanställning är placerade i mer öppna havsområden. Inom övervakningsprogrammet finns även mer instängda vatten där djuputbredningen för ålgräset också är lägre, exempelvis Kalvöfjorden (ca 3,3 meter) och Askeröfjorden (ca 3,8 meter) i avgränsade fjordsystemet mellan Orust och Tjörn.

Längs västkusten finns flera områden med en liknande sötvattenspåverkan som Inre Kungsbackafjorden (SMHI 2021) och där kustområdet vid tillflödesåarnas mynning har klassats som naturtypen estuarier (Ahlsén m.fl. 2019). Vendelsöarkipelagen och Balgöarkipelagen söder om Kungsbackafjorden visar på djuputbredning liknande Kungsbackafjorden (3–4,7 m respektive 2,6–4 m) (figur 21). Även Saltkällefjorden längst in i Gullmarn och Byfjorden vid Uddevalla har jämförbar djuputbredning av ålgräs (2,4–4,5 m respektive 4,3–4,7 m) (figur 24). Alla dessa områden visar även på en påtaglig grumling och/eller brunifiering i det tillrinnande vattendraget (SLU 2021). I andra jämförbara skyddade områden som inte påverkas lika mycket av sötvattensutflöden, såsom Brofjorden och Åbyfjorden förekommer ålgräs ner till ca 6 meters djup. Ålgräslokaler i Yttre Kungsbackafjorden samt lokaler sydväst om Onsalahalvön visar på en större djuputbredning jämfört med Inre

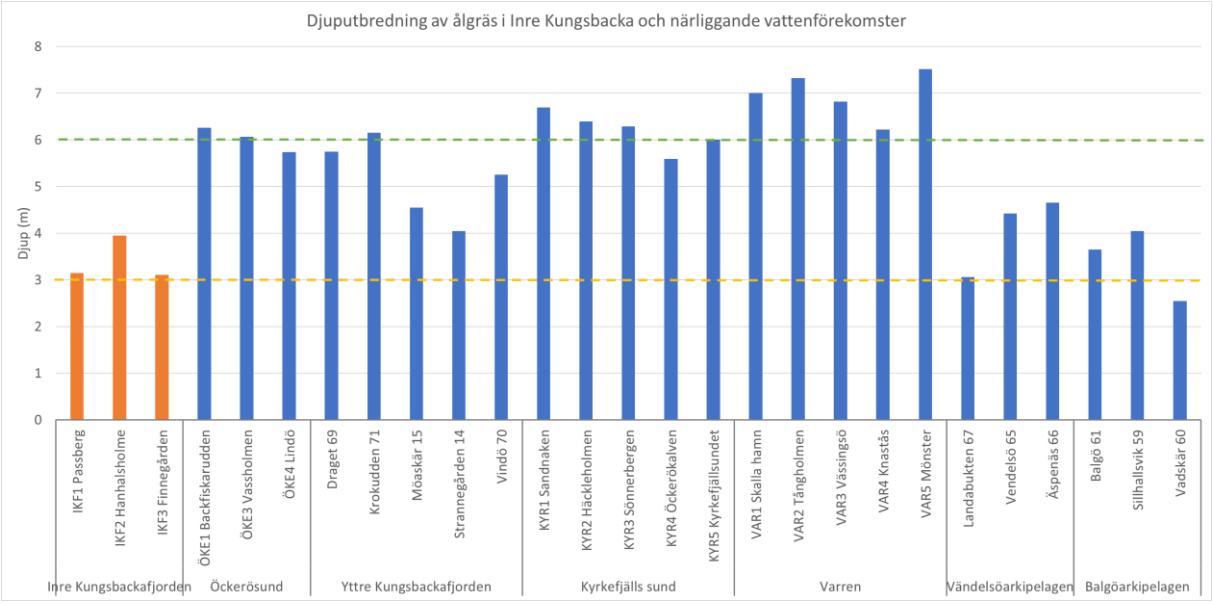
Kungsbackafjorden (figur 25). Dessa områden är betydligt mer exponerade än Inre Kungsbackafjorden och har dessutom inte samma tillflöde av sötvatten.



Figur 23. Djuputbredning (meter) av ålgräs på västkusten, undersökningar 2019–2021 inom det nationella övervakningsprogrammet*. Data visas för det maximala djupet baserat på sju transekter vid varje lokal. De nordligast belägna lokalerna i Västra Götalands län visas till vänster i grafen, till de sydligaste lokalerna i Hallands län till höger. Röda staplar visar lokaler belägna i Inre Kungsbackafjorden. Klassgränser för God status (grön) samt Måttlig status (gul) indikeras av streckade linjer.*



Figur 24. Djuputbredning (meter) av ålgräs i Inre Kungsbackafjorden och jämförda områden, undersökningar 2019–2021 inom det nationella övervakningsprogrammet. Data visas för det maximala djupet baserat på sju transekter vid varje lokal. Röda staplar markerar Inre Kungsbackafjorden. Klassgränser för God status (grön) samt Måttlig status (gul) indikeras av streckade linjer.



Figur 25. Djuputbredning (meter) av ålgräs i Inre Kungsbackafjorden och närliggande vattenförekomster i Halland, undersökningar 2019–2021 inom det nationella övervakningsprogrammet. Data visas för det maximala djupet baserat på sju transekter vid varje lokal. De nordligast belägna lokalerna i Västra Götalands län visas till vänster i grafen, till de sydligaste lokalerna i Hallands län till höger. Röda staplar visar lokaler belägna i Inre Kungsbackafjorden. Klassgränser för God status (grön) samt Måttlig status (gul) indikeras av streckade linjer.

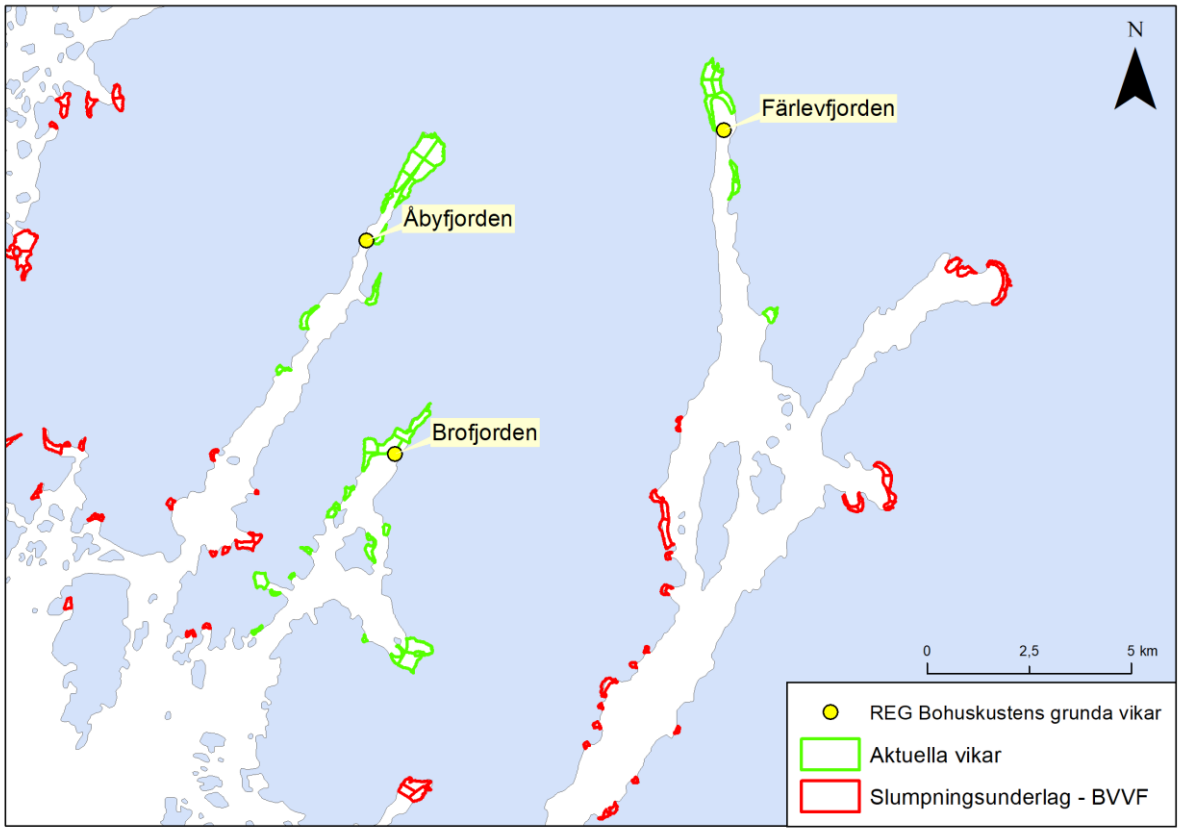
4.2 Övergödning, näring och fintrådiga alger i tre områden med liknande hydromorfologiska förhållanden

I jämförande syfte presenteras förekomst av fintrådiga alger inom några grundområden med liknande hydromorfologiska förhållanden som Inre Kungsbackafjorden. För att möjliggöra en jämförelse valdes områden där det utförs både provtagning av närsalter och fintrådiga alger. De utvalda områdena ingår i det regionala programmet för vattenprovtagningen i grunda vikar som finansieras av Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt Bohuskustens vattenvårdsförbunds (BVVF) övervakning av fintrådiga alger. De utvalda områdena är Åbyfjorden (station för vattenprovtagning: Uleberget), Brofjorden (station för vattenprovtagning: Brevik) och Färlevfjorden (figur 10, 26). Dessa områden är påverkade av sötvattenutflöden men inte i lika stor omfattning som Inre Kungsbackafjorden. Det förekommer dock liknande näringshalter i vattenmassan och produktionen är kvävebegränsad (figur 18).

I närheten av stationen där mätdata över näringshalter finns tillgängliga i de tre utvalda områdena finns flera vikar inkluderade i den stora urvalspoolen vid BVVFs flygbildstolkning av fintrådiga alger (figur 26). Slumpning av vikar inför flygfotografering resulterar i att antalet inventerade vikar varierar mellan år. De tre utvalda områdena ligger inom en region där fintrådiga alger ökat över tid (figur 17). Utbredningen av fintrådiga alger är dock inte direkt jämförbar med Inre Kungsbackafjorden då Bohuskustens övervakningsprogram främst fokuserar på bottnar grundare än 1,0 meter. Dessa grunda bottnar har inte inventerats i Inre Kungsbackafjorden då inventeringen fokuserade på ålgräsets utbredning och avslutades vid ålgräsets inre utbredningsgräns. Det observerades dock flytande algmattor i delar av området och på bottnarna fortsatte de täta mattorna av fintrådiga alger in på grundare områden (figur 27). Förekomst av fintrådiga alger längre in vid mynningen av Kungsbackaån och Rolfsån har dock inte studerats.

I tabell 1 presenteras täckningsgrad av fintrådiga alger inom de tre utvalda områdena under tre år. Täckningsgraden motsvarar hur stor del av bottnarna inom respektive vik som är täckta av fintrådiga alger. De högsta tätheterna noteras i Färlevfjorden längst in i Gullmarsfjorden där de fintrådiga algerna

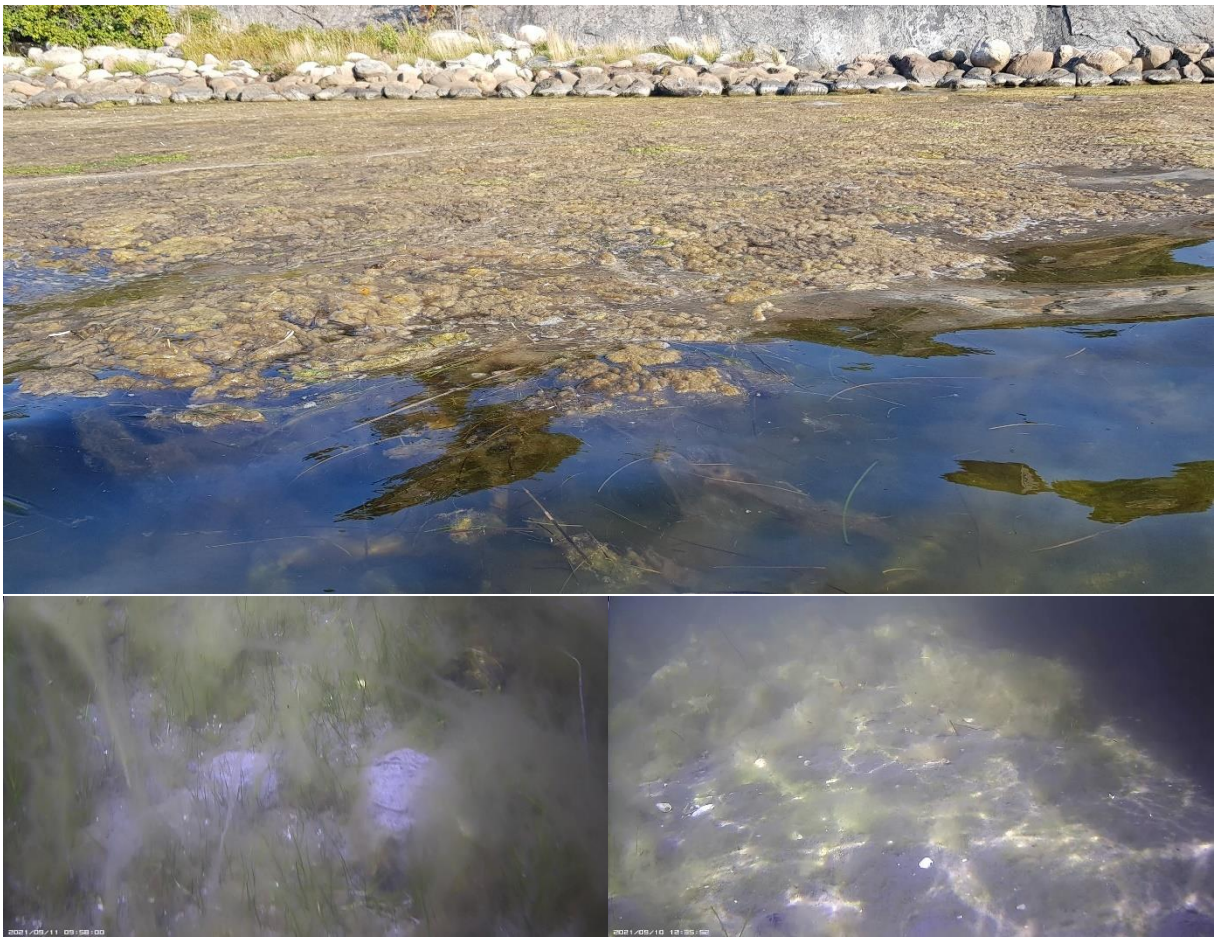
motsvarar en *Måttlig* (50 %) till *Kraftig* (75 %) störning i enlighet med Marbipps klassificeringssystem (Marbipp 2018), vilket motsvarar störningsgraden i Inre Kungsbackafjorden för de allra grundaste inventerade bottnarna (figur 9). Inom övriga områden och vikar i Åbyfjorden och Brofjorden är täckningsgraden i regel lägre än vad inventeringen 2021 i Inre Kungsbackafjorden visar. Det är viktigt i dessa sammanhang att poängtera att Inre Kungsbackafjorden endast inventerats vid ett tillfälle och resultaten i andra områden indikerar att täckningsgraden kan variera mycket mellan år.



Figur 26. Karta över tre utvalda områden, Åbyfjorden, Brofjorden och Färlevfjorden som jämförs med Inre Kungsbackafjorden med avseende på näringsämnen och fintrådiga alger. Inom respektive område presenteras stationen för vattenprovtagning inom regionala grundavikarprogrammet (Länsstyrelsen i Västra Götaland) samt närliggande vikar (gröna) som ingår i BVVFs övervakning av fintrådiga alger. Övriga vikar inom slumpningsunderlaget för flygbildstolkningen av fintrådiga alger syns i rött.

Tabell 1. Täckningsgrad av fintrådiga alger baserat på BVVFs övervakning inom tre utvalda grundområden i jämförande syfte. Inom parentes presenteras stationen inom respektive område där vattenprovtagning utförs inom det regionala grundavikarprogrammet (Länsstyrelsen i Västra Götalands län), se vidare figur 18. Inom varje område har flera vikar övervakats vid 2 tillfällen (juli och augusti), och förekomst i flera vikar presenteras således per år. Källa: Ahlsén m.fl. 2020.

Täckningsgrad (%)	Juli			Augusti		
Fintrådiga alger	2016	2018	2019	2016	2018	2019
Åbyfjorden (Uleberget)	0; 23; 26	0; 2; 7	0	0; 15; 18	0;34	0; 0; 0; 22
Brofjorden (Brevik)	5; 6; 10; 13; 47; 57	0; 0; 0; 0; 0; 2	0	0; 0; 16; 20; 20; 30; 30	0; 0; 22; 50	0; 0; 0; 65
Färlevsfjorden	56; 71; 87	19; 26; 41; 45		33; 50; 80	0; 0	0; 0



Figur 27. Noteringar av fintrådiga alger flytande på ytan (övre bilden) och på bottnar innanför ålgräsets inre utbredningsgräns (ca 0,5 m djup) (nedre bilder) vid inventeringen i september 2021 i Inre Kungsbackafjorden. Foto: ©Marine Monitoring AB.

5. Bedömning av påverkan på Natura 2000-området Kungsbackafjorden

Följande avsnitt behandlar kompletteringspunkt 9, vilket innebär bedömningar hur mängderna (ton/år) näring och syreförbrukande ämnen (BOD_7) som anges för ansökt utökning av Hammargård ARV påverkar Natura 2000-området Kungsbackafjorden.

5.1 Förekommande naturtyper i Inre Kungsbackafjorden

Stora delar av vattenförekomsterna Inre- och Yttre Kungsbackafjorden omfattas av Natura 2000-området Kungsbackafjorden. Det skyddade området har pekats ut för de marina naturtyperna Estuarier (1130) och rev (1170). I fjorden förekommer även naturtyperna Ler- och sandbottnar som blottas vid lågvatten (1140) samt Stora vikar och sund (1160). I den svenska vägledningen för naturtyper har det tagits fram typiska arter för respektive naturtyp vars förekomst påvisar gynnsamt tillstånd av naturtypen. De typiska arterna har valts ut för att exempelvis kunna se förändringar i en funktion eller struktur i naturtypen (Naturvårdsverket 2011).

Baserat på denna utredning är det främst utbredningen av fintrådiga alger till följd av en ökad mängd näring som kan generera en negativ påverkan på naturtyper i Inre Kungsbackafjorden. En ökad produktion av fintrådiga alger i grunda områden kan bland annat orsaka påverkan på artsammansättningen inom Natura 2000-området. Nedan beskrivs vilka ekologiska följder en ökad mängd fintrådiga alger kan få till följd av en ökad näringsbelastning för naturtyperna och de typiska arterna som har påträffats i området.

5.2 Ekologiska följder av förändrad produktion av fintrådiga alger

När mattor av fintrådiga alger tillväxer i grundområden kan det påverka hela ekosystemet genom att rekrytering, artsammansättning och produktion förändras. Även flöden av näring och energi kan förändras och i sin tur innebära en annan artsammansättning än vad som skulle påträffas vid en lägre förekomst av fintrådiga alger. De förändringar som kan ske vid ökad förekomst av alger sker gradvis i relation till utbredningen av algmattorna (MARBIPP 2018). Arterna som förekommer på grunda mjukbottnar är olika känsliga för förekomst av fintrådiga alger och kommer därför påverkas i olika grad beroende på hur hög näringsbelastningen är, där vissa arter gynnas av en ökad mängd alger och andra missgynnas.

5.2.1 Effekter på vegetation i naturtyp 1130, 1140 och 1160

Kärlväxterna ålgräs, dvärgålgräs (*Zostera noltii*) och nating förekommer i Kungsbackafjordens Natura 2000-område och är uppsatta som typiska arter för naturtyperna Estuarier (1130), Ler- och sandbottnar som blottas vid lågvatten (1140) och Stora vikar och sund (1160). Kärlväxterna skapar en komplex tredimensionell struktur och är därför en viktig livsmiljö och uppväxtplats åt många marina organismer, inklusive många fågelarter. Biodiversiteten av fauna associerat med ålgräs är betydligt högre i ålgräsängar jämfört med vegetationsfria bottnar på samma djup (Boström och Bonsdorff 1997) och en förlust av dessa livsmiljöer innebär således en förändrad fauna och minskad artrikedom. Förutom att ålgräset har en viktig ekologisk roll binder plantorna sedimentet och dämpar vågrörelser och förhindrar således grumling och erosion. Ålgräset är känsligt för ökad grumling och försämrad vattenkvalitet och en förlust av ålgräs i ett område kan resultera i irreversibel förändring av miljön där ålgräs inte kan överleva (Moksnes 2019). Kärlväxterna fungerar även som en buffert mot koldioxidutsläpp då det binder kol.

De marina kärlväxterna är känsliga för konkurrens av fintrådiga alger. Hur länge samt hur frekvent algmattorna förekommer i ett område har stor betydelse för dess inverkan på bottenmiljön. Som nämnts tidigare i denna utredning kan en hög tillväxt av dessa snabbväxande alger orsaka en reducerad

ljustillgång för den fleråriga vegetationen och minskad vattencirkulation i området. Nedbrytning av fintrådiga alger kan även orsaka syrebrist och svavelvätebildning på botten, vilket kan slå ut sjögräset lokalt (MARBIPP 2018). Vid syrebrist avges dessutom ammonium och fosfat från sedimentet (Sundby m. fl. 1992) vilket ytterligare gynnar tillväxten av fintrådiga alger. Ålgräs är beroende av att ta upp syre från det omgivande vattnet för att motverka att giftig vätesulfid tränger in i rotzonen på plantan och är därför känslig för minskad syrehalt i vattnet (Moksnes m.fl. 2019).

Vid inventeringen av vegetation i Inre Kungsbackafjorden 2021 (Andersson och Bergkvist 2021) konstaterades att ålgräset har minskat med ca 60 % sedan en inventering av Karlsson 1999. I ovanstående avsnitt har det konstaterats att en anledning till minskningen av ålgräsängarnas utbredning i de grunda områdena kan vara mattor med fintrådiga alger. Skulle förekomsten av fintrådiga alger öka i Kungsbackafjorden kan det orsaka en ytterligare minskning av kärlväxternas utbredning mot grunt vatten i Natura 2000-området. Den största direkta påverkan blir på ålgräset väster om Hanhalsholme där modelleringar av utsläppen från reningsverket visar på högst koncentrationer av näring (figur 3, 4, 8 i avsnitt 2). Ålgräsängens kvalitet bedömdes som god trots att den är belägen i det område med en högre belastning från reningsverket, vilket tyder på att förhållandena är relativt gynnsamma i området. Detta kan bero på att det är en högre vattenomsättning i den delen av fjorden jämfört med de östra grundområdena varpå påverkan från fintrådiga alger endast blir temporär. Ett ökat utsläpp av näring kan även resultera i en ökad produktion av fintrådiga alger i områden med sämre vattenomsättning och fintrådiga alger kan även förflyttas mellan områden av vindar och strömmar.

5.2.2 Effekter på bottenlevande djur och fisk i naturtyp 1130, 1140 och 1160

Vegetationens sammansättning har stor betydelse för fiskfaunan och för de bottenlevande djuren. En ökad tillväxt av fintrådiga alger kan därför orsaka förändringar även av grundområdets fauna. Isaksson och Pihl (1992) dokumenterade ett skifte i dominerande epifauna i en grund vik när täckningsgraden av fintrådiga alger ökade i den vegetationsfria miljön och i en ålgräsäng. I undersökningen noterades biomassan av epifauna ökade på den tidigare vegetationsfria botten vid en medelhög förekomst av snabbväxande alger (30–50 %) medan biomassan av djur vid en hög förekomst av fintrådiga alger (>90 %) minskade. I ålgräsängen minskade biomassan av epifauna vid både en medelhög och en hög täckningsgrad av fintrådiga alger. Vidare har även fisksamhället i grunda miljöer kunnat kopplas till förekomst av fintrådiga alger, där antalet arter och biomassan av fisk påverkas negativt vid en ökad förekomst av de snabbväxande algerna (Pihl m.fl. 1994).

En viktig faktor för ålgrässamhällets biodiversitet och biomassa har visats vara mängden betande kräftdjur och snäckor. Tångmärla (*Gammarus locusta*) är ett vanligt förekommande kräftdjur på grunda bottnar och effektiv betare av opportunistiska alger. I burexperiment har näringstillförsel visats orsaka kraftiga blomningar med fintrådiga grönalger vid avsaknad av tångmärla, medan en hög förekomst av kräftdjuret gjorde att tillväxten av fintrådiga alger kunde kontrolleras även i övergödda förhållanden. Förekomst av stor rovfisk visade på en hög artrikedom, då mängden tångmärla reducerades och tillät andra arter att bli talrika. Kräftdjuret spelar således en nyckelroll i ålgräsängarnas näringsväv, då de kan påverka tillväxten av framför allt gröna fintrådiga alger, men även fintrådiga brunalger och är därför även en god indikator på ängens tillstånd (Andersson m.fl. 2009, Moksnes 2008). Provtagning med bottenskrapa 2007 i Kungsbackafjorden visade på förekomst av ett flertal små kräftdjur, däribland tångmärla, på den grunda bottnen (Göransson och Olsson 2015). Ålgräsros (*Sagartiogeton viduatus*, typisk art för 1160) är nästintill helt associerade med ålgräs och påträffades i undersökningen av Andersson och Bergkvist (2021) på ålgräs djupare än ca 1,5 m. Ålgräsros är filtrerande djur och kan därför påverkas negativt av påväxt av fintrådiga alger. Vissa betande organismer kan dra nytta av den ökande mängden föda så länge det finns tillgång till syrgas på bottnarna. Redan vid en liten störning

kan fintrådiga alger bidra till en ökad bottenfällning av strandkrabba och tångräka, vilka gynnas av de förändrade förhållandena (MARBIPP 2018). I tidigare undersökningar i Kungsbackafjorden har det dock inte noterats någon anmärkningsvärt hög förekomst av de arterna.

Grunda mjukbottnar utgör viktiga födo- och uppväxtplatser för bland annat kommersiellt viktiga bestånd av torsk (typisk art för naturtyp 1130 och 1160) och annan rovfisk. Mattor av fintrådiga alger kan hindra rovfisk från att söka föda i grundområden (Isaksson m.fl. 1993, Pihl m.fl. 1995). Eftersom torsk är den mest betydelsefulla rovfisken i Kungsbackafjorden har torsken en viktig roll för att hålla nere bestånden av mesopredatorer så som mindre fiskarter. Provfiske i området tyder på att faunan av mesopredatorer i Kungsbackafjorden inte skiljer sig nämnvärt från övriga områden längs med västkusten (Sundqvist och Karlsson 2016). I provfisket var skärsnultra (typisk art för 1160), stensnultra (typisk art för 1160), skrubbskädda (typisk art för 1130, 1140 och 1160), svart smörbult och tånglake (typisk art för 1130, 1140 och 1160) de vanligast påträffade mesopredatorerna. I samma undersökning var den vanligast förekommande fisken ål, vilken påträffades främst i grundområden (0–6 m). Ål är en typisk art för naturtyp 1130 och är vanligt förekommande i ålgräsängar. Ål är tålig mot låga syreförhållanden, men en förändring av habitatet i Kungsbackafjorden kan innebära att ålen förflyttar sig och uppehåller sig i andra mer fördelaktiga områden (Bernotas m.fl. 2020).

Vegetationsfria grunda bottnar utgör uppväxtområden för plattfisk så som rödspätta (typisk art för naturtyp 1140) och skrubbskädda (typisk art för 1130, 1140 och 1160). Vid en ökad förekomst av fintrådiga alger kan detta förändra förutsättningarna för bottenfällning av plattfiskarnas larver och uppväxt av juveniler i den grunda miljön. Fältundersökningar av Wennhage och Pihl (1994) och Wennhage (1999) visar att tätheten av unga rödspättor kan vara reducerad med ca 80 till 90 % i uppväxtområden där sedimentet är täckt till mellan 40 och 80 % av fintrådiga grönalger, i jämförelse med vegetationsfria områden. Vidare visar dessa studier att områden med hög algtäckning under sommaren likväl kan ha god tillgång på bottenfällda larver i maj då produktionen av de snabbväxande algerna ännu inte har satt igång. Grundområdenas funktion som uppväxtområde för plattfisk kan dock bli begränsad om tillväxten av fintrådiga alger är hög senare under säsongen och då minskar tillgången på vegetationsfria bottnar som är viktig för de juvenila plattfiskarna. Flera plattfiskarter har konstaterats nyttja Kungsbackafjordens grunda bottnar. I SLU:s inventering 2011 var skrubbskädda vanlig på bottnar 0–6 m framför allt i de mer sötvattenspåverkade, inre delarna av fjorden, och rödspätta påträffades främst inom djupintervallet 0–10 m i samma studie (Sundqvist och Karlsson 2016). I övrigt har individtätheten för epifauna på de grunda vegetationsfria bottnarna beskrivits som förhållandevis låg (Göransson och Olsson 2015). De arter som har noterats som dominerande är sandstubb (typisk art för 1130) och sandräka (typisk art för 1130, 1140).

5.2.3 Effekter på bottenfauna

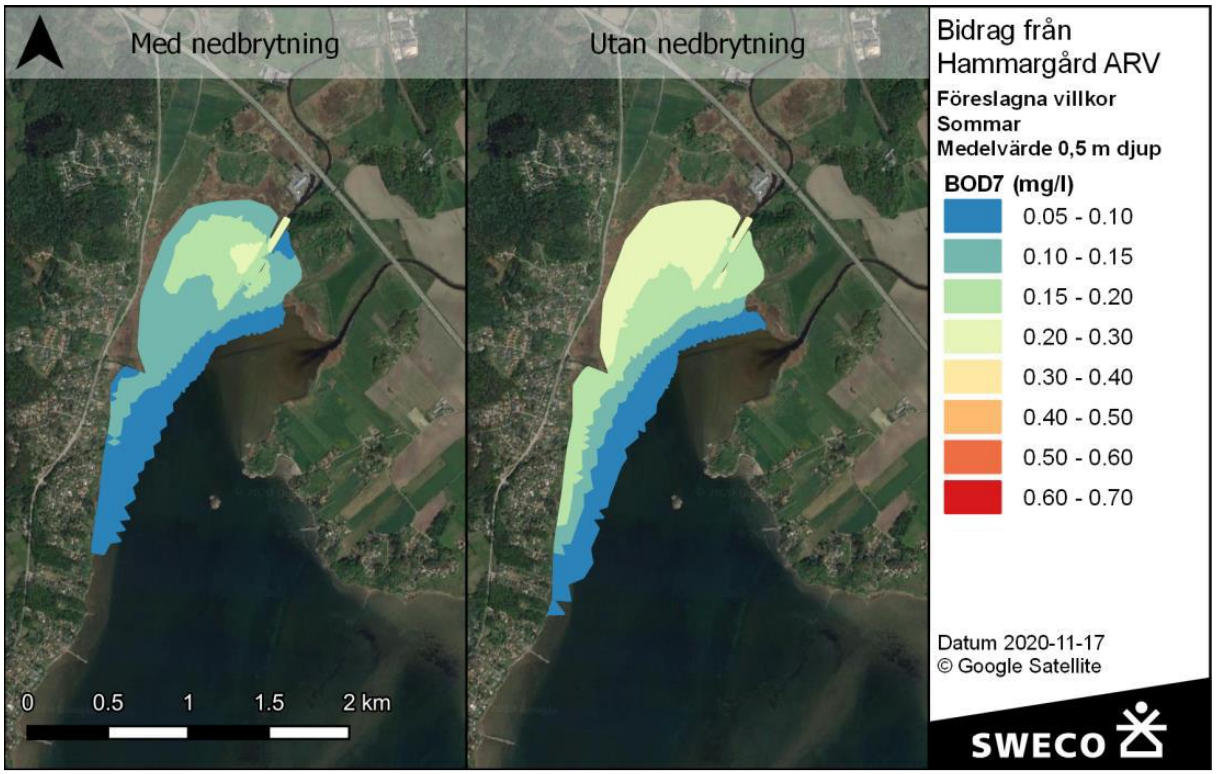
Mjukbottnar på 5–25 m djup har pekats ut som syrefattiga och i sämre skick än övriga delar av fjorden (Göransson 2021, Göransson och Olsson 2015). Detta avspeglar sig även i bottenfaunan i området, där förekomst av opportunistiska arter så som tusensnäcka (*Peringia ulvae*, typisk art för 1140), korgmussla (*Corbula gibba*) och havsborstmasken *Scalibregma inflatum* samt en varierad biomassa över åren kan tyda på en hög organisk belastning (Göransson 2021). Bottenfaunan i estuarier är utsatt för en ökad stress till följd av varierade salthalter där känsliga arter har svårt att överleva. Förekomsten av opportunistiska arter kan därför även vara en följd av den sötvattenspåverkade miljön. En ökad näringsbelastning på grunda bottnar kan även medföra att nedbrytningen på djupare bottnar ökar till följd av ökad deposition av organiskt material och kan medföra ytterligare försämrade förhållanden på de djupare bottnarna. Språngskiktet mellan det salta bottenvattnet och utspädda ytvattnet varierar med utflöde av sötvatten från vattendragen liksom strömmar och vindförhållanden och kan på dessa djup variera. Är förhållandena sådana att språngskiktet ligger nära botten på dessa djup och

omblandningen i vattnet är låg kan även detta ge upphov till låga syrekoncentrationer vid botten till följd av förbrukning av organiskt material.

5.2.4 Påverkan från utsläpp av syreförbrukande ämnen, BOD_7

Hammargård ARV släpper idag ut 27 ton syreförbrukande ämnen, BOD_7 och i det framtida villkoret kommer utsläppet öka till 47 ton. Det förväntas att den del av BOD_7 som är löst i vattnet (suspenderat) bryts ner i vattenmassan och vid goda syreförhållanden och bra vattenutbyte blir risken för låga syrehalter i bottenvattnet liten. BOD förekommer även som partikulärt bundet, vilket förväntas sedimentera och brytas ner på bottnarna och kan därmed påverka syrehalterna i sedimentet, framför allt i områden med dåligt vattenutbyte, hög organisk belastning och därmed dåliga syreförhållanden. Vid en låg syrenivå på 2 mg/l har många arter svårt att överleva, och vid syrebrist kan svavelväte bildas. I Inre Kungsbackafjorden förekommer tillfälligt låga syrgashalter på station N5 och enligt trendanalysen är det en nedåtgående trend i bottenvattnet, dvs. en försämring (Palmkvist m.fl. 2021). Miljöstatusen för syrgas på N5 klassas dock fortfarande som *Hög*.

I figur 28 visas medelhalterna av BOD_7 med och utan (endast spädning) nedbrytning av det organiska materialet. Figurerna demonstrerar att syre förbrukas vid nedbrytning eftersom halterna av BOD sjunker. Enligt beräkningar innebär detta en lokal sänkning av syrgashalten med 0,1 ml/l vid Kungsbackaåns mynning (Dahlström m.fl. 2020). Modelleringen i figur 28 baseras på ett utsläpp motsvarande 8 mg/l och verksamheten föreslog sedan villkor på 5 mg/l. Minskningen i syrgashalt för ansökt verksamhet är därmed mindre än vad som redovisas i kartan.



Figur 28. Verksamhetens bidrag av BOD_7 (mg/l, medelvärde sommar på 0,5 m djup) till Inre Kungsbackafjorden för föreslagna villkor utifrån simulering med och utan nedbrytning av det organiska materialet. Bild från Dahlström m.fl. 2020.

Vid inventeringen 2021 ingick inte det innersta området vid Kungsbackaåns mynning där påverkan från ett ökat utsläpp av BOD_7 blir som störst (figur 28). Inventeringen avslutades vid ålgräsets inre utbredningsgräns vilket motsvarade ca 0,8 meters djup. Vid dessa djup ersattes ålgräset av andra arter av marina kärlväxter såsom nating och dvärgålgräs. Sedimentet utgjordes av sand och sandmask observerades, vilket indikerar en god syresättning av sedimentet. Inget svavelväte noterades trots extremt mycket fintrådiga alger. Dessa observationer indikerar en exponerad miljö med bra vattenutbyte och god syresättning. En tät ålgräsäng inom området indikerar även att de höga tätheterna av fintrådiga alger inte bidrar med längre perioder av syrebrist och svavelväte i sedimentet. Vid en inventering i november 2020 (Egriell 2020) noterades sandigt sediment och nating på de innersta bottnarna där Kungsbackaån mynnar, vilket är ytterligare en indikation på en god syresättning av området. I november noterades även låg förekomst av fintrådiga alger vilket indikerar att de fintrådiga algerna främst påverkar syreförhållandena under en förhållandevis kort period inom detta område.

5.2.5 Sammantagen bedömning av effekter på natura 2000 området

Ett ökat utsläpp av näringsämnen kan påverka Natura 2000 naturtyper inom området då det finns en risk för ytterligare produktion av fintrådiga alger och ackumulering av näring i sedimentet. De befintliga tätheterna av fintrådiga alger klassificeras som en kraftig störning av bottnarna i delar av Inre Kungsbackafjorden. Undersökningar i Kungsbackafjordens grundområden samt provfisken visar indikationer på att dessa miljöer är påverkade både från en ökad näringsbelastning och top-down effekter till följd av minskat antal rovfiskar. En ökad produktion av fintrådiga alger i den redan påverkade grunda bottenmiljön kan orsaka ytterligare belastning på ekosystemet i Natura 2000-området. Detta kan bland annat påverka viktiga strukturer och funktioner inom alla naturtyper som påträffas i området såsom 1140 (grunda bottnar som blottas vid lågvatten), 1130 (estuarier) och 1160 (Stora vikar och sund). Det kan bland annat orsaka ytterligare förlust av viktiga habitat såsom ängar av ålgräs och nating, vilket innebär minskade uppväxt- och födosöksområde för många arter. Utbredning av fintrådiga alger kan även hindra torsk och annan rovfisk att söka föda och minska tillgången på vegetationsfria områden som är viktiga uppväxtområden för plattfisk. Hur hög störningsgrad samt hur frekvent algmattor förekommer i ett område har dock en stor betydelse för dess inverkan på bottenmiljön. I delar av Inre Kungsbackafjorden där syresättningen bedömts vara god kan mattor av fintrådiga alger troligtvis brytas ner under hösten utan att resultera i någon betydande påverkan på syreförhållandena i sedimentet. Efterföljande vår kan vegetation tillväxa och larver bottenfälla utan att påverkas av de fintrådiga algerna. Det finns dock skyddade områden med dålig vattenomsättning där algmattor ansamlas under en längre tid vilket kan leda till syrebrist och bildande av svavelväte.

Baserat på beskrivna observationer bedöms den ökade mängden BOD_7 inte ge någon betydande påverkan på djurlivet i grundområdet. En viss påverkan kan förekomma men endast under förhållandevis korta perioder då vattenomsättningen försämras till följd av höga tätheter av fintrådiga alger i kombination med nedbrytning av organiskt material. Sannolikt syresätts dessa bottnar igen under de delar av året då fintrådiga alger inte förekommer.

6. Referenser

Ahlsén J, Andersson S, Norlinder E, Bergkvist J. 2019. Framtagande av nationella naturtypskartor för Blottade ler- och sandbottnar 1140, samt Estuarier 1130. Havs- och vattenmyndigheten. Rapport 2019:xx

Ahlsén J, Fransson K, Norlinder E, Bergkvist J, Magnusson M. 2020. Förekomst, utbredning och biomassa av snabbväxande fintrådiga grönalger längs Bohuskusten - år 2019. Bohuskustens Vattenvårdsförbund. ISBN: 978-91-87107-44-3

Andersson S, Bergkvist J. 2021. Inventering av ålgräs och makroalger i Inre Kungsbackafjorden 2021. Marine Monitoring AB.

Andersson S, Persson M, Moksnes P-O, Baden S. 2009. The role of the amphipod Gammarus locusta as a grazer on microalgae in Swedish seagrass meadows. Marine Biology 156:969-981.

Atkinson M J, Smith S V. 1983. C:N:P ratios of benthic marine plants. Limnology and Oceanography. 28(3): 568-574.

Baden S, Emanuelsson A, Pihl L, Svensson C-J, Åberg P. 2012. Shift in seagrass food web structure over decades is linked to overfishing. Mar Ecol Prog Ser 451:61-73.

Baden S, Boström C, Tobiasson S, Arponen H, Moksnes P-O. 2010. Relative importance of trophic interactions and nutrient enrichment in seagrass ecosystems: A broad-scale field experiment in the Baltic-Skagerak area. Limnology and Oceanography 55: 1435-1448.

Baden S, Gullström M, Lundén B, Pihl L, Rosenberg R. 2003. Vanishing seagrass (*Zostera marina*, L.) in Swedish coastal waters. Ambio: A Journal of the Human Environment 32: 374–377.

Bernotas P, Öğlü B, Nõges P. 2020. How do environmental factors affect the yield of European eel (*Anguilla anguilla*) in a restocked population?. *Fisheries Research*, *230*, 105649.

Björnsäter B R, Wheeler P A. 1990. Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of Ulva fenestrata and Enteromorpha intestinalis (ulvales, chlorophyta) 1. *Journal of Phycology*, 26(4), 603-611.

Borum J, Duarte C M, Krause-Jensen D, Greve T M. 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MSproject.

Boström C, Baden S, Krause-Jensen D. 2003. The seagrasses of Scandinavia and the Baltic Sea. In: Green E.P., Short F.T. (eds.) World Atlas of Seagrasses. University of California Press, Berkeley, USA, s. 27−37.

Boström C, Bonsdorff E. 1997. Community structure and spatial variation of benthic invertebrates associated with *Zostera marina* (L.) beds in the northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, *37*(1-2), 153-166.

Bryhn A, Sundelöf A, Florin A-B, Lymer D, Jones D, Pettersson E & Dekker W. 2021. Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2020 – Resursöversikt. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2021:6.

Bydén S, Larsson A M, Olsson M. 2003. Mäta vatten: undersökningar av sött och salt vatten. Tredje upplagan. Institutionen för miljövetenskap och kulturvård, Göteborgs Universitet.

Dahlström A, Lövstedt C, Söderberg T, Schmidt J, Styf H, Rensfeldt V, Schmitdt E. 2020. Spridningsberäkningar och påverkansanalys för Hammargård avloppsreningsverk. SWECO 2020-12-03

Dennison W C, Orth R J, Moore K A, Stevenson J C, Carter V, Kollar S, & Batiuk R A. 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. *BioScience*, *43*(2), 86-94.

Edman A. 2020. Trendrapport Hydrografi 2019. Bohuskustens vattenvårdsförbund. SMHI rapport 2020-2

Edman A. 2017. Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2016. Bohuskustens vattenvårdsförbund. SMHI Rapport Nr. 2017-6.

Egriell N. 2020. Bedömning av ålgrässtatus och påverkan på hotade arter miljökvalitetsnormer för vatten och Kungsbackafjordens Natura 2000-område från Hammargårds planerade utökade avloppsreningsverk. Sweco Sverige AB.

Eklöf J S, Alsterberg C, Havenhand J N, Sundbäck K, Wood H L, Gamfeldt L. 2012. Experimental climate change weakens the insurance effect of biodiversity. Ecology letters, 15(8), 864-872.

Engelsen A. 2008. Links between macroalgal mats, fauna and sediment biogeochemistry. Doktorsavhandling. Göteborgs Universitet.

Erlandsson C. 2021. Näringsbelastningen i Bohuskustens grunda vikar. En utvärdering av provtagningen under 2009-2011 och 2016-2018. Länsstyrelsen Västra Götaland. Rapportnr. 2021:08

Göransson P. 2021. Miljötillståndet för bottenfaunan i Kungsbackafjorden 2020. PAG Miljöundersökningar

Göransson P, Olsson I. 2015. Bottenfaunan i Kungsbackafjorden 1969-2009. Med en återblick till 1930-talet. Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.

HVMFS 2019. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten; HVMFS 2019:25

Isaksson I, Pihl L, van Montfrans J. 1993. Eutrophication-related changes in macrovegetation and foraging of young cod (*Gadus morhua* L.): A mesocosm experiment. J. Exp. Mar. Biol. Ecol, 177: 203-217.

Isaksson I, Pihl L. 1992. Structural changes in benthic macrovegetation and associated epibenthic faunal communities. Neth. J. Sea Res. 30" 131-140.

Karlsson J. 1999. Kungsbackafjordens marina flora: Djuputbredning av makroalger samt utbredning av ålgräs (Zostera marina) och nating (Ruppia maritima) sommaren 1999. Rapport till Miljö- och hälsoskyddskontoret i Kungsbacka kommun

Lindegarth M. 2019. Analys av trender i utbredningen av fintrådiga alger längs Bohuskusten – generella och lokala mönster, samt möjliga förklaringsmodeller. ISBN: 978-91-87107-36-8.

Loo L-O. 2015. Stora bestånd av ålgräs förlorade i Kattegat. Havet 1888. Havsmiljöinstitutet.

Lotze H K, Worm B, Sommer U. 2001. Strong bottom-up and top-down control of early life stages of macroalgae. *Limnology and oceanography*, *46*(4), 749-757.

Lotze H K, Schramm W. 2000. Ecophysiological traits explain species dominance patterns in macroalgal blooms. *Journal of Phycology*, *36*(2), 287-295.

Länsstyrelsen. 2021. VISS. Inre Kungsbackafjorden. http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA21723833 [2021-11-22]

MARBIPP. (den 01 11 2018). Naturvårdsverkets forskningsprogram - MARBIPP (Marine biodiversity, patterns and processes). Hämtat från http://www.MARBIPP. tmbl.gu.se

Mattsson M, Palmkvist J, Edler L. 2020. Hallands Kustvattenkontroll. Hydrografi och Växtplankton Årsrapport 2019 med utvärdering 1993-2019. Länsstyrelsen i Hallands län.

Moksnes, P-O. 2019. Yttrande om muddringseffekter på ålgräs. Bilaga 1 Målnr M 914-19.

Moksnes P-O, Eriander L, Hansen J, Albertsson J, Andersson M, Bergström U, Carlström J, Egardt J, Fredriksson R, Granhag L, Lindgre F, Nordberg K, Wendt I, Wikström S, Ytreberg E. 2019. Fritidsbåtars påverkan på grunda kustekosystem i Sverige. Havsmiljöinstitutets Rapport nr 2019:3.

Moksnes P-O, Tullrot A, Larson F. 2017. Åtgärdsprogram för ålgräsängar: Zostera spp. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2017:24

Moksnes P-O, Gipperth L, Eriander L, Laas K, Cole S, Infantes E. 2016. Förvaltning och restaurering av ålgräs i Sverige – Ekologisk, juridisk och ekonomisk bakgrund. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:8, 148 sidor, ISBN 978-91-87967-16-0.

Moksnes P-O, Belgrano A, Bergström U, Casini M, Gårdmark A, Hjelm J, Karlsson A, Nilsson J, Olsson J, Svedäng H. 2011. Överfiske – en miljöfarlig aktivitet. Orsaker till fiskbeståndens utarmning och dess konsekvenser i svenska hav. Havsmiljöinstitutets rapport nr. 2011:4.

Moksnes P-O, Gullström M, Tryman K, Baden S. 2008. Trophic cascades in temperate seagrass community. Oikos 117: 763-777

Naturvårdsverket. 2011. Vägledning för svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1.

NyEra Embreco 2021. Miljökonsekvensbeskrivning avseende verksamheten vid Hammargård avloppsreningsverk, Kungsbacka kommun.

Palmkvist J, Mattsson M, Edler L. 2021. Hallands Kustvattenkontroll. Hydrografi och Växtplankton Årsrapport 2020. Länsstyrelsen i Hallands län. Rapport 2021:05

Persson M, Andersson S, Baden S, Moksnes P-O. 2008. Trophic role of the omnivorous grass shrimp Palaemon elegans in a Swedish eelgrass system. Mar Ecol Prog Ser 371: 203-2012.

Pihl L, Magnusson G, Isaksson I, Wallentinus I. 1996. Distribution and growth dynamics of ephermal macroalgae in shallow bays on the Swedish westcoast.

Pihl L, Isaksson I, Wennhage H, Moksnes P-O. 1995. Recent increase of filamentous algae in shallow Swedish bays: effects on the community structure of epibenthic fauna and fish. *Netherland Journal of Aquatic Ecology*, *29*(3), 349-358.

Pihl L, Wennhage H, Nilsson S. 1994. Fish assemblage structure in relation to macrophytes and filamentous epiphytes in shallow non-tidal rocky- and soft-bottom habitats.--Env. Biol. Fish. 39" 271-288.

Ruist E, Joelsson A, Erlandsson C, Bjuringer H, Isaksson I, Gustafsson B, Klingberg M. 2009. En fallstudie av kustvattenförekomsten Inre Kungsbackafjorden - En bedömning av åtgärdspotentialen i avrinningsområdet för att minska belastningen av näringsämnen och effekterna av åtgärderna i havet. I: Erlandsson C, Lann H, Ruist E, Rönner U, Isaksson I, Klingberg M, m.fl. 2009. Fyra fallstudier för att minska övergödningen i Västerhavets vattendistrikt. Länsstyrelsen i Västra Götalands län Rapport: 2009:51

Stibe L. 2015. Vattenkemiska undersökningar i Hallandsåarna 1972-2014. Länsstyrelsen i Hallands län 2015:14

Sundby B, Gobeil C, Silverberg N, Alfonso M. 1992. The phosphorus cycle in coastal marine sediments. *Limnology and oceanography*, *37*(6), 1129-1145.

Sundbäck K, Miles A, Hulth S, Pihl L, Engström P, Selander E, Svenson A. 2003. Importance of benthic nutrient regeneration during initiation of macroalgal blooms in shallow bays. *Marine Ecology Progress Series*, *246*, 115-126.

Sundqvist F, Karlsson M. 2016. Faktablad – Resultat från övervakningen av kustfisk Kungsbackafjorden (Västerhavet) 2011. Sveriges lantbruksuniversitet rapport 2016:6.

Svedäng H, Wikström A, Wennhage H, Hentati Sundberg J. 2016. Ett fiskefritt område för skydd av torsk, piggvar och rödspätta i Västkustens fjordområden. Delrapport 6. I: Bergström m fl. 2016. Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. Aqua reports 2016:20.

Svedäng H, Hagberg J, Börjesson P, Svensson A, Vitale F. 2004. Bottenfisk i Västerhavet. Fyra studier av beståndens status, utveckling och lekområden vid den svenska västkusten. Fiskeriverket, Havsfiskelaboratoriet, Lysekil.

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). 2021. Miljödata-MVM. Datavärdskap sjöar och vattendrag, samt Datavärdskap jordbruksmark, https://miljodata.slu.se/mvm/ [2021-11-22].

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) 2021. Vattenwebb https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb [2021-11-22].

SWECO 2021. Karaktäristisk strömriktning hämtad ur hydrodynamisk 3D-modell över Kungsbackafjorden.

Vitale F, Börjesson P, Svedäng H, Casini M. 2008. The spatial distribution of cod (Gadus morhua L.) spawning grounds in the Kattegat, eastern North Sea. Fisheries Research 90: 36-44.

Wallentinus I. 1984. Comparisons of nutrient uptake rates for Baltic macroalgae with different thallus morphologies. *Marine Biology*, *80*(2), 215-225.

Wennhage H. 1999. Recruitment processes in the flatfish Pleuronectes platessa (L.): larval supply, habitat selection and predator-prey interactions at settlement.

Wennhage H, Pihl L. 1994. Substratum selection by juvenile plaice (Pleuronectes platessa L.): impact of benthic microalgae and filamentous macroalgae. *Netherlands Journal of Sea Research*, *32*(3-4), 343-351.

Wikström A, Wennhage H, Lövgren J, Svensson F, Börjesson P, Sköld M. 2016. Ett fiskefritt område för skydd av torsk i Kattegatt. I: Bergström m fl 2016. Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. Aqua reports 2016:20.

Östman Ö, Eklöf J, Eriksson B K, Olsson J, Moksnes P-O, Bergström U. 2016. Top-down control as important as nutrient enrichment for eutrophication effects in North Atlantic coastal ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, *53*(4), 1138-1147.

Utredning av tillståndet i Inre Kungsbackafjorden och påverkan från Hammargård avloppsreningsverk

Sandra Andersson, Kerstin Fransson och Jimmy Ahlsén
Marine Monitoring AB

MARINE MONITORING AB
Strandvägen 9, 453 30, Lysekil
Tel +46 523-101 82 | Mobil 0727 338 981
E-post info@marine-monitoring.se | www.marine-monitoring.se