HÖGSKOLAN
I HALMSTAD

Miljöstrateg 180hp

EXAMENSARBETE

Miljöbedömning

Miljökonsekvensbeskrivning för prövning av muddring i Natura 2000-området Nordre älvs estuarium

Therese Olsson

Examensarbete i miljövetenskap 15hp

Göteborg 2014-09-09

Examinator:
Doc. Sylvia Waara

Handledare:
Fil Mag. Kristian Eno

Extern kontaktperson:
Miljökonsult Stefan Bydén

Sammanfattning

Nordre älv är ett av två utflöden från Sveriges största vattendrag Göta älv. Estuariet som består av älvens mynning och en del av skärgården, är speciellt med blandning av sött och salt vatten och är utpekat till bland annat Natura 2000-område.

I framtiden är det ett möjligt scenario att flytta delar av sjötrafiken som idag går i Göta älv genom Göteborg, till Nordre älv istället. Förutsättningarna för sjötrafiken genom Göteborg förändras i takt med att staden utvecklas och förväntade havsnivåhöjningar kan fordra större skyddsåtgärder för staden i framtiden. Här spelar både samhälls-, ekonomi- och miljöaspekter roll och en sammanvägning av konsekvenser behöver göras. Eftersom tröskelområdet i Nordre älvs mynning är mycket grunt behöver i så fall muddring utföras. Det är ett fysiskt ingrepp där bottensediment tas bort för att skapa en djupare ränna där fartyg kan passera. För ett sådant ingrepp krävs tillståndsansökan samt en miljökonsekvensbeskrivning som beskriver direkta och indirekta effekter på miljö och människa. Denna rapport är en förstudie med inspiration av miljökonsekvensbeskrivning där effekter av muddring i Nordre älvs estuarium studeras. Litteraturstudien bygger på publikationer från myndigheter och organisationer, vetenskapliga artiklar samt personlig kommunikation med berörda och sakkunniga.

I estuariet finns ålgräsäng som är ett viktigt habitat för födosök och som barnkammare för många arter. Lax och öring vandrar upp genom älven för att leka och ål som är rödlistad förekommer i området. Den största effekten av muddringen är direkt borttagande av vegetation och fauna. Andra effekter som kan få stor påverkan är grumling (kortsiktigt) och förändrad hydrodynamik. Ålgräsets omfattning kommer minska men det är förhoppningsvis möjligt att genom kompensationsåtgärder öka ålgräsutbredningen utanför muddringsrännan och därigenom motverka negativ nettoeffekt. Stor tyngd bör läggas på val av tidpunkt. Under sommaren då fortplantning sker är ekosystemet mest känsligt mot störningar. Men genom god planering med åtgärder för att minska påverkan samt noga val av teknik och utrustning kan negativa miljöeffekter begränsas.

För att kunna utvärdera miljöeffekterna i ett större perspektiv behöver ytterligare studier göras i och kring Göteborg för att utvärdera vilka positiva och negativa effekter som uppstår av att flytta sjöfarten och andra framtida projekt.

Nyckelord:

Muddring, estuarium, ålgräs, kompensationsåtgärder och klimatförändringar.

Abstract

The Nordre älv estuary is the largest of its kind in Sweden with the typical fresh and salt water mix. It contains eelgrass which is an important habitat for many organisms as feeding ground and nursery area. The estuary is protected by several different directives, laws and conventions, such as: nature reserve and Natura 2000 according to the Habitats Directive and Birds Directive issued by the EU. Because of changed conditions for marine traffic through Gothenburg it may be necessary to relocate it to the river *Nordre älv* in the future. That would require a dredging since the river mouth contains a shallow threshold. An environmental impact assessment (EIA) is required as part of the permit application for dredging. This essay is a literature review inspired by EIA based on publications from agencies and organizations, research, scientific articles and personal communication with experts. The major effect of dredging is directly removal of vegetation and fauna. Other effects that may have significant impact is clouding (short term) and altered hydrodynamics. Eelgrass extent will decrease but might be offset by compensational measures. Through proper planning and precautions it's possible to reduce negative environmental impacts.

Keywords:

Dredging, estuary, eelgrass, compensation measures and climate change.

Förord

”Vänlighet är svårt att ge bort, för den kommer alltid tillbaka.”
Dalai Lama

Många är de som svarat på mina frågor, läst mina texter, stöttat, peppat, diskuterat, kommenterat och på andra sätt hjälp mig i mitt arbete. Till dem vill jag säga ett stort tack och en önskan om att få sprida den värme och det leendet som det gett mig vidare.

Idén till detta arbete kommer från Stefan Bydén, konsult på Melica i Göteborg, som jag vill ge ett stort tack för råd och hjälp längs vägen. Tack också till min handledare Kristian Eno på Högskolan i Halmstad för värdefull hjälp. På jakt efter svar har jag haft kontakt med flera myndigheter där jag alltid bemötts med vänlighet och hjälpsamhet. Tack Anne-Marie Larsson (oceanograf) som bidragit med kunskap och värdefulla synpunkter, till Ewa Lawett (marinekolog, länsstyrelsen) för inbjudan och Christina Wolf (Svenska miljöinstitutet) som höll i den tredje och avslutande workshopen inom projektet ARCH som gav mig inspiration och en spännande inblick i miljöarbetet om Nordre älv. Till alla som jag haft kontakt med under arbetets gång; ni har alla varit till stor hjälp i mitt arbete och jag värdesätter mycket er kunskap och vilja att dela med er av denna.

Göteborg, Maj 2014

Therese Olsson

Ordlista

Abundans
Antal individer av en art, populationstäthet.

Biota
Levande fauna och flora som finns inom ett område.

Epifauna
Djur som lever ovanpå bottensedimenten.

Estuarium
”Flod och åmynning där sötvatten blandas med det saltare havsvattnet, och där både marina och limniska miljöer förekommer och utgör en ekologisk enhet. Naturtypen har en komplex artsammansättning med såväl djur som växter av marint-, limniskt- och brackvattenursprung”. (Naturvårdsverket, 2011)

Fjord
Trång ofta djup havsvik med grundare parti i ytterdelen.

Grumling
Ökad halt lösta partiklar i vattnet.

Habitat
En arts livsmiljö.

Hydrodynamik
Vattnets rörelser under påverkan av krafter.

Infauna
Djur som lever nergrävda eller inborrade i bottensedimenten.

Natura 2000-område
Område skyddat enligt miljöbalken 7kap 28§ miljöbalken efter regeringsbeslut i enlighet med Europaparlamentets direktiv om bevarande av fåglar (2009/146/EG) och eller bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter (2006/105/EG). Syftet med Natura 2000 är enligt Naturvårdsverket (2014) att skapa ett nätverk av skyddade områden för att hejda utrotning av arter och livsmiljöer.

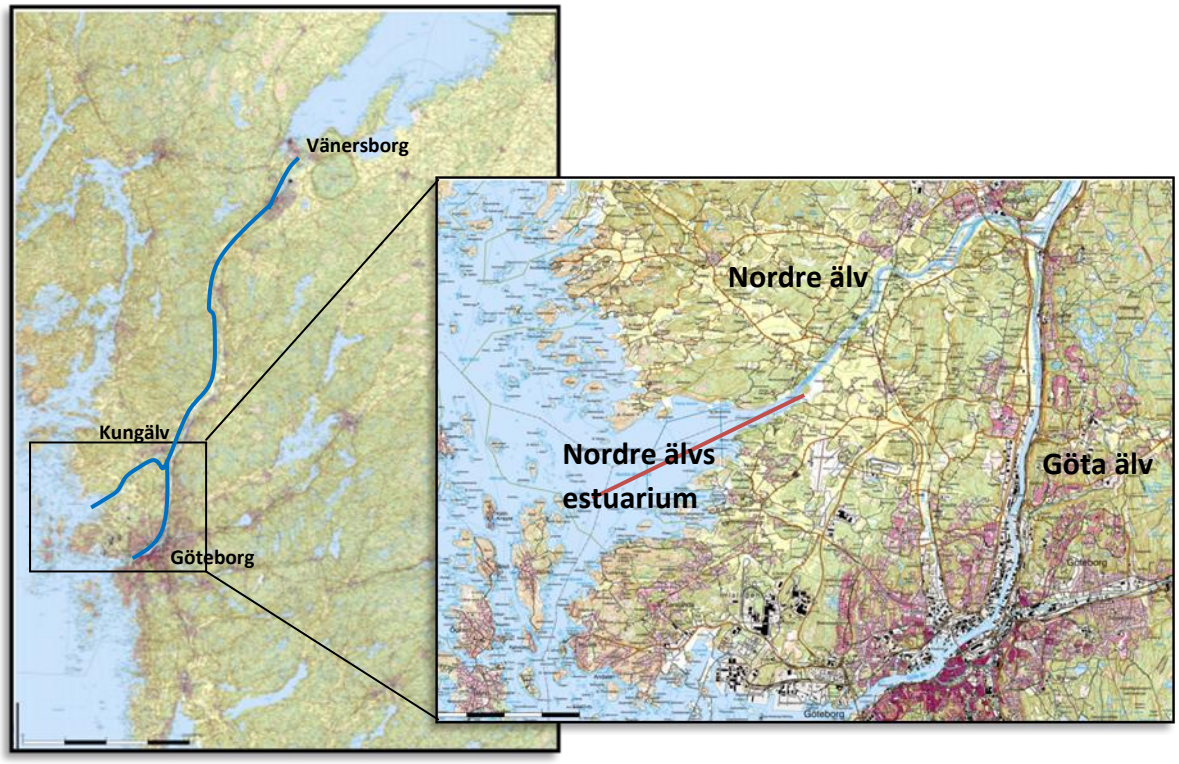
Miljökonsekvensbeskrivning (MKB)
Regleras i 6kap miljöbalken och krävs vid tillståndsansökan för verksamheter som kan ha miljöpåverkan. ”Syftet med en miljökonsekvensbeskrivning för en verksamhet eller åtgärd är att identifiera och beskriva direkta och indirekta effekter som den planerade verksamheten eller åtgärden kan medföra på människor, djur, växter, mark, vatten, luft, klimat, landskap och kulturmiljö, dels på hushållningen med mark, vatten och den fysiska miljön i övrig, dels annan hushållning med material, råvaror och energi. Vidare är syftet att möjliggöra en samlad bedömning av dessa effekter på människors hälsa och miljön” (6kap 3§ miljöbalken).

Innehållsförteckning

1. Inledning 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte 3
1.3 Avgränsningar 3
2. Material 4
3. Miljökonsekvensbeskrivning 4
3.1 Fartygstrafiken 5
3.2 Beskrivning av muddringsåtgärder 5
3.3 Nulägesbeskrivning 7
3.3.1 Hydrografi 8
3.3.2 Geologi 11
3.3.3 Marinbiologi 12
3.4 Miljöambitioner 16
3.4.1 Miljömålen 17
3.5 EU-direktiv 17
3.6 Svensk lagstiftning 18
3.6.1 Miljökvalitetsnormer 18
3.7 Verksamheter i och vid älven 19
3.8 Alternativa lösningar och nollalternativ 20
4. Resultat 22
4.1 Effekter av muddring 22
4.1.1 Kompensationsåtgärder 25
5. Diskussion 26
6. Slutsatser 30
7. Fortsatta studier 31
8. Källor 32

1. Inledning

Nordre älv utgör en del av Göta älv som är Sveriges vattenrikaste vattendrag (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2013b). Göta älv rinner från Vänerns utlopp vid Vänersborg till Kungälv där den delar sig till två utflöden, se figur 1. Nordre älv är det norra utflödet genom vilket 75 % av vattenmängden rinner ut till Västerhavet. Nordre älvs estuarium, som bl.a. består av älvens mynning, är det största i Sverige och speciellt i sitt slag med så utpräglad estuariemiljö med förhållandevis lite mänsklig påverkan. Området är utsett bland annat till Natura 2000-område och i bevarandeplanen (länsstyrelsen Västra Götaland, 2005) framgår att det finns ett stort antal olika naturtyper som ska bevaras i området.



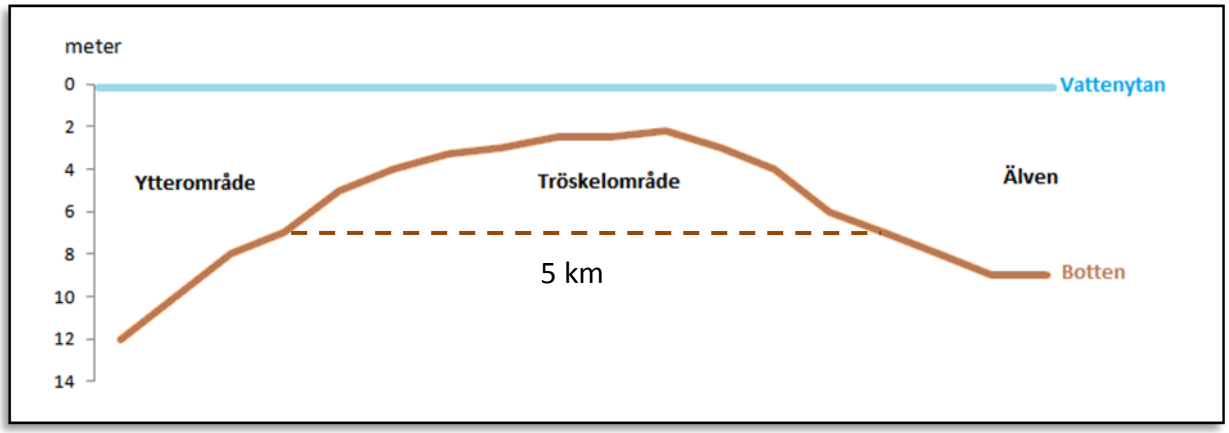
©Lantmäteriet [i2012/1029] Figur 1. Göta älv rinner från Vänern och mynnar via de två utflödena Nordre och Göta älv. Den röda linjen i Nordre älvs estuarium markerar sträckan för profilbilden över botten i figur 2.

1.1 Bakgrund

Vatten från Göta älv används bland annat av industrier till kyl- och processvatten, vattenkraftproduktion och som råvattenkälla. Älven är också en viktig transportled till Vänern där fartygstrafiken idag går genom Göteborg och vidare upp på Göta älv. Således har älven flera viktiga funktioner och vid planering för hur älven ska utnyttjas finns många intressen att beakta. Frågan om att flytta sjötrafiken till Nordre älv är starkt kopplad till flera andra projekt, verksamheter och intressen. Nya broar i Göteborg och åtgärder mot havsnivåhöjning är några av de framtidsaspekterna som spelar in. För att sätta detta projekt i relation till övriga viktiga frågor och återspegla konsekvenser ur ett större perspektiv görs i slutet en kort sammanfattning av andra intressen. Likaså lyfts andra alternativ för

godstransporter och en trolig utveckling av miljöförhållandena i Nordre älvs estuarium kopplat till klimatförändringar om muddring inte genomförs.

Eftersom det finns ett grunt tröskelområde i Nordre älvs mynning, se figur 2, där större fartyg inte kan passera behöver en muddring genomföras för att öka djupet, om flytt av sjötrafik blir aktuell. Muddring är ett fysiskt ingrepp där bottensediment tillsammans med vegetation och organismer som finns i sedimenten avlägsnas. Direkta effekter vid muddring är grumling, förändrad bottenstruktur samt spridning av; föroreningar, organiskt material och näringsämnen som finns i sedimenten. Indirekta effekter av omstruktureringen kan vara förändrad hydrodynamik samt förändringar i flora och fauna. Om hänsyn tas till ekologin i området och om man använder så skonsamma metoder som möjligt vid muddring kan ett ekosystem återhämta sig inom relativt kort tid enligt en litteratursammanställning från Naturvårdsverket (2009). Det beror dock på en rad faktorer så som förändrat bottensubstrat och hydrodynamik och hur väl området är anpassat efter störningar.



Figur 2. Uppskattad profilbild utifrån bottendjup på sjökort 931. Den sträckade linjen motsvarar cirka 5 km och visar var tröskeln är grundare än 7 meter och muddring behövs.

Beslut om muddring i området kräver starka incitament eftersom det kommer innebära en påverkan som strider mot bevarandemålet. Mindre underhållsmuddringar runt Björlanda Kiles småbåtshamn och eventuellt andra bryggor har genomförts men inga andra större muddringar är kända i det aktuella området enligt T. Holmberg på Vattenvårdsenheten länsstyrelsen Västra Götaland (personlig kommunikation, 14 april, 2014).

Både från Sverige och EU finns initiativ för att bevara naturvärden och sträva efter en hållbar utveckling. Det sker bland annat genom de 16 miljömålen, miljökvalitetsnormerna och olika områdesskydd. Nordre älvs estuarium är utpekat som naturreservat, klassificerat som Ramsarområde enligt Ramsarkonventionen, marint naturreservat enligt OSPAR och Natura 2000-område enligt EU:s fågeldirektiv och habitatdirektiv. För att genomföra muddring i ett Natura 2000-område krävs enligt miljöbalken 7kap 28-29§ en hindersprövning med miljökonsekvensbeskrivning som underlag. Denna rapport är en förstudie, inspirerad av MKB-processen.

1.2 Syfte

Syftet är att beskriva tänkbara effekter och konsekvenser på miljön av en muddring i Nordre älvs estuarium med inriktning på ekologisk påverkan samt effekterna av förändrade fysiska och kemiska förhållanden på kort och lång sikt.

Frågeställningar

- I vilka delar av området behöver muddring ske?
- Vilka fysiska och kemiska förändringar kan uppstå efter muddring?
- Vilka ekologiska förändringar kan uppstå?

Målsättning

Målet med detta projekt är att samla information och utreda vilka effekter som kan uppstå vid och efter muddring samt belysa områden där mer studier behöver genomföras. Resultatet skall ge kunskap och skapa förståelse för effekter samt miljökonsekvenser som kan uppstå under och efter muddring i Nordre älvs estuarium och återkoppla till nationellt och internationellt miljöarbete och andra verksamheter.

1.3 Avgränsningar

En miljökonsekvensbeskrivning är mycket omfattande och en del avgränsningar har varit nödvändiga för att stanna inom ramarna för ett examensarbete på 15 hp. I dagsläget finns det heller inga praktiska planer på att genomföra muddring i Nordre älvs estuarium varför samråd eller liknande ej är aktuellt. I en miljökonsekvensbeskrivning ingår normalt en beskrivning av alternativa platser för verksamheten. I detta fall är alternativa lokaliseringar endast aktuellt angående var i estuariet muddringsrännan bör dras. Andra alternativa platser finns inte för sjötrafik till Vänern förutom genom Göteborg vilket tas upp under rubriken 3.8 Alternativa lösningar och nollalternativ.

Hur muddring genomförs spelar roll för vilka effekter som uppstår, främst grumlingshalten varierar. Då det är osäkert hur muddringsrännan behöver utformas samt hur muddring kommer ske har jag beskrivit effekter utifrån ett mer generellt perspektiv. I samband med muddring är det troligt att det sker en frisättning av eventuella farliga ämnen från sedimenten. Detta skulle innebära en ökad biotillgänglighet men effekterna av detta har inte analyserats i denna rapport. Denna avvägning lutar sig också mot att underlaget till rapporten visar på att halterna farliga ämnen i sedimenten är mycket små. Det kan dock behövas grundligare undersökningar i en framtida miljökonsekvensbeskrivning.

I nulägesbeskrivningen beskrivs flora och fauna i estuariet där jag har valt att fokuserat främst på området i anslutning till eller nära muddringsrännan och mindre på de yttre delarna och vikarna eftersom dessa sannolikt kommer bli minst påverkade. Studier och andra muddringsprojekt visar också att effekten här är liten. Effekterna kommer bli både kort och långsiktiga och det är svårt att avväga hur långsiktigt perspektiv som är rimligt. Jag har i denna studie valt att avgränsat mig vid långsiktiga effekter upp till några år. I nollalternativet utvidgar jag till att se ur ett längre perspektiv kopplat till klimat-förändringar.

Muddring ger upphov till luftemissioner och buller men eftersom det är en tillfällig åtgärd behandlas det inte på samma sätt som permanenta verksamheter enligt miljölagstiftningen och därmed behandlas inte detta i denna studie.

Denna rapport fokuserar på muddring, därför har effekter som uppstår till följd av sjötrafik och dumpning av muddermassor inte undersökts. Som nämndes i inledningen finns många intressen angående älvens användning och det är möjligt att flera projekt behöver samspela för att åstadkomma en hållbar framtidslösning. Då avses framför allt vallar mot havsnivåhöjning och råvattenintagen men endast en kort sammanfattning av detta kan göras inom detta projekt.

2. Material

Denna litteraturstudie har inspiration från MKB-processen. En nulägesbeskrivning och beskrivning av muddringen ligger till grund för arbetet. Utifrån denna har jag studerat och sammanfattat vetenskaplig litteratur, vilket redovisas i resultatet, som sedan ligger till grund för mina slutsatser om tänkbara effekter i diskussionen. Underlag till nulägesbeskrivningen har till stor del inhämtats från inventeringar och publikationer från myndigheter och förbund samt genom direktkontakt med myndigheter. För att undersöka effekter av muddring har jag utgått från en litteratursammanställning utgiven av Naturvårdsverket samt vetenskapliga artiklar. Databasen Science Direkt har använts vid sökning där sökorden som användes i olika kombinationer var: dredging, estuary, environmental impact, Zostera marina, Mytilus edulis, epifauna, benthic fauna, benthos, suspended particles, turbidity, settling, recovery, sea level rise och climate change. Genom att läsa artiklar och publikationer från myndigheter har jag hittat flera intressanta källor som jag sedan sökt direkt efter i databaserna Science Direkt och Springer Link. I ett fall kontaktade jag artikelförfattaren direkt för att få tillgång till artikeln.

Jag har studerat det liknande muddringsprojektet *Säkrare farleder till Göteborg* och till viss del använt detta som referens. Miljöerna i Göta och Nordre älvs estuarium liknar varandra även om Nordre älvs estuarium har mycket mindre antropogen påverkan sedan tidigare vilket tagits med i beräkningarna. I bevarandeplanen för Nordre älvs estuarium finns arter utpekade som måste bevaras i estuariet. Dessa arter har legat i fokus men hänsyn har även tagits till andra arter.

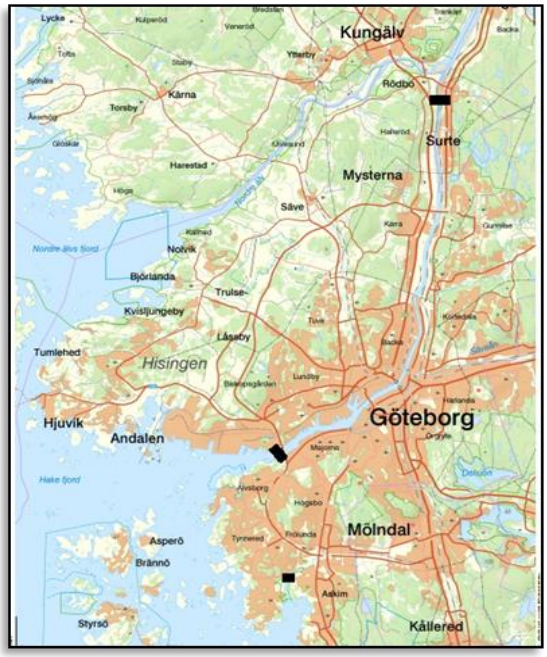
3. Miljökonsekvensbeskrivning

Miljökonsekvensbeskrivningen börjar med förklaring till varför och var muddring behövs. Sedan följer en nulägesbeskrivning som beskriver området i dagsläget angående hydrologi, geologi och marinbiologi. Eftersom muddring innebär en påverkan på miljön förklaras i korthet lagstiftning och andra miljöinitiativ i relation till tänkbara effekter. I slutet framställs olika alternativ för godstransporter och en koppling till andra verksamheter. Rapporten fortsätter sedan med resultat, diskussion och slutsatser.

3.1 Fartygstrafiken

Varje dag går det i genomsnitt 4-5 lastfartyg, exempelvis Lexus i figur 3, genom Göta älv till/från Vänern med gods. Medelvärdet för 2006 till 2011 var drygt 1700 fartyg per år men trenden var nedåtgående (Rudhag, 2012). I Göteborg korsas Göta älv av flera broar bland annat Götaälvbron. Många fartyg är anpassade att komma under bron utan broöppning, där den segelfria höjden är 18,3. Bron som funnits sedan 1930-talet har nu blivit uttjänt och ska bytas ut. Den föreslagna nya bron är betydligt lägre och kommer försvåra för sjötrafiken men inget slutligt beslut är taget i skrivande stund. I Handlingsplanen för Göteborgs stads miljöprogram (Göteborgs stad 2013) finns också en planerad lågbro för gång och cykeltrafik mellan frihamnen och Östra hamngatan som innebär ett hinder för sjötrafiken.

I framtiden spås enligt IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) havsnivåhöjning upp till 1 meter under detta sekel (Naturvårdsverket och SMHI,2013-2014). I Sverige kommer havsnivåhöjningen skilja sig mycket lokalt på grund av att landhöjningen efter inlandsisen fortfarande pågår. I norra Sverige är landhöjning störst och nettoeffekten av havsnivåhöjningen kommer bli liten. På västkusten beräknas nettoeffekten uppgå till 70 – 90 cm under ett sekel enligt Naturvårdsverket och SMHI. I dagsläget arbetar Göteborgs stad med modeller för att möta de problem som havsnivåhöjningen kommer innebära för staden. Göteborg har mycket bebyggelse nära vatten som inte skulle klara större havsnivåförändringar i kombination med ovanligt stort flöde i älven, så skyddsåtgärder måste vidtas. Melica är ett konsultkooperativ i Göteborg som tagit fram ett förslag som innebär två större vallar och en mindre runt Göteborg, idén liknar Nordsjövallen som skapades för att skydda Holland mot havsnivåhöjning. Förslaget, se figur 4, skulle innebära att allt vatten från Göta älv mynnar i Nordre älv och sjötrafiken måste flyttas dit eftersom regelbunden sjötrafik genom Göteborg skulle bli besvärlig (Melica, 2014).



©Lantmäteriet [i2012/1029]

Figur 4. I framtiden är vallar en möjlighet för att skydda Göteborg mot havsnivå-höjning. Ovan visas ett exempel på hur skulle kunna se ut enligt Melica (2014).

Foto: Peter Olsson

Figur 3. Lexus på väg upp till Vänern, exempel på de fraktfartyg som går på Göta älv.

3.2 Beskrivning av muddringsåtgärder

Varje muddringsprojekt måste utredas noggrant innan det genomförs. Sjöfartsverket bygger terrängmodeller och genomför simuleringar där påverkan från vattenström och vind på fartygen räknas in för att beräkna vilken bredd och vilket djup som behövs för fartygen. Därför är det svårt att beskriva hur stor muddringsrännan behöver vara i det här fallet men en uppskattning av B. Skoog på Sjöfartsverket (personlig kommunikation, 14 april 2014) är att rännans bredd behöver vara 60 – 100 meter och djup 6,5 – 7 meter. Lastfartygen som transporterar gods till Vänern har ett maxdjup på ca 5,4 meter. Muddringsrännan bör vara minst 20-25 % djupare än fartygsdjupet vilket i detta fall blir ungefär 6,6 meter. Muddringsrännan dras där den har minst påverkan på omgivningen och minst mängd sediment behöver avlägsnas. I Nordre älvs estuarium är tröskelområdet den grundaste delen och kommer påverkas mest. I figur 5 illustreras medeldjupet i mynningen och tänkbara förlag till placering av muddringsrännan. Enligt sjökort är sträckan över tröskelområdet där djupet är mindre än 7 meter cirka 5 kilometer lång men längden beror på var muddringsrännan dras.

©Lantmäteriet [i2012/1029] Figur 5. Det mörkblå området har ett medeldjup mindre än 3 meter och de mellanblå området har ett medeldjup mindre än 7 meter. De tjocka svarta strecken i den högra bilden är förslag på var muddringsrännan kan dras. Mellan dessa ligger ön Bassen. Det tunna svarta strecket är en utmarkerad farled.

Det finns två huvudtekniker för muddring, skopmuddring (mekanisk) eller sugmuddring (hydraulisk) muddring som beskrivs i en rapport av Naturvårdverket (2010). Skopmuddring kan göras med exempelvis enskopeverk som passar bra för hårda material och består ofta av en ponton med grävmaskin monterad på. Andra typer kan vara gripskopeverk som kan ta upp både stenblock och lösa material eller frysmuddring där sammanhängande flak av sediment fryses och sedan lyfts upp. Sugmuddring används för lösa sediment som sand och lös lera där sedimenten sugs upp. För att få massan mer flytande blandas ofta vatten in. En rad olika parametrar spelar in vid val av metod, exempelvis volym, geologiska förhållanden, miljöhänsyn och säkerhetsaspekter. I litteratursammanställningen *Miljöeffekter vid muddring och dumpning* (Hammar, Magnusson, Rosenberg & Granmo, 2009) framhävs att grumlingshalten som uppstår är olika mellan olika tekniker och verk men generellt medför skopmuddring mindre och sugmuddring mer grumling.

3.2.1 Åtgärder för att minska påverkan under muddring

Då grumling kan medföra negativa effekter kan gränsvärden tas fram och kontrollprogram utformas för att mäta grumling och snabbt kunna upptäcka och åtgärda överskridanden. Riktvärden och kontrollprogrammet grundas på tidigare utförda referensundersökningar. Grumling kan minskas genom begränsad vatteninblandningen i sedimenten och skyddsskärmar av geotextil eller sponter kan användas för att minska spridning av grumligt vatten åt sidorna enligt Naturvårdsverket (2010). Vid vissa tekniker läggs muddermassorna på pråmar för att forslas bort. För att minska vattenhalten i muddermassorna låter man vatten bredda över vilket medför grumling. Genom att inte tillåta breddning kommer dock mer grumling uppstå när materialet dumpas. Om bottensubstratet som finns kvar efter muddringen är lätteroderat och dessutom utsätts för ytterligare erodering av fartygstrafik kan åtgärder vidtas för att stabilisera botten, exempelvis genom övertäckning av tyngre material.

3.3 Nulägesbeskrivning

Natura 2000-området Nordre älvs estuarium täcker en yta på 7039 hektar, se figur 6. Administrativt delas estuariet i tre delar mellan kommunerna Göteborg, Kungälv och Öckerö. På översiktsplanerna för Öckerö och Kungälv är området utpekat som riksintresse för natur respektive naturvård och för Göteborg ingår området i kategorin havsområde med särskilt stora värden för naturvård, friluftsliv och/eller yrkesfiske (Göteborgs Stad stadsbyggnads-kontoret, 2009, Kungälvs kommun, 2012 & Öcerkö kommun, 2006). Estuariet och omkringliggande terrestra områden är också utpekat som riksintresse för friluftslivet (Svenska Miljöinstitutet, 2013).

Omkringliggande områden utgörs främst av skog och annan natur, en del jordbruksmark (framför allt betesmarker) och stadsstruktur som främst utgörs av villaområden och grönområden. Invånarantalet i alla kommunerna har ökat de senaste åren och spås fortsätta vilket kan komma att förändra utseendet och användningen av omkringliggande landområde och öka trycket på naturen. I estuariet, men undantaget från Natura 2000-området, ligger Björlanda Kiles småbåtshamn, se figur 6. Den är norra Europas största småbåtshamn med plats för 2400 båtar enligt Göteborgsregionens Fritidshamnar (2014). Fritidsbåtar är således vanliga i estuarieområdet. Yrkesfiske är förbjudet i området men området är attraktivt för sportfiske. (Svenska Miljöinstitutet, 2013) Figur 7 visar en bild från estuariet.

I mynningsområdet fanns ett militärskjutfält, det används inte idag men har tidigare använts som övningsfält för flyg. Skjutfältet sträcker sig från udden med namnet *Välkommen*, ut i vattnet och täcker en stor del av mynningsområdet, se figur 6. Namnet till trots råder tillträdesförbud till delar av området. Enligt fortifikationsverket (K. Ejderhamn, personlig kommunikation, 5 maj 2014) som äger marken har militären frånsagt sig området och fortifikationsverket gör nu en utredning för möjlig framtida användning av markområdet. För vattenområdet krävs dock en grundlig utredning inför möjligheten att muddra då det finns oexploderad ammunition kvar på botten.

©Lantmäteriet [i2012/1029]

Figur 6. Den gröna linjen visar gränsen för Natura 2000-områdets utbredning. Den blå rutan i mynningen var tidigare ett militärskjutfält och den svarta pricken markerar Björlanda Kiles småbåtshamn.

Foto: Therese Olsson

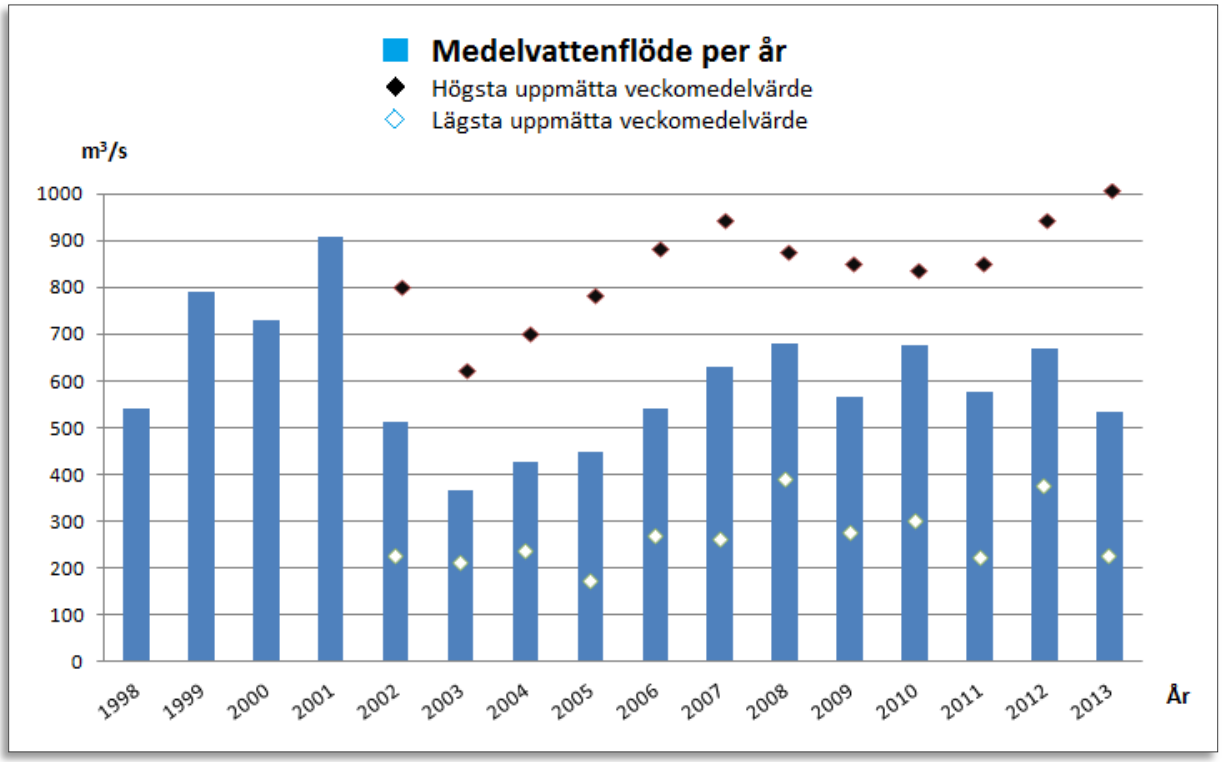
Figur 7. Bild från estuariet

3.3.1 Hydrografi

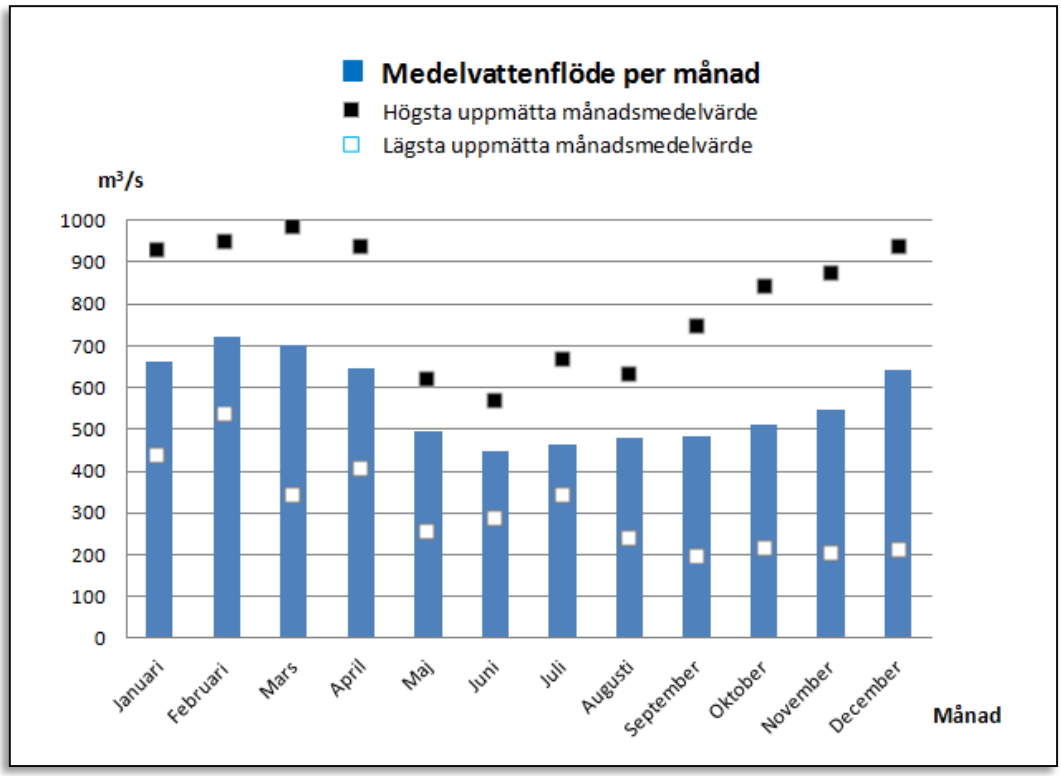
Vattenflöde

Medelvattenföringen i Göta älv ovan förgreningen är 550 m^3/s men vattenföringen varierar kraftigt över året och mellan olika år. Vattenflödet i Göta älv beror enligt en rapport från Göta älvs vattenvårdsförbund (2012) främst på regleringen av älven som sker vid vattenkraftverken för elproduktion. Nederbördsmängder påverkar också i viss omfattning. Figur 8 och 9 visar medelvärden för vattenföringen i Göta älv uppmätta vid Lilla Edet. I Nordre älv finns skärmar som reglerar vattenflödet nedanför förgreningen, vilket medför att flödet i Göta älvs utlopp är mycket jämnare än i Nordre älvs utlopp.

Enligt Göta älvs vattenvårdsförbund (2006) medför den mycket ojämna vattenföringen i Nordre älv att salthalten i estuariet antagligen varierar kraftigt. I estuariet har ytvattnet låg salthalt medan det finns en saltvattenskil utmed botten som tränger in i älven. Mellan yt- och djupvattnet uppstår friktion och vågor som gör att det sker en omblandning och ett blandat vattenlager som kallas haloklin uppstår. Bottenförhållandena i estuariet är generellt relativt goda eftersom bottenströmmar för in nytt vatten. I en inventering i estuariet av Andersson et al. (2009) framgår att bottenvattenutbytet är 0-9 dagar. Saltvattensvariationer observerades under inventeringen och ansågs bero av nederbörd och vindriktning. Fluktuationerna är störst i de inre delarna av estuariet medan salthalten vid de yttre delarna av estuariet var relativt stabil oavsett vindförhållanden. Saltvattentungan sträckte sig ända till saltvattenskärmarna.



Figur 8. Årsmedelvärden samt högsta och lägsta veckomedelvärde per år för vattenföringen i Göta älv, ovanför förgreningen. Data från Göta älvs vattenvårdsförbund (2013) uppmätt vid Lilla Edet. För 1998 - 2001 finns ej data för veckomedelvärden.



Figur 9. Månadsmedelvärden samt högsta och lägsta månadsmedelvärde för vattenföringen i Göta älv, ovan förgreningen, under åren 2002-2012 uppmätta vid Lilla Edet enligt data från Göta älvs vattenvårdsförbund (2002-2012). För tidigare år saknas data.

Vid kraftig vattenföring trängs saltvattentungan tillbaka liksom när vindriktningen ligger på från havet upp mot land. Vid motsatt vindriktning för vinden med sig ytvattnet mot mynningen och saltvattentungan tränger längre in i älven, likaså vid lågt vattenflöde. Den översta gränsen för saltvattentungan är där älvbotten är på samma nivå som havsytan. Andra variabler är tidvatten och atmosfärstryck. (A-M Larsson, personlig kommunikation, 12 maj 2009)
Vid inverteringen (Andersson et al., 2009) varierade siktdjupet i området mellan 0,5 till 1,5 meter men i likhet med salthalten varierar också siktdjupet med vind och vindriktning. På västkusten nära land är siktdjupet vanligen 0,5-10 meter (Bydén, Larsson & Olsson, 2003). Det uppmätta värdet är lågt i förhållande och troligtvis är siktdjupet normalt större med tanke på ålgräsutbredningen, detta utvecklas närmare i avsnitt 3.3.3.

Transport av suspenderat material

I en utredning av Göransson, Persson och Lundström (2011) drogs slutsatsen att ca 70 % av det totala suspenderade materialet för Göta älv transporteras ut genom Nordre älv, siffran stämmer förhållandevis väl överens med andelen vatten (75 %) som går ut genom Nordre älv. Det motsvarar ett medelvärde för årlig transport av suspenderat material på ca 92 000 ton varav ca 82 000 ton är organiskt material. Uppmätta värden varierar stort mellan olika år vilket tros bero mer på nederbördsskillnader än flödesskillnader. Risken för skred utmed Göta älv är stor på vissa håll och sådana händelser kan kraftigt öka halten material i älven under en tidsperiod.

Göransson menar att drygt 30 000 ton suspenderat material transporteras genom det södra utloppet till Göteborg. Stevens och Ekermo (2002) har dock beräknat transporten till Göteborgs hamn till 50 000 ton per år. Det leder till att muddring behöver ske vart fjärde år där ca 80 000 ton material tas bort i de trafikerade delarna. Både Göta och Nordre älvs mynningsområden är skyddade av skärgården utanför vilket medför att påverkan av havsvågor är måttlig. Tidvattenpåverkan uppgår till 7 cm i Göteborgsområdet (Bydén et al., 2003). Skiktningen som bildas mellan yt- och djupvattnet gör att kapaciteten att transportera suspenderat material ökar. Omblandning av vattnet, orsakat av exempelvis sjöfart, påverkar sedimenteringen. I Göteborgs hamn är den uppskattade ackumulationen av sediment ca 2 cm per år. Dock är variationerna mellan olika delar av hamnen stora. Vid undersökning av sediment fann Stevens och Ekermo (2002) både marint sediment och älvsediment vid alla provtagningsplatserna.

Näringsämnen

Uppgifterna om övergödning är ett problem eller inte i estuariet går isär men beror antagligen till stor del på variationer mellan olika år. Andersson et al. (2009) anger att det tidvis varit påväxt av fintrådiga alger men vid inventeringen var detta ej ett problem. Vid en senare inventering av Wikström (2014) av flera lokaler utmed västkusten ingick en lokal i estuarieområdet, Björlanda - innanför Hästholmarna. Vikarna ligger precis söder om Björlanda Kiles småbåtshamn. Området uppvisade effekter på övergödning. Från en flyginventering framkom att täckningsgraden av fintrådiga alger i vikarna var 37 %. Resultaten från alla lokaler i inventeringen visade på förhöjda halter av näringsämnen i flera

av de undersökta lokalerna och en generell förhöjning av fintrådiga vid jämförelse med tidigare undersökning. Beräkningar utifrån vattenprover för transport i Nordre älv av kväve, forsfor och kvicksilver visas i tabell 1. Förhållandet mellan kväve och fosfor visar att fosfor är det begränsande ämnet i älvvattnet. Förhöjda kvicksilverhalter är ett problem i många svenska vatten och beskrivs utförligare i stycke 3.6.1.

Tabell 1. Årsmedelvärden för transport av närsalter och kvicksilver i Nordre älv enligt Göta älvs vattenvårdsförbund (2013)

	Totalkväve		Totalfosfor		Kvicksilver
	µg N/l	ton/år	µg P/l	ton/år	ng Hg/l
2012	667	10237	17	261	0,99
2011	709	9190	24	322	1,45
2010	750	11653	24	384	0.94

3.3.2 Geologi

När inlandsisen drog sig tillbaka för ungefär 10 000 år sedan utgjorde Vänern ett innanhav med flera trånga sund till havet. Landhöjning stängde så småningom in Vänern till en sjö och Göta älv blev dess utflöde. Götaälvdalen är en utpräglad sprickdal och älvens ravinlandskap har uppstått genom ras, skred och vattenerosion. (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2006)

Bottenförhållanden

I älven finns en djup ränna som har ett medeldjup på 8,4 meter. Här noterades i inventering av estuariet av Andersson et al. (2009) främst en förekomst av fint sediment som lätt rördes upp. Vid mynningen bestod bottensedimenten främst av hårdpackad sand. Utanför mynningen finns ett tröskelområde som bildats genom sedimentering av suspenderat material. Sedimentering sker eftersom vattenhastigheten avtar och vattnets förmåga att hålla partiklar suspenderade minskar. Tröskelområdet som endast har ett medeldjup på 2,5 meter dominerades av sandbotten. När djupet ökade till 2,8 meter igen i den yttre delen av tröskelområdet förekom på nytt fint sediment. Figur 2 visar djupet i olika delar i estuariet. I dagsläget är mäktigheten på bottensedimenten och därmed hur djupt berggrunden ligger i mynningen oklart. F. Klingberg på SGU (personlig kommunikation, 16 maj 2014) anger att vid karteringar i området var mynningsområdet för grunt för att kunna genomföra undersökningar med den utrustningen som användes. Han uppger dock att sannolikt ligger berggrunden djupare än 7 meter under vattenytan så sprängning av berg på botten inte är nödvändig för att få rännan tillräckligt djup.

Föroreningar i sedimenten

I en undersökning av förekomst av miljögifter i blåmusslor i estuariet uppmätte Rydbeck, Nordén och Börjesson (2009) att halterna icke var detekterbara eller låga vid jämförelse med referensundersökningar. De ämnen som undersöktes var tungmetaller, PAH (Polycykliskt aromatiskt kolväte), PCB (polyklorerade bifenyler), bromerade flamskyddsmedel, TBT (Tributyltenn), och teflonföroreningar. Miljögifter uppmätta i biota i Göteborgs skärgård var betydligt högre än i Nordre älv. I en publikation från Svenska miljöinstitutet (2013) anges

samma upplysningar med ett undantag. Nära Björlanda Kiles småbåtshamn finns förhöjda halter TBT i sedimenten. Tidigare användes TBT i båtbottenfärg men är förbjudet att använda sedan 2003. I övrigt finns inga uppmätta förhöjda halter av metaller eller organiska ämnen i vatten, djur eller sediment enligt Svenska Miljöinstitutet (2013). Vid bottenhugg som en del av inventering av Andersson et al., (2009) påträffades inget svavelväte. Det tyder på att det inte råder syrebrist vid botten.

I skjutfältsområdet finns oexploderad ammunition på botten efter flygövningar. Hur mycket ammunition det rör sig och var den finns är inte känt av fortifikationsverket (P. Blomander, personlig kommunikation, 6 maj 2014). Militären har eventuellt genomfört undersökningar men någon tydlig kartläggning finns ej. I områden i närheten av allmän plats och speciellt badplatser har röjning av ammunition gjorts. Att genomföra en storskalig undersökning och röjning i estuariet är genomförbart men skulle bli mycket kostsamt.

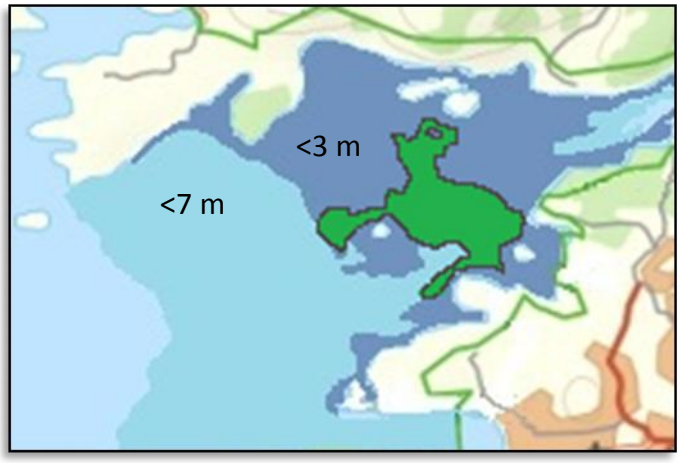
3.3.3 Marinbiologi

Bottenflora

Främst söt och brackvattensväxter förekommer i området. I vikarna på 1-2 meters djup, påträffades flera olika arter av nateväxter vid inventering (Andersson et al. 2009). Vid övergång till hårdbotten förekom makroalger, främst brun och grönalger. På större djup förekom många arter rödalger.

På tröskelområdet i estuariet växer ålgräs (*Zostera marina*) som finns inom det gröna området i figur 10. Andersson et al. fann att ålgräset täckte cirka 135 hektar. Vid inventeringen hade ålgräset ingen påväxt av annan flora eller fauna. Ålgräset hade störst täckningsgrad i den södra delen av estuariet. Med täckningsgrad menas hur stor procent av botten som täcks av ålgräs i det undersökta området. Ålgräsets utbredning tros begränsas av sämre siktförhållanden på större djup vilket är en följd av suspenderat material. Ålgräs kräver också en salthalt på minst 5 psu så det är troligt att salthalten normalt ligger över denna gräns i utbredningsområdet. Enheten psu är en förkortning av engelskans practical salinity unit och är ungefär det samma som promille.

Ålgräsängar har ett högt naturvärde och är listade som skyddsvärda habitat enligt Rio-deklarationen och EU:s habitatdirektiv. De är essentiella habitat för många fiskarter eftersom det fungerar som lekplats och barnkammare. Andra funktioner är bland annat att ålgräset stabiliserar sediment, avlägsnar organiska föroreningar och reducerar vattenrörelser. Genom att organiskt material kan sedimentera på botten blir området näringsrikt och produktivt. Eftersom de tar upp näringsämnen och koldioxid ur vattnet bidrar också ålgräset till minskad övergödning och växthuseffekt. (Mosknes, 2009)



©Lantmäteriet [i2012/1029] Figur 10. Skiss över ålgräsutbredning i estuariet (mörkgrönt område). Siffrorna anger djupet.

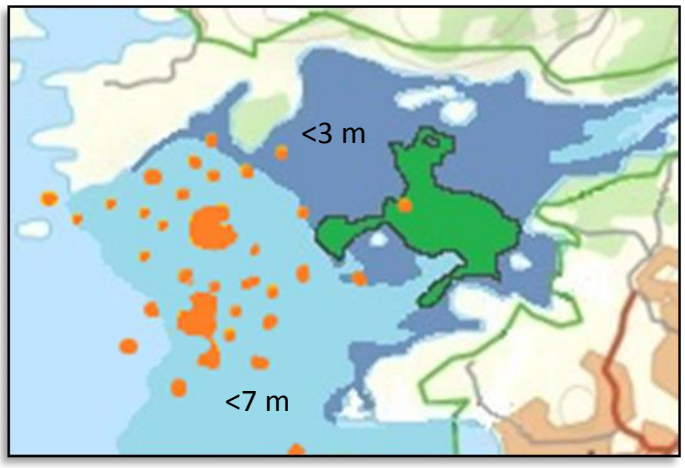
Ålgräsets utbredning på västkusten har minskat med 60 % på 20 år enligt Pihl et al. (2005). Oftast kvarstår kala bottnar. I deras studie fann Pihl et al. att antalet fiskarter i områden där ålgräs tidigare vuxit var signifikant lägre än områden där ålgräs fortfarande fanns kvar. Det finns flera anledningar till ålgräsets minskade utbredning men har till stor del antropogena orsaker. Främst indirekta faktorer spelar roll, exempelvis övergödning som bidrar till minskat siktdjup och låga syrehalter vid botten. Påverkan från båtpropellrar och ankring på ålgräsängar är ett hot i Sverige till följd av fler fritidsbåtar. Enligt Green och Short (2003) finns flera hot mot ålgräs men de medger också att ytliga ålgräspopulationer ofta kan skifta snabbt i utbredning vilket indikerar en stark korrelation till temperatur, ljus, näringsämnen och fysisk påverkan från vågor eller is. Det indikerar också enligt Green och Short att återkolonisering kan ske relativt snabbt om förutsättningarna är bra.

Norra delen av tröskelområdet består främst av vegetationsfri sandbotten med endast lite vegetation. Andersson et al. (2009) anger att den troliga förklaringen till mindre utbredning av vegetation i norra delen är relaterad till salthalten. Sötvattenflödet från älven tenderar att pressas mot den norra sidan som då får en lägre generell salthalt.

Bottenfauna.

Då söt- och saltvattensförhållandena i estuariet varierar är det en stressad miljö för många arter. Därav fann Andersson et al. (2009) främst förekomst av stresstålig bottenfauna i förhållandevis låg artdiversitet. Bottenfaunans sammansättning skiljer sig mellan inre och yttre provpunkter och tros bero på salthaltsfluktuationer. I älven var artrikedomen låg med endast 4 arter. Främst förekom rovborstmask (*Hediste diversicolor*) och kräftdjuret slammärla (*Corophium Volutator*). Längre från mynningen ökade artdiversiteten. På sandbotten var sandmask (*Arenicola marina*), sandräka och sandkrabba vanligt förekommande. Även brödsvamp hittades. Filtrerande organismer som återfanns var blåmussla (*Mytilus edulis*), vanliga ostron (*Ostrea edulis*) och japanska jätteostron (*Crassostrea gigas*).

Blåmusslor har högt ekologiskt värde. De utgör en viktig livsmiljö eftersom många djur söker sig dit för föda och skydd, vid större utbredning skapas en hårdbotten av skalen där andra organismer kan få fäste. De är filtrerare och tar bort organiska partiklar och bidrar till att vattnet blir klarare. (Jenneborg, 2007). Vid jämförelser mellan tidigare inventeringar har blåmusslorna flyttat längre ut i fjorden till djupare områden. Generellt har utbredningen av blåmusselbankar utmed Bohuskusten minskat eller försvunnit på grunda bottnar under de senaste decennierna. I sin studie från 2007 beskriver Jenneborg ett större område med blåmusslor med gles täthet tillsammans med glesvuxet ålgräs på sedimentbotten i Nordre älvs estuarium. Jenneborg menar att området utgör en unik värdefull biotop med högt skyddsvärde. Den högsta täckningsgraden av blåmusslor var runt ön Bassen. Andersson et al. (2009) bekräftar att utbredningen av musslor och snäckor har minskat i fjorden och havsborstmaskar dominerar numera. Vid den senaste inventeringen från av Rydbeck et al. (2009) återfanns lite blåmusslor på den grunda delen av tröskelområdet och främsta förekomst fanns runt skären Ostindiebådarna och norr om dessa även om täckningsgraden var varierande. Figur 11 visar en skiss över musselutbredningen enligt Rydebeck. Storleken på musslorna varierade från några millimeter till ett par centimeter.



©Lantmäteriet [i2012/1029] Figur 11. Skiss över ålgräsutbredig (mörkgrönt) och musselutbredning (orange) i estuariet. De två större orangea områdena har högre täckningsgrad än de små. Siffrorna anger djupet.

Förutom blåmusslor fanns gott om nedgrävda filtrerare som sandmask (*Arenicola marina*), sandmussla (*Mya arenaria*) och hjärtmussla (*Cerastoderma edule*) (Rydebeck, 2009). På botten fanns gott om sifonhål vilket tyder på en hög grad av nedgrävda, snäckor och havsborstmaskar. Sifon är en rörlik förlängning för vattenströmning för exempelvis födointag eller respiration (Nationalencyklopedin, 2014h). I de yttersta delarna av estuariet förekom enligt Andersson et al. (2009) fler djup- och salthaltskrävande arter som lädermossdjur (Alcyonidium diaphanum), läderkorallen död mans hand (*Alcyonium digitatum*) och en art kalkrörmask (*Spirorbis Spirorbis*) Mobila djur som förekom här var bland annat vanlig sjöstjärna (*Asterias rubens*), eremitkräfta (*Paguridae*) och hummer (*Homarus gammarus*). Djupet i de yttre delarna är tillräckligt för att muddring sannolikt ej behövs.

Fiskar

Nordre älv har hög artdiversitet av fiskar. Sötvattensfiskarna som förekommer i området är till största delen stationära medan marina fiskarter är mer tillfälliga. I och med att kraftstationer byggdes i Göta älv har lax och öringspopulationerna minskat samt Göta älvs inhemska laxart har försvunnit. Idag planteras lax ut i Göta älv från Säveån. (Svenska Miljöinstitutet, 2013).

Enligt bevarandeplanen som är framtagen av Länsstyrelsen 2005 är estuariet ett viktigt näringsområde för migrerande fiskarter som lax (*Salmo salar*), öring (*Salmo trutta*) och ål (*Anguilla anguilla*). Lax är utpekad i bevarandeplanen som en art som måste bevaras i området. Den passerar genom estuariet på sin väg uppströms och nedströms i samband med lekperioden. Leken sker under hösten i oktober november och på sin väg uppströms äter fisken normalt inte. De unga laxarna på sin väg ut till havet äter främst kräftdjur och småfisk. Andra fiskarter som förekommer är bland annat havsnejonöga, flodnejonöga och ål.

Ålen är enligt artdatabanken rödlistad som akut hotad. Leken sker i Sargassohavet, öster om Nordamerika, där ynglen också kläcks. Larverna transporteras med strömmarna till Europas kuster, bland annat till Sverige. Ålen har en lång generationscykel och leker bara en gång vilket gör att arten är mycket sårbar och populationen tros fortsätta minska. (Wickström 2005.) I Sverige är Göta och Nordre älv viktiga vandringsleder för ålen men det största hotet mot ålbeståndet här är kraftstationerna (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2010-2011).

Fågelliv

Nordre älvs estuarium har ett rikt fågelliv och är Natura 2000-område enligt fågeldirektivet. I bevarandeplanen (Länsstyrelsen, 2005) finns 9 fågelarter uppräknade som arter som ska bevaras i området. Dessa finns i tabell 2. Området är reproduktionsområde för tärnor och måsfåglar samt utgör ett flytt- och övervintringsområde för sjöfåglar och vadare enligt Svenska Miljöinstitutet (2013). Andra fågelarter som förekommer i området är pilgrimsfalk (*Falco peregrinus*), fiskgjuse (*Pandion haliaetus*) (Svenska Miljöinstitutet, 2013), knipa (*Bucephala clangula)*, vigg (*Aythya fuligula*), ejder (*Somateria mollissima*) (Länsstyrelsen, 2014), kustlabb (*Stercorarius parasiticus*), hornuggla (*Asio otus*) och vaktel (*Coturnix coturnix*) (Länsstyrelsen, 2005).

Tabell 2. Fågelarter utpekade i bevarandeplanen för Natura 2000-området Nordre älvs estuarium enligt Länsstyrelsen (2005)

Art	**Status enligt artdatabankens rödlista**	**Föda**
Sångsvan *(Cygnus cygnus)*	_____	Vattenväxter
Salskrake *(Mergus albellus)*	Nära hotad	Mollusker och vatteninsekter (småfisk)
Havsörn *(Mergus albellus)*	Nära hotad	Fisk, fågel och medelstora däggdjur.
Brun kärrhök *(Circus aeruginosus)*	_____	Sorkar, grodor, fågelungar (ägg, fisk)

Blå kärrhök *(Circus cyaneus)*	Nära hotad	Fåglar och smågnagare.
Småfläckig sumphöna *(Porzana porzana)*	Sårbar	Små vatteninsekter och vattenväxter.
Brushane *(Philomachus pugnax)*	Sårbar	Små insekter och maskar
Dubbelbeckasin *(Gallinago media)*	Nära hotad	Daggmask, insekter, snäckor.
Fisktärna *(Sterna hirundo)*	———	Fisk

Kulturmiljö

Älven har fungerat som en transportled för människor i många tusen år, allt från ihåliga stammar till vikingaskepp och ångfartyg. Området kring Nordre älv tros enligt arkeologiska fynd ha varit bebott redan för 9000 år sedan. Vattennivån var då upp till 25 meter högre än idag varför byar som låg då vid strandkanten idag ligger högt över vattennivån. (Svenska miljöinstitutet, 2013) Enligt Riksantikvarieämbetets tjänst fornsök finns inga fornminnen i estuariet. (Riksantikvarieämbetet, 2014)

Friluftslivet

Området är av riksintresse för friluftslivet och populärt för rekreation, bad, vandring, fiske, segling och fågelskådning (Svenska miljöinstitutet, 2013).

3.4 Miljöambitioner

Inom både Sverige och internationellt sker ett brett miljöarbete. Exempel på detta är OSPAR-konventionen, EU-projektet ARCH och Sveriges miljömål. En konvention är en överenskommelse men är inte juridiskt bindande.

OSPAR

Oslo-Paris-konventionen skapades för att skydd den marina miljön i nordvästra atlanten. 17 länder samt EU har undertecknat konventionen som trädde i kraft 1998. (Ospar commission, 2014). Nordre älvs estuarium är utsett till marint naturreservat enligt OSPAR. Det innebär inget rättsligt skydd men efterson området också är Natura 2000-område anses det vara tillräckligt skyddat (HaV, 2013).

Ramsar

Kallas också Våtmarkskonventionen och trädde i kraft 1975. ”Ramsar är en global naturvårdskonvention om att bevara våtmarker och vattenmiljöer och nyttja dem på ett hållbart sätt” (Naturvårdsverket, 2014). Områden i estuariet grundare än 6 meter är utsedda till Ramsarområden. Enligt konventionen ska länderna verka för förvaltning av vattenmiljön och främja forskning och utbildning.

ARCH

ARCH (Architecture an roadmap to manage multiple pressures on lagoons) är ett EU-projekt som syftar till att främja en hållbar utveckling av kustzoner i Europa. 10 områden ingår i projektet och området Nordre älvs estuarium omfattas av projektet eftersom det är ”relativt opåverkat och naturskyddat estuarium med höga biologiska värden” (Svenska

miljöinstitutet, 2013). Svenska miljöinstitutet deltar i projektet och har genomfört tre workshops för att ta fram strategier för att möta olika hot mot Nordre älvs estuarium.

3.4.1 Miljömålen

Sverige har skapat ett system med 16 nationella miljömål som ska skall uppfyllas till år 2020. Målen beskriver det miljötillstånd som miljöarbetet ska leda till. För miljömålen finns preciseringar och etappmål som följs upp löpande genom en rapport som ges ut en gång om året. (Naturvårdsverket, 2013e). Nedan presenteras mål som är aktuella i samband med muddring.

Hav i balans samt levande kust och skärgård.

I regeringens definition framgår bland annat att långsiktigt hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden ska bevaras. Särskilt värdefulla områden skall skyddas mot ingrepp och andra störningar. För Västra Götaland anses inte målen kunna uppnås som det ser ut idag med beslutade styrmedel och genomförda åtgärder. En av de största orsakerna anges vara övergödningsproblem samt avsaknad av rovfiskar i kustnära områden som verkar negativt för fiskemöjligheter och besöksnäring. För att komma närmare målet pekas exempelvis grunda marina miljöer ut som viktiga att bevara och skapande av ett system för att värdesätta havets naturvärden och ekosystemtjänster. (Naturvårdsverket, 2013c)

Levande sjöar och vattendrag

Ekologiskt hållbara sjöar och vattendrag med bevarad biologisk mångfald och förutsättningar för friluftsliv ingår bland annat i målet. Målet väntas inte att nås i Västra Götaland enligt. Ungefär hälften av alla sjöar och vattendrag i länet uppnår inte god status och det behövs betydande åtgärdsinsatser för att nå upp till målet. Däremot syns en del goda resultat från bland annat åtgärder för förbättrade vandringsmöjligheter för fisk samt rådgivning och informationsinsatser. (Naturvårdsverket, 2013d)

Ett rikt växt och djurliv

Kärnan i målet är att den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Inte heller detta mål antas kunna uppnås för Västra Götaland. För marina arter anges kunskapsbrist som ett problem. (Naturvårdsverket, 2013a)

Giftfri miljö

Målet innebär bland annat att naturfrämmande ämnen endast får förekomma i halter nära noll och deras påverkan på ekosystem samt människors hälsa ska vara försumbar. Tyvärr finns många persistenta och bioackumulerande ämnen utspridda i miljön som är svåra att åtgärda. Undersökningar visar exempelvis att många fiskarter innehåller föroreningar som kvicksilver, PCB:er och dioxiner. Målt anses inte kunna uppnås i Västra Götaland till 2020. (Naturvårdsverket, 2013b)

3.5 EU-direktiv

EU utfärdar direktiv som är juridiskt bindande men medlemsländerna ansvarar själva för hur de ska implementeras i den nationella lagstiftningen.

Havsmiljödirektivet

Havsmiljödirektivet har skapats av EU för att genom gemensamma regler uppnå god miljöstatus till år 2020 för alla EU:s havsområden (Havs- och vattenmyndigheten, 2014b). Med god miljöstatus menas ”ett tillstånd där haven är friska och produktiva och där användningen av den marina miljön är hållbar” (Havs- och vattenmyndigheten, 2014a). Det är sedan upp till varje land att definiera en mer specifik definition samt bedöma den aktuella miljöstatusen för marina vatten. Därefter tas övervaknings- och åtgärdsprogram fram. I Sverige är direktivet infört genom havsmiljöförordningen (2010:1341) som gäller både Östersjön och Nordsjön. Havs- och vattenmyndigheten håller under våren 2014 på att ta fram övervakningsprogram och Arbetet med åtgärdsprogram pågår under 2014-2015.

Vattendirektivet

Vattendirektivet antogs år 2000 av EU med målsättningen att ”vi ska ha tillräckligt mycket vatten av god kvalitet, både idag och i morgon. Övergödning, försurning, översvämningar och andra problem ska inte ställa till större skador än att naturen kan läka sig själv.” (Havs- och vattenmyndigheten, 2014c). Direktivet implementerades i Svensk lagstiftning genom förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön (2004:660), förordning med Länsstyrelseinstruktion (2007:825) samt genom miljökvalitetsnormer som finns i 5kap. miljöbalken.

Natura 2000

Nordre älvs estuarium är Natura 2000 område enligt fågeldirektivet samt art- och habitatdirektivet. Syftet med Natura 2000 är enligt Naturvårdsverket (2014) är att skapa ett nätverk av skyddade områden för att hejda utrotning av arter och livsmiljöer. Områdesskydden innebär bland annat att det finns en bevarandeplan och föreskrifter om tillåtna och icke tillåtna aktiviteter. För att få genomföra muddring krävs starka incitament och eventuella kompensationsåtgärder för att kompensera för förlorade miljövärden.

3.6 Svensk lagstiftning

Miljöbalken och speciellt 2kap hänsynsreglerna ligger till grund för mycket av det svenska miljöarbetet och visar hur lagstiftningen skall tillämpas för att uppnå en hållbar utveckling. I samband med detta projekt är de intressant att se till kunskapskravet 2:3§, försiktighetsprincipen 2:3§ och skälighetsregeln 2:7§ vilka tas upp i diskussionen.

Naturreservat

Nordre älvs estuarium är utsett till naturreservat enligt 7kap 4§ miljöbalken. ”Ändamålet med naturreservatet är att bevara ett större sammanhängande estuarium i ett oexploaterat tillstånd med bibehållande av områdets naturliga produktionsförmåga och som livsrum för känslig fauna och flora” (Länsstyrelsen Västra Götalands län, 2005). Länsstyrelsen har get ut föreskrifter för området och upprättat en skötselplan.

3.6.1 Miljökvalitetsnormer

Alla större sjöar, vattendrag, grundvatten och kustvatten har klassificerats efter kemisk och ekologisk status. På Vatteninformationssystem Sverige (VISS) hemsida finns klassningar och kartor att tillgå. I tabell 3 anges statusklassningarna för Nordre älv och Nordre älvs fjord.

Ekologisk status kar klassificeringarna ”hög”, ”god”, ”måttlig”, ”otillfredsställande” och ”dålig”. För kemisk status finns klassificeringen ”god” och ”ej god”. Målet är att båda ska uppnå minst god status till år 2015. Om statusen är hög får den inte försämras. I vissa fall kan undantag göras med sänkning av krav eller att kravet inte behöver vara uppnått förrän 2021, exempelvis och det inte är tekniskt möjligt eller om det inte går av naturliga skäl. (VISS, 2013)

Tabell 3. Statusklassning för Nordre älv och Nordre älvs fjord. (VISS, 2014a, VISS, 2014b)

Nordre älv	
Ekologisk status	God
Kemisk status	Uppnår ej god
Kemisk status (exklusive kvicksilver)	God
Nordre älvs fjord	
Ekologisk status	Måttlig
Kemisk status	Uppnår ej god
Kemisk status (exklusive kvicksilver)	God

Både i älven och i fjorden utgör kvicksilver ett problem enligt kemisk status, detta är dock ett problem i hela Sverige. Alla ytvatten, sjöar, vattendrag och kustvatten överskrider gränsvärdet enligt VISS (2014b). Mätningar görs på kvicksilverhalten i biota där gränsvärdet enligt EG-direktivet är 20 µg/kg Hg. Stora insatser har gjorts i Sverige för att minska utsläppen men problemet med förhöjda halter kvarstår och beror främst på luftföroreningar och nedfall av kvicksilver. Enligt Viss (2014b) förväntas inte heller en förbättring inom en snar framtid och målet spås inte uppnås till varken 2015 eller 2021. Nordre älvs fjord når inte god ekologisk status på grund av övergödning och miljögifter som i detta fall är kvicksilver. Eftersom övergödning är ett storskaligt problem som kräver många och breda insatser har målet att nå upp till god ekologisk status satts till år 2021.

3.7 Verksamheter i och vid älven

Industriverksamheter har funnits intill älven i många år och älven har fungerat som dumpningsplats på 1930- till 1950-talet. Även om många av industrierna är nerlagda idag finns föroreningar kvar i markområden och sedimenten runt industrierna. Nedanför förgreningen i Göta älv har ett stort saneringsprojekt avlutats. Högre upp i älven, vid norra Älvängen, se figur 12, finns dock ett viktigt förorenat område kvar. I Älvängens industriområde fanns tidigare repslageri, tjärkokeri och tillverkning av korkisolering och området anses idag vara i akut behov av åtgärder. Dessutom är skredrisken i området stor. (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2013c)

I Göta älv finns två råvattenintag, vid Lärjeholm för Göteborgsområdet och Dösebacka för Kungälvsområdet, se figur 12. Sammanlagt försörjer de ca 800 000 människor helt eller delvis med dricksvatten. Lärjeholms råvattenintag har tidvisa problem med saltvatteninträngning från havet. En saltvattentunga ligger utefter botten och sträcker sig långt upp i älven. För att förhindra saltvatteninträng till råvattenintaget vid Lärjeholm finns

vattenskärmar vid Ormo i Nordre älv. Skärmarna minskar flödet i Nordre älv så att flödet ökar i Göta älv och motverkar saltvatteninträngningen. Ett annat problem är att olyckor och oavsiktliga utsläpp av förorenande ämnen kan ske högre upp i älven och medföra att råvattenintaget tillfälligt måste stängas. Göta älvs vattenvårdsförbund genomför mätningar av vattenkvalitet och redovisar i sina årsrapporter om sådana olyckor och andra avvikelser som medför stängning. (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2005)

©Lantmäteriet [i2012/1029]

Figur 12. Några nämnda verksamheter i och vid älven.

Nordre älv korsas också av en linfärja, två bilbroar och en tågbro där eventuella underlättanden för sjötrafiken behöver genomföras samt breddning av älvfåran på några ställen. Den lägsta bilbron är öppningsbar men på bredden är den sannolikt inte så stor att de fartyg som trafikerar sträckan idag kan passera. De andra broarna är fasta med segelfri höjd på 12,5 meter. (Göteborgs Stad Trafikkontoret, 2012)

3.8 Alternativa lösningar och nollalternativ

Alternativa lösningar anger hur godstransporter kan ske om sjötrafiken ej flyttas till Nordre älv och nollalternativ beskriver miljöförhållandena och miljöns sannolika utveckling om muddring inte genomförs. Nedan presenteras två tänkbara förslag.

Alternativ 1

Fartygstrafiken fortsätter gå genom Göteborg. Angående den nya bron finns olika alternativ. Antingen kan bron anpassas för sjötrafiken eller sjötrafiken anpassas efter speciella tider då bron öppnas eller så kan slussar byggas för att sänka ner fartygen så de kan komma under en

låg bro. I en artikel i Göteborgs Posten i januari (Andersson, 2014) presenteras ett förslag på hur det kan gå till. För att möta problem med havsnivåhöjning kan vallar byggas med slussar för fartygen alternativ att annan lösning tas fram.

Alternativ 2

Ett annat alternativ är att godstransporter till Vänern, helt eller delvis, sker med tåg eller lastbil istället. Göteborgs stad Trafikkontoret (2014) anger i sin trafikstrategi för Göteborg 2035 att de bland annat vill öka kapaciteten i järnvägsnätet för att säkerställa bra godstransporter. Speciellt ska transporter till och från Göteborgs hamn ske via järnväg vilket kanske kan kombineras väl med omfördelning från sjötrafik till järnväg. Dock framgår också att de ser en möjlighet i att öka godstransporter på älven vilket går mer i linje med tidigare alternativ.

Nollalternativ

Ovanstående alternativ innebär att muddring ej genomförs i Nordre älvs estuarium och miljöeffekter till följd av muddring uteblir. Det är samtidigt viktigt att komma ihåg att behovet av godstransporter fortfarande återstår och därmed att sjötrafikens påverkan på ekosystemet i Göta älv nedanför förgreningen kvarstår. Havsnivåhöjningar och andra klimatförändringar kommer medföra en förändring oavsett om muddring sker eller ej.

Stort fokus i denna rapport ligger på ålgräs eftersom det är ett viktigt habitat i estuariet och påverkan på ålgräset medför kaskadeffekter. Klimatförändringar medför enligt Short och Neckles (1999) förändringar av havsnivå, salinitet, temperatur, atmosfärisk CO_2 och UV-strålning. Indirekt kommer estuariets hydrografi att förändras och med höjd havsnivå väntas större saltvattensinträngning i estuariet och älven. Ålgräs trivs i vatten med salthalt mellan 5 och 35 psu varför saltvatteninträngning inte är ett problem utan kan snarare gynna ålgräset. Dock medför större vattenpelare att ålgräset får sämre ljustillgång som inhiberar tillväxten. Den ökade temperaturen i havsvattnet kommer vara så pass liten på våra breddgrader att effekten på ålgräs sannolik blir liten. Luftburet koldioxid löser sig i vatten till kolsyra som reagerar vidare till bikarbonat och karbonat. Många sjögräsarter kan använda bikarbonat som kolkälla vid fotosyntes. Resultat från experimentella studier visar att många sjögräsarter kommer att få en ökad fotosyntes. Effekten av ökad UV-strålning kommer främst påverka runt ekvatorn och vid ozonhålen vid polerna. De eventuella effekter det kan ha på ålgräset i estuariet kommer vägas upp av ökad tillgång till kol som växten kan använda som skydd. Short och Neckles understryker att det med den forskning som finns idag inte går att göra tillförlitliga analyser av klimatförändringarnas påverkan på ålgräs. Det finns ett stort behov av ytterligare forskning.

4. Resultat

Enligt sjökort 931 är sträckan över tröskelområdet cirka 5 kilometer där djupet är mindre än 7 meter men längden beror på var muddringsrännan dras. Söder om ön Bassen är djupet något större men här förekommer också större utbredning av ålgräs enligt Andersson et al. (2009).

4.1 Effekter av muddring

Det finns flera olika metoder för muddring och sedimentspillet blir olika stort beroende av metod. En plym av grumligt vatten uppstår vanligtvis från muddringsplatsen. Resultat från andra muddringar i lugnt rinnande vatten och estuarier visar att plymen ofta kan uppgå till några hundratals meter men kan också blir längre (Lohrer & Wetz, 2003; Je et al. 2007; Burton et al., 2008). Precis intill mudderrännan kommer sedimentkoncentrationen bli mycket hög och växter och djur kan bli övertäckta med sediment. Grumlingens varaktighet beror av muddringens storlek, metod för muddring och hydrodynamik. Även flockning av suspenderat material spelar roll för sedimenteringshastighet (Mikkelsen & Pejrup, 2000). Blomqvist (1981) anger att generellt sett är varaktigheten kort och koncentrationen av partiklar i vattnet har återgått till normala värden efter några dagar, upp till en vecka. Organiskt och finkormigt material förblir suspenderat längst på grund av deras kolloida egenskaper medan grovkornigt material sedimentras snabbt. Förändringar av bottenstrukturen som kan påverka växt och djurliv kan uppstå då stora mängder finkornigt material sedimenteras där befintligt bottensediment är grövre.

Den främsta grumlingen vid muddring i Göta älvs estuarium uppstod i farledens inre i haloklinen. I yttre delar av farledsområdet uppmättes bara en liten förhöjning av grumligheten men syntes tydligt på flygfoton 1000 meter från mudderverket. Kontrollundersökningar under samma år som muddringen genomfördes visade att bottenmiljön vid farlederna var något påverkad. Det syntes inte nypålagt sediment vid provpunkterna varför det antogs att det antingen bearbetats av bottenfauna eller transporterats bort av bottenströmmar. Det framgår inte vilken flora och fauna som fanns vid kontrollpunkterna. I havsvikar runt farleden påvisades inga direkta effekter av muddringen efter att arbetet var slutfört. Det förväntades en frisättning av närsalter och för att undersöka om det medförde en förhöjd halt av klorofyll (fytoplankton) utfördes kontroller enligt Bohuskustens vattenvårdsförbunds vanliga kontrollprogram fast med tätare kontroller. Inga förhöjda halter klorofyll uppmättes som kunde kopplas till muddringen men en förhöjd halt närsalter uppmättes vid en kontrollpunkt på 10 meters djup som låg i farleden. (Sjöfartsverket & Göteborgs Hamn AB, 2004)

Det är troligt att föroreningar som finns i sedimenten frigörs vid muddring. Ändrade fysiska och kemiska förhållanden som pH och salthalt kan orsaka att föroreningar frigörs och blir biotillgängliga (Blomqvist, 1981; Gosh, 2002; Meriläinen et al., 2006). Efter muddringen i Göta älvs estuarium påvisades generellt små effekter på grund av frigjorda miljögifter (Sjöfartsverket & Göteborgs Hamn AB, 2004). De slutliga resultaten från den muddringen visar inte på någon mätbar påverkan på floran och faunan i Göteborgs skärgård. Ålgräsängar,

musslor och mjukbottenfauna uppges inte ha tagit någon mätbar skada av ökad grumlighet, sedimentering eller frisättning av närsalter.

Fytoplankton

Den största negativa effekten på fytoplankton är eventuell frisättning av farliga ämnen från sedimenten. Eventuell frisättning av närsalter är dock positivt för tillväxten av plankton vilket visas i en studie av Licursi och Gómez (2009). Hur stor den effekten blir beror av mängden organiskt material i sedimenten samt mängd och förhållande mellan närsalter i vattnet.

Frisättning av fosfor, som är det begränsande ämnet i ytvattnet, kan medföra ökad tillväxt av fytoplankton. Samtidigt medför ökad grumling sämre ljusförhållanden och inhiberar därför tillväxten. Om tillfällig förhöjd tillväxt av fytoplankton uppstår kommer troligtvis zooplankton följa samma kurva eftersom de livnär sig på fytoplankton. I litteratursammanställningen drar Hammer et al. (2009) slutsatsen att miljöeffekterna på fytoplankton generellt verkar vara små och övergående om det inte är mycket långvariga muddringar.

Bottenflora

Direkt borttagande är den främsta direkta påverkan. På tröskelområdet, där den största muddringsinsatsen behövs, växer främst ålgräs. Ålgräs behöver stabilt sediment varför förändrat bottensubstrat och erosion gör att ålgräset har svårt att återetablera sig.

Ökad grumlighet gör att ljustillgången minskar vilket påverkar ålgräset negativt. På samma sätt skulle ökad mängd alger medföra mindre ljustillgång. Ålgräs har en toleransnivå ner till mellan 19 och 30 % av SI (Surface Irradiance), alltså mängden ljus vid vattenytan, enligt studier i Danmark och Nederländerna (Erftemeijer & Lewis, 2006). Långvarig grumling som överstiger naturliga nivåer kan få tydliga negativa effekter på ålgräs genom försämrad fotosyntes men samtidigt framgår att kortvarig grumling inte medför några bestående effekter (Blomqvist, 1981; Onuf, 1994; Erftemeijer & Lewis, 2006). Vad gäller giftpåverkan genom frisättning av förorenande ämnen från sedimenten finns lite litteratur på området vilket också framhävs i litteratursammanställningen av Hammar et al., 2009. Sedimentering innebär att ålgräset kan täckas över, framför allt nära mudderrännan. En studie av Mills och Fonseca (2003) visar att ålgräs har låg tålighet mot övertäckning. Då sedimentet uppgick till 25 % (motsvarade ca 4 cm) av ålgräsets höjd dog mer än 50 % av plantorna.

Bottenfauna

Bottenlevande djur påverkas på flera sätt av muddring. Organismer som lever i och på sedimenten som tas bort kommer till stor del följa med. Abundansen och artrikedomen sjunker ofta i samband med muddring (Blomqvist 1981; Cooper Boyd, Aldridge & Rees, 2007). Respirationsorgan påverkas av grumling som kan leda till kvävning. Grumling medför också en ökad belastning på filtrerade organismer, exempelvis blåmusslan. (Erftemeijer & Lewis, 2006) Kiørboe, Møhlenberg och Nøhr (1980) visade i en studie att blåmusslor inte påverkas negativt av grumlingshalter upp till 55 mg/l. Kiørboe et al. visade också ett år senare att blåmusslor har högre tillväxt med suspenderat silt i vattnet än utan eftersom blåmusslorna, när de hade silt i magen, kunde utnyttja födan effektivare. En annan studie av Radenac, Miramand och Tardy (1997) på blåmusslor vid en dumpningsplats påvisade att

dumpningen inte hade någon effekt på tillväxten. Vid muddring i Göteborg syntes en ökad aktivitet hos blåmusslan under projekttiden men ett år efter var aktiviteten normal igen (Sjöfartsverket & Göteborgs Hamn AB, 2004).

Sedimentering av suspenderat materiale innebär att bentiska organismer täcks över vilket främst är ett problem för fastsittande organismer. Mobil bottenfauna kan gräva sig upp genom sedimentlager efter övertäckning om inte mäktigheten avsevärt överstiger normala variationer, samt i vissa fall kunde förhöjd biomassa uppmätas några månader efter övertäckning efter studier vid dumpningsplatser (Miller, Murir & Hauser, 2002; Bloam & Whomersley, 2005; Wilber, Clarke & Rees, 2007). Beroende på hur väl faunan är anpassad efter störningar går återhämtningen olika fort. Wilber, Ray, Clarke och Diaz (2008) åskådliggör i en tabell tiden för återhämtning i områden vid dumpade muddermassor från 15 olika studier. Här framgår att återhämtningstiden normalt uppgick till några månader och i några fall 2-3 år.

Fisk

Bottenvegetation som här främst utgörs av ålgräs är ett viktigt habitat för många fiskar som påverkas negativt om habitatet reduceras samt om bottenfaunan reduceras minskar fiskarnas födotillgång. Den mobila epifaunan är viktig föda för fisk under vår och sommar och på höst och vinter rör de sig till djupare delar där de utgör föda för exempelvis plattfisk (Svenska miljöinstitutet, 2013).

Grumling som uppstår påverkar fiskars respiration och fångstmekanismer. Sikten reduceras vilket för en del arter medför förändrat jaktbeteende hos predatorer liksom förändrat exponeringsbeteende hos bytesfisk. För fiskars gälar och ägghinnor kan det vara skadligt med ökad kontakt med partiklar som blir resultatet av grumling och ökad dödlighet för ägg och larver kan uppstå. Hammar et al. (2009) menar att det är en tydlig skillnad i känslighet för olika arter och i olika livsstadium. Exempelvis är de flesta fiskarter mest känsliga i ägg och yngelstadiet (Naturvårdsverket, 2010). Cyrus och Blaber (1987) visade att grumling, ibland i kombination med andra variabler, spelar en stor roll spridningen av fisk i yngelstadiet. En minst lika viktig faktor som halten suspenderat material är också exponeringstiden enligt Newcombe och MacDonald (1991).

Fågelliv

Fåglar kan skrämmas bort i samband med muddring eller påverkas indirekt av att deras habitat förändras om vegetation, bottenfauna och fisk försvinner. Det blir en så kallad kaskadeffekt uppåt i näringskedjan. (Hammar et al., 2009). De får också svårare att fånga fisk eller annan mat i grumligt vatten.

Vid muddringsarbete av Göteborgs hamn gjordes uppföljning av Sjöfartsverket & Göteborgs Hamn AB (2004) av tre fågelarter, knölsvan, ejder och tobisgrissla som skulle spegla tre olika habitat. Knölsvan är växtätare, ejder äter huvudsakligen bottenlevande och ofta fastsittande djur som blåmussla medan tobisgrisslan är fiskätare. Tobisgrisslan är också rödlistad som nära hotad. Muddringen genomfördes i januari 2003 till februari 2004 och fågelinventeringarna genomfördes under 2002 till 2004. Knölsvan uppvisade en minskning av

populationsstorlek under 2003 men återhämtade sig under 2004. Dock tros minskningen bero på den hårda vintern 2002/2003. Även ejder visade en minskning mellan 2003 och 2004. Utmed Bohuskusten syntes ingen generell minskning varför minskningen lokalt kan förknippas med muddringen. Några andra naturliga förklaringar kunde inte hittas. Tobisgrisslan uppvisade en negativ populationsutveckling som ej kunde fastställas statistiskt eftersom det förekommer klumpvis. Alla tre fåglarna förekommer också i Nordre älvs estuarieområde enligt Göteborgs ornitologiska förening (2009).

4.1.1 Kompensationsåtgärder

Det har blivit vanligare att föreslå kompensationsåtgärder för att kunna exploatera områden med ålgräs. Enligt Moksnes (2009) har hittills framlagda förslag om kompensationsåtgärder om ålgräsrestaurering varit dåligt underbyggda och menar att det behövs mer studier i Sverige. Hittills har restaurering av ålgräs aldrig genomförts i Sverige. Det finns dock ett projekt, Zorro (Zostera Restoration), som syftar till att utveckla metoder för att förvalta och restaurera svenska ålgräshabitat. Preliminära resultat visar att transplantering kan fungera bra på grunt vatten med goda ljusförhållanden (Kontaktgrupp Hav, 2013). Kompensations-åtgärder kan användas för att kompensera förstörda habitat men är både dyrt och osäkert. Viktigt att tänka på i samband med kompensationsåtgärder, menar Moksnes (2009), är att det ofta kan det vara svårt att hitta bra lokaler för ålgräs i närheten av det området som vill exploateras.

I USA har transplanering av ålgräs använts i 50 år och anses vara väl fungerande om lokal och metod värderas omsorgsfullt innan arbetet påbörjas enligt Moksnes rapport. Resultat från projekt visar på en överlevnadsgrad på 42 %. Vanligaste orsaken till misslyckad restaurering anges vara att felaktiga lokaler valts som inte levde upp till de förhållanden som krävdes. Ålgräsets utbredning sammanfaller ofta med siktdjupet som visar att ljustillgången ofta är en begränsande faktor. Det är viktigt att genomföra noggranna förstudier innan en återplantering kan genomföras. För att ta hänsyn till den naturliga variationen i ålgräsets utbredning mellan år behövs data för en längre period, helst flera år. Som tidigare framgått bidrar ålgräs till minskad erosion och dämpade vågrörelser. När ålgräs försvinner kommer erosionen att öka och sedimentstrukturen förändras. Erosionen kan också bidra till ökat djup. Dessa faktorer försvårar för återetablering. Ålgräs har kort spridningsförmåga och långsam tillväxt så återetablering kan ta flera decennier. Att transplantera ålgräs kan vara en effektiv metod att möjliggöra eller påskynda återkolonisering. Men även när förutsättningarna förbättrats har ålgräset begränsade möjligheter att återhämta sig. Det är en mycket kostsam metod och Moksnes menar att den endast bör väljas som sista utväg.

5. Diskussion

Främst med tanke på muddringsrännans längd och djup anser jag att det skulle bli ett omfattande projekt att genomföra muddringen. Eftersom det handlar om ett såpass orört område anser jag att det ska finnas en extra försiktighet. En miljökonsekvensbeskrivning är naturligtvis bra för att få en inblick i effekterna och bör grundas på noggranna undersökningar men att förutsäga och vad som kommer hända i ett levande och dynamiskt ekosystem vid viss sort av påverkan är fortfarande främst en kvalificerad gissning.

Fysiska förändringar av bottenstruktur kan få stor inverkan lokalt när hydrodynamiken förändras, främst i älven. Muddringsrännan innebär att saltvatten lättare tränger in i älven och saltvattentungan kommer bli kraftigare. Jag är osäker på hur syreförhållandena ser ut i älven idag men med tanke på att tröskeln begränsar inflödet och skiktningen mellan yt- och djupvatten är det möjligt att tillförseln av syrerikt vatten är begränsad. I älven noterades också låg artdiversitet. Ökat tillflöde av saltvatten kommer att innebära större tillförsel av syrerikt bottenvatten i älven och kan därför gynna biota. Högre salthalt, gynnar marina arter. Blandningen som sker mellan yt- och djupvattnet gör att ytvattnet blir lite salt. Med en kraftigare och längre saltvattentunga kommer ytvattnet i estuariet bli saltare än i nuläget.

Effekter av kemiska förändringar när det kommer till föroreningar blir sannolikt små med tanke på de låga effekterna som uppstod utanför Göteborg och att sedimenten i Nordre älv är mindre förorenade. Min slutsats är att bioackumulering av farliga ämnen ej väntas bli ett problem. Dock måste muddermassorna sannolika saneras från ammunition. Förhållandet mellan näringsämnen, suspenderat material och vattenmängd kommer vara likvärdigt oavsett om vattenflödet i älven ökar eller inte. Det är därmed inte troligt att övergödning kommer uppstå till följd av muddring mer än eventuellt kortsiktigt under pågående muddring.

Ökat vattenflöde i Nordre älv (vid byggnation av vallar) kan medföra förhöjd vattennivå i älven och låglänta områden utefter strandkanten översvämmas eller utsättas i högre grad för översvämningar. Om vattendjupet ovan ålgräset ökar medför det mindre ljusnedsläpp även om förhållandet mellan vatten och suspenderat material är oförändrad. Havsnivåhöjningar kommer sannolikt ha större sådan effekt ur ett längre perspektiv. Samtidigt är det tänkbart att sedimentation också bygger på tröskelområdet så att nettoeffekten inte blir så stor.

Det är därför svårt att säga hur sedimentationen förändras i estuariet från muddring på längre sikt men fartygstrafiken kommer sannolikt påverka i större utsträckning. När fartyg går i vattnet sker en vattenomblandning av yt- och djupvatten så salthalten i vattnet blir jämnare. Det suspenderade materialet som tidigare befann sig ytvattnet med låg salthalt sedimentras lättare i saltare vatten. Samtidigt kan fartygen erodera botten så att grumligheten ökar. Det är dock troligt att muddringsrännan kommer behöva underhållsmuddras med jämna mellanrum.

Osäkerheter och källkritik

Detta arbete är en förstudie med brett innehåll och litteratur från flertalet myndigheter och artiklar använts. Till viss del har jag utgått från litteratursammanställningen av Hammar et al. (2009), utgiven av naturvårdsverket som bygger på 200 olika källor och vetenskapliga artiklar. Jag anser att den har gett mig en bra grund men en del källor kan anses gamla vid det här laget och nyare källor har inte alltid gått att hitta. Det är dock troligt att det finns ytterligare material som kan vara relevant för rapporten men som av tidskäl inte kunnat tas med. Jag tror dock att jag fått en tydlig helhetsbild som är tillräcklig för att kunna dra slutsatser men behöver kompletteras med fördjupade studier i framtiden om muddring blir aktuellt.

Sammantaget så är mitt intryck att sedimentering efter muddring sker relativt snabbt vilket också Blomqvist (1981) anger men tydliga studier som verifierar detta har varit svårt att hitta. Wolanski, Gibbs, Ridd, och Metha (1992) visade att grumling som uppstod till följd av dumpning av muddermassor sedimenterade nästan helt inom 4 dygn, dock skedde viss resuspension. Ytterligare underlag hade varit önskvärt för att få en starkare grund för min slutsats.

Jag har, som framgått tidigare, gjort en avgränsning så effekter av frisättning av förorenande ämnen inte ingår i denna studie. Den information jag kunnat tillgå tyder på låga halter men det finns begränsat med information om förorenande ämnen i bottensedimenten och jag inte kunnat hitta hur analyser av miljögifter genomförts vilket skapar en osäkerhet, liksom tänkbara kombinationseffekter, av eventuell frisättning.

Jämförelser har gjort med muddringsprojektet *Säkrare farleder till Göteborg* men det finns en del skillnader mellan projektens storlek och utförande så resultaten är inte riktigt överförbara. Exempelvis är vattenföringen i regel kraftigare i Nordre älv, muddringen utanför Göteborg utfördes på större djup samt innebar sprängning på några ställen vilket sannolikt inte kommer vara aktuellt i Nordre älv. Det är också osäkert om samma muddringsmetoder kommer att användas. Jag anser det viktigt att poängtera att resultat från studier och liknande projekt överlag kan ge en bra fingervisning men att det alltid finns andra variabler som spelar in, resultat är aldrig direkt överförbara och därmed går det inte att göra exakta förutsägelser.

Återhämtning

När man ser till arealen av Natura 2000-området som påverkas direkt av muddring är den procentuellt sett liten. Ålgräsäng som är ett av de viktigaste habitaten i estuariet finns dock i det området som påverkas mest av muddring och enligt mina uppskattningar kommer mellan 5 och 15 % av arealen ålgräs sannolikt tas bort mekaniskt vid muddring. På grund av muddringsrännans djup kommer inte ålgräs kunna återetablera sig där. Eventuellt kan andra arter som växer på större djup och kräver högre salthalt etablera sig i rännan. Med tanke på ålgräsets känslighet mot övertäckning anser jag att åtgärder mot grumling är viktiga för att skydda ålgräs vid sidan av rännan.

Rovborstmaskar, sandmaskar är exempel på mobil bottenfauna som med stor sannolikhet kan gräva sig upp genom sedimentpålagring. I resultatet redovisas uppgifter från dumpningsplatser då det fanns fler studier på detta men det kan enligt min åsikt i stor utsträckning jämföras med grumling som uppstår vid muddring. Resultatet visar på att blåmusslor kan anpassa sig till varierande halt suspenderat material men höga halter innebär fortfarande en påfrestning. Om andra snäckor och musslor är lika tåliga framgår ej. Troligtvis har de också förmåga att anpassa sig efter varierande förhållanden och med tanke på att de har förmåga att gräva i sedimenten anser jag det sannolikt att de klarar viss övertäckning.

För fiskar och fåglar innebär muddring reducerat ålgräshabitat för födosök och barnkammare. Eftersom fiskar och fåglar är mobila kan de söka sig från områden med grumligt vatten och därför inte bli påtagligt påverkade av det om det är en kortare period.

En svårighet vid utredning av effekterna är frågan om en total återställning är målsättningen eller vilka förväntningar på återhämtning som är rimliga. Ändrat bottensubstrat och hydrodynamik spelar stor roll för hur återetablering sker. I litteratursammanställningen (Hammar et al., 2009) ansågs en botten återställd när vegetation och fauna uppnått samma status som innan muddringen. Det är dock inte säkert att en sådan återställning kan ske. Det är svårt att uppskatta när en botten är återställd och beror på om man mäter funktionellt eller taxonomiskt (artsammansättning) (Bloam & Whomersley, 2005; Cooper et al. 2007). Förändrat bottensubstrat kan medföra en permanent förändrad artsammansättning där andra arter kan ta över tidigare arters funktion.

Jag anser att om kompensationsåtgärder genomförs med lyckat resultat kan en återställning ske om man ser till abundansen av ålgräs och bottenfauna i hela estuariet. I muddringsrännan kommer dock en permanent förändring uppstå men med förändrad hydrodynamik förmodar jag att det är tänkbart att fler marina arter kan etablera sig här. Oavsett om muddring sker eller inte kommer klimatförändringarna påverka estuariet och förutsättningar förändras. Med tanke på att ålgräset fyller en viktig funktion men har reducerats starkt de senaste 20 åren utefter västkusten, anser jag att det kan vara värt att överlag tänka på att restaurering av ålgräsängar.

Stor tyngd bör läggas på val av tidpunkt. Under sommaren då fortplantning sker är ekosystemet mest känsligt mot störningar. Tidpunken för leken är olika för olika arter samt vid olika plaster. Hänsyn bör tas till lax och öring som vandrar uppför älven. Nordre älvs estuarium är fågelskyddsområde så hänsyn bör likaså tas till fåglars häckningsperioder. Även friluftslivet är som mest aktivt sommartid. Vid kontakt med sjöfartsverket fick jag uppfattningen att muddring inte kan göras vintertid varför min tolkning av resultaten är att hösten är lämpligast för muddring. I Naturvårdsverkets rapport Muddring och hantering av muddermassor för vägledning om tillämpning av miljöbalken (2010) framgår att senhösten generellt är den bästa tiden. Vidare framgår att muddring i sjö och hav bör genomföras koncentrerat till ett samlat tillfälle eftersom det ofta är bättre med en stor muddring än flera små medan det motsatta är att gäller för vattendrag. Vad som skulle vara det bästa i detta fall har jag svårt att uttyda och bör utredas utförligare.

Lagar och miljömål

I miljöbalken 7kap finns lagar om tillstånd för skyddade områden som exempelvis Natura 2000. Nordre älvs estuarium har starka skydd men det finns också undantag från dessa om incitamenten är tillräckligt starka. Exempelvis kan tillstånd ges om tillräckliga kompensationsåtgärder vidtas men är inget krav om det saknas andra lösningar eller behöver genomföras av tvingande orsaker.

Hänsynsreglerna finns i 2kap miljöbalken och omfattar mudderverksamhet. Kunskapskravet (2§) anger att den som bedriver en verksamhet eller vidtar en åtgärd ska skaffa sig den kunskap som behövs för att skydda människors hälsa och miljön. Försiktighetsprincipen (3§) förlänger kravet till att verksamhetsutövaren ska utföra skyddsåtgärder och vidta försiktighetsmått för att förebygga olägenhet för människors hälsa och miljö och använda bästa möjliga teknik. En miljökonsekvensbeskrivning har syftet att beskriva effekter och därigenom tydliggöra vilka åtgärder som kan eller bör vidtas. Därmed anser jag att kraven kan uppfyllas. Skälighetsregeln (7§) medger dock att reglerna gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla dem. Man kan alltså göra en avvägning mellan nyttan och kostnaderna. Jag anser att kompensationsåtgärder kan vara en del i uppfyllandet av försiktighetsprincipen och i det här fallet är kompensationsåtgärder av stor vikt för att tillåta en muddring i estuariet.

Eftersom området har starka skydd kommer det krävas starka incitament för att få tillstånd. Emellertid har sjötrafiken på Göta älv stor betydelse för näringslivet och är ett miljövänligt transportsätt. Om sjötrafiken kan anses vara av riksintresse finns kanske tillräckliga incitament för att genomföra en flytt. Då anser jag att det också finns stora incitament för att genomföra kraftiga kompensationsåtgärder även om det medför betydande arbete och kostnad. Ett alternativ för användning av muddermassorna kan vara att de används till att utöka det grundare tröskelområdet något så att ålgräs har möjlighet att etablera sig där eftersom siktdjupet är den begränsande faktorn. Det skulle dock innebära ytterligare en påverkan på estuariet i samband med dumpningen men skulle lösa en del av problemet med var muddermassorna annars skulle dumpas.

I flera miljömål framgår biologisk mångfald som en viktig punkt. Om kompensationsåtgärder lyckas är det troligt enligt min mening att den biologiska mångfalden kan bevaras i estuariet trots att muddring genomförs. Det som skapar mest osäkerhet är förändrad hydrografi som kan förändra förutsättningarna för organismerna. Påverkan från förorenande ämnen förväntas som sagt bli liten varför miljömålet *Giftfri miljö* inte påverkas under förutsättning att mudderverken inte spiller eller släpper ut oönskade ämnen i vattnet under muddringen. Målsättningarna i miljömålen sammanfaller till stor del med miljökvalitetsnormerna så uppfylls miljömålen är sannolikheten stor att även miljökvalitetsnormerna blir uppfyllda.

Andra verksamheter

I det här fallet är muddringsprojektet också kopplat till flera andra befintliga och eventuella projekt och verksamheter. Lösningen med vallar som figur 3 illustrerar medför att allt vatten rinner ut genom Nordre älv eftersom det stoppas från att fortsätta ner genom Göta älv av

den norra vallen vid förgreningen. Det innebär det att råvattenintaget vid Lärjeholm inte blir påverkat av olyckor och oavsiktliga utsläpp av förorenande ämnen som sker högre upp i älven. Detsamma gäller för saltvatteninträngning från havet eftersom vallen vid Göta älvs mynning stoppar saltvattnet. Det medför också att skärmarna vid Ormo inte längre behövs vilket underlättar för sjötrafiken. Innanför vallarna sker tillrinning från Lärjeån, Säveån och Mölndalsån men flödet blir lägre än idag och vattenmassan kan bli förhållandevis stillastående. Detta i kombination med begränsad saltvattentillförsel från havet kommer förändra förhållandena innanför vallarna vilket i praktiken gör området till en sjö. Tillförsel kan dock ske från exempelvis båtslussar så vattnet blir troligen något bräckt. Detta kommer påverka sammansättningen av flora och fauna. Det är också viktigt att ta reda på hur det skulle påverka råvattenintaget vid Lärjeholm. I och med detta och andra tänkbara projekt anser jag att det är viktigt att utvärdera miljöeffekterna i ett större perspektiv. För det behöver ytterligare studier göras i och kring Göteborg för att utvärdera vilka sammanlagda långsiktiga positiva och negativa effekter som uppstår.

Etiska perspektiv

Genom att tillfredställa våra skapade behov bidrar vi med påverkan på naturen som ibland kan vara mycket negativ. Jag anser att det är viktigt att lyfta fråga om vilka rättigheter respektive skyldigheter vi människor bör ha att förändra naturen och förutsättningarna för andra organismer. Med tanke på det inflytande vi har anser jag att vi också har stort ansvar för att förvalta naturen och dess tillgångar som finns både för vår egen och andra levande organismers skull. En grundsten för godkännande av muddring bör vara en omfattande och vetenskaplig utvärdering av möjligheten till ålgräsrestaurering i eller nära estuariet för att säkerställa att det finns goda möjligheter. Personligen tycker jag det vore mycket intressant med en jämförande miljöbedömning för nollalternativen och detta alternativ samt andra projekt som kommer krävas för att sjötrafiken skall kunna gå genom Nordre älv.

6. Slutsatser

Den största effekten av muddringen är direkt borttagande av vegetation och fauna. Andra effekter som kan få stor påverkan är grumling (kortsiktigt) och förändrad hydrodynamik som exempelvis kraftigare saltvattentunga i älven. Genom användandet av bra teknik och åtgärder för minskad påverkan ökar sannolikheten att grumlingen blir tillräckligt begränsad att inga stora problem uppstår. Sannolikt skulle mycket begränsad frisättning ske av farliga ämnen så bioackumulering och biomagnifikation av miljögifter eller farliga ämnen är inte trolig. Tillfälligt förhöjda halter plankton på grund av ökad halt närsalter kan uppkomma. Ålgräsets omfattning kommer minska genom direkt borttagning samt att övertäckning kan göra att ålgräs intill rännan dör. Det är förhoppningsvis möjligt att genom kompensationsåtgärder på längre sikt öka ålgräsutbredningen utanför muddringsrännan och därigenom motverka negativ nettoeffekt. Bottenfaunan kan komma att reduceras i muddringsrännan och kan påverkas negativt av grumling. Då mycket av bottenfaunan är mobil, exempelvis maskar, blötdjur och kräftdjur, kan de gräva sig upp vid eventuell övertäckning. Blåmusslor har visat sig kunna hantera ökad grumlighet väl och

utbredningsområdet ligger till stor del utanför eventuell muddringsränna, beroende på vart rännan dras. Fisk och fåglar påverkas negativt av minskat habitat men det kan eventuellt vägas upp genom kompensationsåtgärder. Genom god planering och noga val av teknik och utrustning kan negativa miljöeffekter begränsas. Det är också viktigt att summera miljöeffekterna ur ett större perspektiv i relation till andra verksamheter och tänkbara åtgärder i framtiden.

7. Fortsatta studier

En noggrann utredning om var rännan lämpligast bör dras behöver göras i framtiden. Det är sannolikhet att bottenflora och fauna ändrar utbredning och då är förutsättningarna annorlunda än idag. Jag hade svårt att hitta litteratur om bottenprofil och vattenrörelser i estuariet så för att kunna dra noggrannare slutsats om förändrad hydrodynamik krävs en undersökning.

I och med att det finns ammunition på botten föreligger explosionsrisk. Muddring kan vara en metod att sanera men kräver noggranna förberedelser och bör göras med stor försiktighet. Det bör också göras fler mätningar av andra eventuella föroreningar i sedimenten. Ytterligare miljöpåverkan kommer sedan att uppstå vid dumpning av muddermassorna vilket kräver en utredning.

Efter att muddring är genomförd kommer andra verksamhet bidra med påverkan på området, exempelvis pålning eller annan utmarkering för sjötrafiken, grumling från fartygstrafiken och underhållsmuddringar. För att få en helhetsbild av flytt av sjöfarten bör detta undersökas och vägas samman.

8. Källor

Andersson, S. (2014). *Sluss kan sänka fartyg under nya bron*. Hämtad 2014-05-10 från http://www.gp.se/nyheter/goteborg/1.2244765-sluss-kan-sanka-fartyg-under-nya-bron

Andersson, S., Magnusson, M., Hammar, L., Rosenberg, R., Persson, M., Hammar, J., Walbeck, P., & Dimming, A. (2009). *Marinbiologisk Inventering av Nordre älvs estuarium.* Göteborg: Marine Monitoring AB

Bloam, S.G., & Whomersley, P. (2005). Development of macrofaunal communities on dredged material used for mudflat enhancement: a comparison of three beneficial use schemes after one year. *Marine Pollution Bulletin, 50*, 40-47.

Blomqvist, S. (1981). *Ekologiska bedömningsgrunder för muddring och muddertippning*. Solna: Statens naturvårdsverk.

Burton, C. S., Kim, J., Clarke, D. G., & Linkov, I. (2008). A risk-informed decision framework for setting environmental windows for dredging projects. *Science of the Total Environment, 403*, 1-11.

Bydén, S., Larsson, A-M., & Olsson, M. (2003) *Mäta vatten, Undersökningar av sött och salt vatten.* Göteborg: Göteborgs Universitet, Institutionen för miljövetenskap och kulturvård.

Cooper, K., Boyd, S., Aldridge, J., & Rees, H. (2007). Cumulative impacts of aggregate extraction on seabed macro-invertebrate communities in an area off the east coast of the United Kingdom. *Journal of Sea Research, 57*, 288–302.

Cyrus, D. P., & Blaber, S. J. M. (1989). The influence of turbidity on juvenile marine fishes in estuaries. part 1. field studies at Lake St. Lucia on the southeastern coast of Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 109*, 53-70.

Erftemeijer, P. L. A., & Lewis, R. R. R. (2006). Environmental impacts of dredging on seagrasses: A review. *Marine Pollution Bulletin, 52*, 1553–1572.

Green, E. P., & Short, F. T. (2003) *World atlas of Seagrasses*. Prepared by the UIMEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.

Ghosh, U. (2002). Contaminated Aquatic Sediments. Literature Review. *Water Evironment Research, 74*, 1-64.

Göransson, G., Persson, H., & Lundström, K. (2011). *Transport av suspenderat material i Göta älv. Göta älvutredningen – delrapport 4*. Linköping: Statens Geotekniska Institut

Göta älvs vattenvårdsförbund. (2006). *Fakta om Göta älv - En beskrivning av Göta älv och dess omgivning 2005*. Göteborg: Göta älvs vattenvårdsförbund.

Göta älvs vattenvårdsförbund. (2010-2011). *Vatten magazinet, Tillståndet i Göta älv med biflöden*. Göteborg: Göta älvs vattenvårdsförbund.

Göta älvs Vattenvårdsförbund. (2013a). *Hoppande sediment i Göta älv*. Hämtad 2014-04-29 från http://www.gotaalvvvf.org/nyheter/hoppandesedimentigotaalv.5.415b48a314276a8b9a7cb6e.html

Göta älvs vattenvårdsförbund. (2013b). *Rapport avseende Vattendragskontroll 2012*. Göteborg: Göta älvs vattenvårdsförbund

Göta älvs vattenvårdsförbund. (2013c). *Vatten Magazinet, Tillståndet i Göta älv med biflöden 2013-2014 .* Göteborg: Göta älvs vattenvårdsförbund.

Göteborgs ornitologiska förening. (2009). *Fågelatlas över Göteborg med kranskommuner*. Göteborg: Göteborgs ornitologiska förening.

Göteborgs Stad (2013). *Miljöprogram för Göteborgs Stad 2013 med handlingsplan.* Hämtad 2014-04-28 från http://www.e-magin.se/v5/viewer/files/viewer_s.aspx?gKey=p0szs0dh&gIn itPage=1

Göteborgs Stad Statsbyggnadskontoret. (2009). *Översiktsplan för Göteborg, Karta 1 Användning av mark- och vattenområden.* Antagen av kommunfullmäktige 2009-02-26

Göteborgs Stad Trafikkontoret. (2014). *Göteborg 2035, Trafikstrategi för en nära storstad*. Göteborg: Kommunstyrelsen, Göteborg Stad.

Göteborgsregionens Fritidshamnar. (2014). *Björlanda Kile*. Hämtad 2014-04-25 från http://www.grefab.se/bjorlanda_kile/start

Hammar, L., Magnusson, M., Rosenberg, R., & Granmo, Å. (2009) *Miljöeffekter vid muddring och dumpning, en litteratursammanställning (Rapport 5999)*. Bromma: Naturvårdsverket.

Havs- och vattenmyndigheten. (2013a). Marint områdesskydd, redovisning av uppdrag i regleringsbrevet för 2013. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.

Havs- och vattenmyndigheten. (2014b). *God miljöstatus – det önskade tillståndet*. Hämtad 2014-05-02 från https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljomal--direktiv/havsmiljodirektivet/god-miljostatus.html

Havs- och vattenmyndigheten. (2014c). Havsmiljödirektivet - EU:s gemensamma väg mot friska havsområden. Hämtad 2014-05-02 från https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljomal--direktiv/havsmiljodirektivet.html

Havs- och vattenmyndigheten. (2014). *Ramdirektivet för vatten*. Hämtad 2014-05-02 från https://www.havochvatten.se/hav/samordning--fakta/miljomal--direktiv/vattendirektivet.html

Je, C-h., Hayes, D. F., & Kim, K-S. (2007). Simulation of resuspended sediments resulting from dredging operations by a numerical flocculent transport model. *Chemosphere, 70*, 187–195.

Jenneborg, L-H. (2007). *Marinbiologisk undersökning, Utbredning av blåmusselbankar inom Göteborgs skörgård (R 2007:17)* Göteborg: Göteborgs Stad Miljöförvaltningen.

Kontaktgrupp Hav. (2013.) *VÄSTERHAVET 2013 - Aktuellt om miljön i Skagerrak, Kattegatt & Öresund*. Göteborg: Havsmiljöinstitutet

Kungälvs kommun. (2012). *Översiktsplan 2010 för Kungälvs kommun, Mark- och vattenanvändningskarta*. Antagen av Kommunfullmäktige 2012-01-19.

Kiørboe, T., Møhlenberg, F., & Nøhr, O. (1980). Feeding, particle selection and carbon absorption in Mytilus edulis in different mixtures of algae and resuspended bottom material. *Ophelia, 19*, 193-205.

Kiørboe, T., Møhlenberg, F., & Nøhr, O. (1981). Effect of Suspended Bottom Material on Growth and Energetics in Mytilus edulis. *Marine Biology, 61*, 283-288

Lagenfält, I. (2012). Blankålsvandring i Göta älv (R 2012:95) Göteborg: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten

Licursi, M., & Gómez, N. (2009). Effects of dredging on benthic diatom assemblages in a lowland stream. *Journal of Environmental Management, 90*, 973–982.

Lohrer, A. M., & Wetz, J. J. (2003). Dredging-induced nutrient release from sediments to the water column in a southeastern saltmarsh tidal creek. *Marine Pollution Bulletin, 46,* 1156-1163.

Länsstyrelsen Västra Götalands län. (2014) *Nordre älvs estuarium*. Hämtad 2014-05-01 från http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/djur-och-natur/skyddad-natur/naturreservat/lanets-naturreservat/ockero/nordre-alvs-estuarium/Pages/index.aspx

Länsstyrelsen Västra Götalands län Naturvårdsenheten. (2005*) Bevarandeplan för Natura 2000-område (SE0520043 Nordre älvs estuarium).* Fastställd: 2005-08-15.

Melica. (2014) Ett invallat Göteborg. Hämtad 2014-04-08 från http://www.melica.se/vallar.htm

Meriläinen, P., Lahdelma, I., Oikari, L., Hyötyläinen, T., & Oikari, A. (2006). Dissolution of resin acids, retene and wood sterols from contaminated lake sediments. *Chemosphere, 65*, 840-846.

Mikkelsen, O. A., & Pejrup, M. (2000). In situ particle size spectra and density of particle aggregates in a dredging plume. *Marine Geology, 170*, 443-459.

Miller, D. C., Muir, C. L., & Hauser, O. A. (2002). Detrimental effects of sedimentation on marine benthos: what can be learned from natural processes and rates? *Ecological Engineering, 19*, 211-232

Mills, K. E., & Fonseca M. S. (2003). Mortality and productivity of eelgrass Zostera marina under conditions of experimental burial with two sediment types. *Marine Ecology Progress Series, 255*, 127–134.

Moksnes, P. O. (2009). *Restaurera ålgräsängar (R 2009:26).* Göteborg: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten

Nationalencyklopedin. (2014) *Sifon*. Hämtat 2014-05-11 från http://www.ne.se.ezproxy.bib.hh.se/lang/sifon/305128

Naturvårdsverket. (2011). *Estuarier, Vägledning för svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1.* NV-04493-11. Beslutad: November 2011

Naturvårdsverket. (2013a). *Ett rikt växt och djurliv*. Hämtad 2014-05-03 från http://www.miljomal.se/Miljomalen/Regionala/Regionalt/?eqo=16&t=Lan&l=14

Naturvårdsverket. (2013b). *Giftfri miljö*. Hämtad 2014-05-03 från http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/Regionala/Regionalt/?l=14&t=Lan&eqo=4

Naturvårdsverket. (2013c). *Hav i balans samt levande kust och skärgård.* Hämtad 2014-05-03 från http://miljomal.se/sv/Miljomalen/Regionala/Regionalt/?l=14&t=Lan&eqo=10

Naturvårdsverket. (2013d). *Levande sjöar och vattendrag.* Hämtad 2014-05-03 från http://www.miljomal.se/Miljomalen/Regionala/Regionalt/?eqo=8&t=Lan&l=14

Naturvårdsverket. (2013e). *Miljömålen.* Hämtad 2014-04-30 från http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/

Naturvårdsverket. (2014). *Natura 2000*. Hämtad 2014-04-25 från http://www.naturvardsverket.se/natura2000

Naturvårdsverket. (2014). *Ramsar – Våtmarksvonventionen*. Hämtad 2014-05-06 från http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Vatmarkskonventionen/

Naturvårdsverket Miljörättsavdelningen. (2010). *Muddring och hantering av muddermassor*. Stockholm: Naturvårdsverket

Naturvårdsverket/SMHI. (2013-2014). Fakta om klimatförändring, Framtidens havsnivåhöjning. Hämtad 2014-04-17 från http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.36622.1395915668!/IPCC_fakta_nr2.pdf

Newcombe, C. P., & MacDonald, D. D. (1991). Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management, 11*, 72-82.

Onuf, C. P. (1994). Seagrasses, Dredgning and Light in Laguna Madre, Texas, U.S.A. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 39*, 75-91.

Ospar commission. (2014) *OSPAR Convention*. Hämtad 2014-05-06 från http://www.ospar.org/content/content.asp?menu=01481200000000_000000_000000

Pihl, L., Baden, S., Kautsky, N., Rönnbäck, P., Söderqvist, T., Troell, M., & Wennhage, H. (2006). Shift in fish assemblage structure due to loss of seagrass Zoztera marina habitats in Sweden. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 67, 123-132.

Radenac, G., Miramand, P., & Tardy, J. (1997). Search for Impact of a Dredged Material Disposal Site on Growth and Metal Contamination of Mytilus edulis (L.) in Charente-Marifime (France). *Marine Pollution Bulletin, 34*, 721-729.

Riksantikvarieämbetet. (2014). *Fornsök.* Hämtad 2014-04-29 från http://www.fmis.raa.se/cocoon/fornsok/search.html

Rudhag, H. (2012). Ny Götälvbro, PM Sjötrafik - samrådsunderlag. Göteborg: Göteborgs Stad Trafikkontoret

Rydbeck, S., Norén, F., & Börjesson, P. (2009). *Musselbank - Nordre älv, Undersökning av bestånd, utbredning samt miljögifter*. Göteborg/Lysekil: Norconsult/N-research

Short, F. T., & Neckles H. A. (1999) The effects of global climate change on seagrasses. Aquatic Botany, 63, 169-196.

Sjöfartsverket & Göteborgs Hamn AB (2004) *Projekt Säkrare Farleder till Göteborg.* Norrköping: Sjöfartsverket & Göteborgs Hamn AB

Stevens, RL., & Ekermo S. (2002). Sedimentation and erosion in connection with ship traffic, Göteborg Harbour, Sweden. *Environmental Geology (2003)*, 43, 466-475

Svenska Miljöinstitutet. (2013). *Informationsblad om Nordre älvs estuarium 2013*. Stockholm: Svenska Miljöinstitutet

Sveriges Lantbruksuniversitet (2010). *Artdatabanken*. Hämtad 2014-04-23 från http://www.artfakta.se/GetSpecies.aspx?SearchType=Advanced

VISS Vatteninformationssystem Sverige. (2014a). *Nordre Älv.* Hämtad 2014-04-08 från *http://www.viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE642012-126863*

VISS Vatteninformationssystem Sverige. (2014b). *Nordre Älvs fjord*. Hämtad 2014-04-08 från http://www.viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE574650-114360

VISS Vatteninformationssystem Sverige. (2013). *Om VISS.* Hämtad 2014-04-17 från http://www.viss.lansstyrelsen.se/About.aspx?aboutPageID=1

Wickström, H. (2005) Faktablad: *Anguilla anguilla –ål*. Hämtad 2014-04-25 från http://www.artfakta.se/Artfaktablad/Anguilla_Anguilla_206063.pdf

Wikström, A., Hilvarsson, A., Magnusson, M., & Hammar, J. (2014). *Inventering av mjukbottnar i Göteborg 2013* (R 2014:3). Göteborg: Göteborgs stad miljöförvaltningen

Wilber, D. H., Clarke, D. G., & Rees, S. I. (2007). Responses of benthic macroinvertebrates to thin layer disposal of dredged material in Mississippi Sound, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 42-52.

Wilber, D. H., Ray, G. L., Clarke, D. G., & Diaz, R. J. (2008). Responses of Benthic Infauna to Large-Scale Sediment Disturbance in Corpus Christi Bay, Texas. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 365*, 13-22.

Wolanski, E., Gibbs, R. Ridd, P. Mehta, A. (1992). Settling of ocean-dumped dredged material, Tonseville, Australia. *Esuarine, Coastal and Shelf Science, 35*, 473-489.

Öckerö kommun. (2006). *Översiktsplan för Öckerö kommun, Karta 3 Sammanställning av riksintressen*. Antagandehandlig 2006-06-14

Figur nr 1, 4-6, 10-12, grundmaterial från:

Lantmäteriet. *Kartsök och ortnamn.* Hämtad 2014-04-28 från http://kso2.lantmateriet.se/

Figur nr 8 och 9, data hämtad från:

Göta älvs vattenvårdsförbund. *Rapporter avseende vattendragskontroll* 2002-2013

Lagtext

Miljöbalken. (2013). *Miljöbalken och dess övergångsbestämmelser m.m. Uppdaterad t.o.m. 2013-01-01.* Stockholm: Lagtexten AB.

Ordlista, material hämtat från:

Nationalencyklopedin. (n.d.) Hämtat 2014-05-05 från http://www.ne.se.ezproxy.bib.hh.se/
Sökord: Biota, Epifauna, Fjord, Habitat, Hydradynamik, Infauna.

Jag läste både geologi och marinbiologi innan jag till slut blev miljöstrateg. Det sägs att kunskap är makt men jag tror att viktigast av allt är viljan. Genom min kunskap och mitt miljöintresse vill jag bidra till en bra framtid.

therese.olsson.1988@gmail.com

HÖGSKOLAN
I HALMSTAD

Besöksadress: Kristian IV:s väg 3
Postadress: Box 823, 301 18 Halmstad
Telefon: 035-16 71 00
E-mail: registrator@hh.se
www.hh.se