

Landskrona Stad



Kusterosion Norra Borstahusen, Landskrona

Erosionsrisker, kustskydd, badvattenkvalitet och hamnutbyggnad



Uppdragsnummer
12802099

Lund 2013-01-14

	LEDNINGSSYSTEM FÖR KVALITET ENLIGT ISO 9001:2000	
Projektets namn: Kusterosion Landskrona	Projekt nr: 12802099	
Projektledare: Charlotta Borell Lövestedt	Beställare: Landskrona Stad	
Kvalitetsansvarig: Karsten Mangor, Christin Eriksson	Beställarens ombud: Anna Karlberg	
Handläggare: Charlotta Borell Lövestedt, Asger Bendix Hansen, Dick Karlsson	Granskad av / datum: Charlotta Borell Lövestedt/2013-01-14	
Rapport version: Reviderad slutrapport 2013-01-14	Godkänd av kvalitetsansvarig / datum: Karsten Mangor, Christin Eriksson/2013-01-14	

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	ii
1 Sammanfattning	1
1.1 Inledning.....	1
1.2 Vind, vågor och vattenstånd	1
1.3 Beskrivning av kusten.....	1
1.4 Översvämningsrisker.....	1
1.5 Sedimenttransport	2
1.6 Förslag till kustskydd nu och i framtiden	3
1.7 Konsekvenser av utbyggnad av Borstahusens hamn	4
1.8 Badvattenkvalitet	4
1.9 Slutsatser	4
2 Inledning	5
2.1 Bakgrund.....	5
2.2 Syfte och avgränsningar.....	6
3 Vind, vågor och vattenstånd	7
3.1 Vind.....	7
3.2 Vågor	7
3.3 Havsnivå	9
3.4 Förutsättningar för sedimenttransport.....	10
3.5 Inverkan av klimatförändringar	11
4 Beskrivning av kusten	13
4.1 Sträcka 1 – Utanför Hildesborgs gård.....	14
4.2 Sträcka 2 – Utanför golfbanan	16
4.3 Sträcka 3 – Vid Lill-Olas brygga	17
4.4 Sträcka 4 – Kring Säbybäckens mynning	18
4.5 Sträcka 5 – Utanför nuvarande campingplatsen	19
4.6 Sträcka 6 – Från nuvarande campingen till inloppet till Borstahusens hamn....	20
4.7 Sträcka 7 – Från hamnens inlopp och söder om hamnen.....	22
4.8 Nuvarande underhåll av stränderna.....	24
4.9 Geologin i området	24
4.10 Analys av kustlinjen.....	24
4.11 Sammanfattning av erosionsproblem	25
5 Översvämningsrisker	26

5.1	Framtida klimat.....	28
5.2	Adventstormen 2011-11-27	30
6	Sedimenttransport	32
6.1	Teoretisk bakgrund.....	32
6.2	Beräkning av långsgående sedimenttransport.....	33
6.3	Resultat och analys	34
6.3.1	Långsgående transport.....	35
6.3.2	Tvärgående sedimenttransport	39
6.3.3	Konkret betydelse av resultaten.....	39
6.3.4	Effekter av klimatförändringen	40
7	Förslag till kustskydd nu och i framtiden	41
7.1	Grundskydd mot erosion och översvämning.....	42
7.2	Skydd även för rekreations- och naturområden	44
7.3	Konstruera en ny strandpark som en del av skyddet	44
7.4	Framtida klimatanpassning.....	47
7.4.1	Skydd även för rekreations- och naturområden i framtiden	48
7.5	Kostnadsuppskattning	49
8	Konsekvenser av utbyggnad av Borstahusens hamn	51
9	Badvattenkvalitet	54
10	Slutsatser	57
11	Referenser	58
	Appendix A – Metod för sedimenttransportberäkningar	i
	Indata	i
	Djupprofiler	i
	Implementering av vågbrytare och stenskoningar	ii
	Appendix B – Resultat sedimenttransportberäkningar	iv
	Appendix C – Exempel på olika typer av kustskydd	v
	Vallar	v
	Strandskoningar.....	v

1 Sammanfattning

1.1 Inledning

På uppdrag av Landskrona Stad har DHI utfört en översiktlig bedömning av risker för kusterosion, översvämning från havet och försämrad badvattenkvalitet, samt föreslagit kustskydd och rekommendationer för utbyggnad av Borstahusens hamn i samband med nyexploatering av området Norra Borstahusen.

1.2 Vind, vågor och vattenstånd

Sedimenttransporten längs kusten norr om Landskrona drivs framför allt av vågor, vilka genereras lokalt i Öresund av den lokala vinden. Vindarna från den västliga sektorn dominerar, särskilt för de starka vindarna över 10 m/s.

Historiska vågdata för perioden 1994–2011 finns tillgängliga från en numerisk modell som täcker Östersjön och Kattegatt. En analys av vågdata visar att den signifikanta våghöjden sällan är högre än 1 m. De dominerande vågriktningarna är SSV och NV vilket korresponderar med de riktningar som har längst stryklängd (d.v.s. längst sträcka längs med vindens riktning). Stryklängden avgör hur stora vågor som kan byggas upp. Den läande effekten av Ven är tydlig då frekvensen av höga vågor från väst är betydligt lägre än frekvensen av höga vågor från NV och SV.

Eftersom vindriktning och vågriktning sammanfaller i Öresund är det de två vindriktningar (SSV och NV) som orsakar de högsta vågorna norr om Landskrona som är av störst intresse för denna utredning. Nordvästliga vindar sammanfaller generellt med höga vattennivåer i Öresund medan vindar från SSV generellt sammanfaller med nivåer nära medelvattentytan. De allra högsta havsnivåerna sammanfaller med vindar från väst.

Klimatförändringarna kommer att medföra en stigande havsnivå och ett stormigare vindklimat. I denna studie har vi räknat med de senaste och högsta prediktionerna för medelhavsnivån år 2100 som ligger på ca +160 cm (AMAP).

1.3 Beskrivning av kusten

Den ca 3 km långa kuststräckan som undersökts i denna studie sträcker sig i söder från samhället Borstahusen till norr utanför Hildesborgs gård. Kusten är utsatt för vindgenererade vågor vid västliga riktningar. Kusten är väldigt långgrund vilket till viss del verkar skyddande, men ger även problem med ansamling av tång på stränderna. Botten nära stränderna består mest av sand, med inslag av spridda klippblock och stenar längs delar av sträckan. Vissa avsnitt längs kusten är skyddade med strandskoningar. Det förekommer dock skador på vissa av strandskoningarna. Av den oskyddade kusten är det några sträckor som eroderar. Någon betydande översvämning från havet har inte drabbat kusten längs den aktuella sträckan. För utredningen har kuststräckan delats upp i sju delsträckor såsom visas i Figur 4-1.

1.4 Översvämningsrisker

Det är, med dagens kunskaper, mycket osannolikt att den planerade bebyggelsen översvämmas p.g.a. höga havsnivåer i dagens klimat eller vid de beräknade höga havsnivåerna med 100 års återkomsttid år 2100.

I ett framtida klimat kommer Borstahusens hamn (förutom de höga delarna av pirerna) ligga under normalvattennivån (+1,6 m). Fastigheterna i befintlig bebyggelse närmas havet i Borstahusen kommer att översvämmas vid extremt framtida högvatten (+3,1 m).

1.5 Sedimenttransport

Sedimenttransport delas upp i två delar, en längsgående transport parallellt med kustlinjen och en tvärgående transport vinkelrätt mot kustlinjen. Den tvärgående transporten är den process som i huvudsak formar kustens djupprofil medan den längsgående transporten framför allt påverkar kustlinjens utseende sedd uppifrån.

För att ta reda på om det finns några gradienter i den längsgående transporten parallellt med kusten har transporten beräknas genom sju profiler med hjälp av beräkningsverktyget MIKE LITPACK.

Resultatet visar att den undersökta kuststräckan är i jämvikt med avseende på längsgående transport, då den nordgående och den sydgående sedimenttransporten är ungefär lika stor. P.g.a. att det finns ett samband mellan vattennivå och vågriktning så sker sydgående transport närmare medelkustlinjen och nordgående transport sker längre ut. I den södra änden av kuststräckan blockeras den längsgående sedimenttransporten av Borstahusens hamn och i den norra änden sker en mindre nettotransport in i området mot söder. Detta betyder att den aktuella kuststräckan är ett i princip slutet system som inte förlorar några betydande mängder sediment med avseende på den längsgående transporten.

Den tvärgående sedimenttransporten som omfördelar sanden längs kustens profil mellan land och djupare hav är troligtvis orsaken bakom den observerade erosionen längs kuststräckan. En grov uppskattning på att medelkustlinjen skulle flytta sig 75 m längre in från nuvarande position för att kusten ska vara i jämvikt har gjorts med hjälp av *Bruuns regel*. Tidsskalan för etablering av jämviktsprofilen beror på många faktorer och kan med dagens kunskaper inte beräknas.

Sårbarheten för erosion längs kuststräckan kan beskrivas enligt nedanstående:

- Lill-Olas strand (sträcka 3) är inte särskilt sårbar för erosion eftersom den övre delen av strandlinjen är flack och därmed närmare ett jämviktsläge. Dessutom har vegetationen ovan sandstranden (strandskogen) en stabiliserande effekt.
- Kombinationen av stenskoningen och de friliggande vågbrytarna vid nuvarande campingen (sträcka 5) utgör ett tillräckligt skydd mot erosion.
- Stenskoningen längs sträcka 1 ger ett visst skydd men behöver förstärkas i vissa delar om man inte vill att erosionen ska fortsätta naturligt i detta område.
- Stranden strax norr om hamnen (sträcka 6) ger ett visst skydd av det bakomliggande området tillsammans med stenskoningen mellan strand och land, men vi anser att stenskoningen behöver byggas om för att ge tillräckligt skydd.
- Resten av kuststräckan (sträcka 2, 4 och 7) har brantare lutning på den övre delen av stranden men inga eller smala sandstränder framför och är därför sårbara för erosion vid höga vattenstånd. Dessa sträckor har ett otillräckligt skydd om man vill bevara dagens kustlinje och behöver då utökad skydd som föreslås senare i denna rapport.

En ökning av medelhavsnivån kommer att göra att de högsta vattenstånden i ett framtida klimat kommer att öka med lika mycket och därmed möjliggöra för vågor att nå ännu längre upp på land jämfört med nuläget. För att kusten ska bli stabil under dessa nya förhållanden måste den skapa en ny jämviktsprofil som sträcker sig ända upp till de nya högvattennivåerna. Motsvarande tillbakadragning av kustlinjen kan beräknas med *Bruuns regel* till att medelstrandlinjen skulle dra sig inåt land med ytterligare ca 80 m jämfört med dagens jämviktsläge på ca 75 m tillbakadragning. Den stabila kustlinjen år 2100 beräknas alltså ligga ca 155 m in från dagens kustlinje. Det bör noteras att det är okänt hur lång tid det skulle ta för en sådan jämviktsprofil att utvecklas samt att beräkningen är en uppskattning.

1.6 Förslag till kustskydd nu och i framtiden

Den aktuella kuststräckan är utsatt för ett antal problem, framför allt erosion, tångansamling och väldigt långgrunda stränder som inte är optimala för havsbad. Vidare väntas den framtida havsnivåhöjningen leda till förhöjd risk för översvämningar och ökade erosionsproblem. Vi föreslår ett kustskydd som delats in ett grundskyddsförslag med två ytterligare alternativ enligt:

- Det första grundskyddsförslaget syftar till att skydda kusten där det behövs och inkluderar bara små förbättringar av rekreativsvärdet.
- I en utökning av grundskyddsförslaget ges förslag på skyddsåtgärder för att skydda även de delar av kusten där det inte finns byggnader utan som består av rekreativs- och naturområden.
- Det sista alternativet syftar till att kombinera skydd och ge en ökning av rekreativsvärdet genom att bygga en större strand direkt norr om Borstahusens hamn.

Dagens kustskydd måste förbättras för dagens förhållanden för att sedan utökas för framtida förhållanden i takt med att förhållandena ändras för att skydda redan befintlig bebyggelse. I grundskyddsförslaget föreslår vi att sträcka 5-7 samt sträcka 4 söder om Säbybäcken skyddas med en strandskoning av tillräckliga dimensioner för dagens förhållanden. För framtida förhållanden bör denna skoning höjas till en vall med skoning på utsidan så att den kan motstå vågpåverkan såväl som högvatten.

Vi rekommenderar dock att sträckan norr om Säbybäcken lämnas utan skydd för att erodera naturligt. Om så önskas kan strandskoningen som föreslås för sträckan söder om Säbybäcken byggas ut så att hela kuststräckan innefattas. Vid planering av campingens och golfbanans nya placeringar bör hänsyn tas till framtida kustlinjer och eventuella skyddsstrukturer.

För att öka rekreativsvärdet föreslår vi som ett alternativ att man kan anlägga en strandpark i anslutning till Borstahusen och Norra Borstahusen som en del av kustskyddet.

En grov uppskattning av kostnaden för konstruktionsarbetet för det föreslagna grundskyddet för dagens klimat ger ett ungefärligt prisintervall på mellan 2 000 000 SEK och 4 000 000 SEK.

1.7 Konsekvenser av utbyggnad av Borstahusens hamn

Dagens erosion längs kusten söder om hamnen har två anledningar, dels en obalans i den tvärgående transporten vid höga vattenstånd och vågor och dels att sediment ansamlas i området direkt söder om hamnen där det är lä för vågor och vindar från nordliga riktningar, och därmed kommer det saknas sand söder om läområdet. Denna ökade erosion utanför läområdet kommer att flyttas söderut med hamnens utbyggnad, men kan i viss mån minskas om man fyller upp hörnet med sand. Den föreslagna nya layouten på Borstahusens hamn är därmed väldigt nära en optimal lösning med avseende på att minimera inverkan på sedimenttransport längs den intilliggande kuststräckan. Även med avseende på att minimera igensandning av inloppet till hamnen är utformningen bättre än dagens då inloppet flyttas till något djupare vatten.

1.8 Badvattenkvalitet

Det finns tre officiella badplatser i närheten av nyexploateringen Norra Borstahusen: Lill-Olas brygga, Campingplatsen och Piren. Utifrån ordinarie badvattenprovtagningar har Campingplatsen och Lill-Olas brygga de senaste åren bedömts ha ”utmärkt kvalitet” och Piren har bedömts ha ”bra kvalitet”.

Dagvatten innehåller vanligen förhöjda halter av indikatorbakterier som kommer från djurspillning som hamnat på den avvattnade ytan (kommer från alla varmblodiga djur, t.ex. hundar, fåglar och råttor). Nyexploateringen kommer att leda till att ökade mängder dagvatten kommer att ledas ut i havet i närheten av de tre badplatserna.

Eftersom det redan idag finns flera dagvattenutsläpp i närheten av badplatserna, och de trots detta håller en hög badvattenkvalitet, borde inte det ökade dagvattenflödet från Norra Borstahusen leda till en kraftigt försämrad badvattenkvalitet. Man bör dock ta med den nya dagvattentillförseln som potentiella föroreningskällor i badvattenprofilerna för badplatserna och kontrollera att badvattenkvaliteten inte långsiktigt förändras till det sämre efter att nyexploateringen genomförs.

1.9 Slutsatser

Dagens kustskydd måste förbättras för dagens förhållanden för att sedan utökas för framtida förhållanden i takt med att förhållandena ändras för att skydda redan befintlig bebyggelse. Vi rekommenderar dock att sträckan norr om Säbybäcken lämnas utan skydd för att erodera naturligt.

För att öka rekreativvärdet föreslår vi att man kan överväga att anlägga en strandpark i anslutning till Borstahusen och Norra Borstahusen som en del av kustskyddet.

Vi ser ingen anledning att avråda från att bygga Norra Borstahusen utifrån ett erosions- och översvämningssperspektiv om de rekommendationer på skydd som vi ger följs.

Den föreslagna nya layouten på Borstahusens hamn är väldigt nära en optimal lösning med avseende på att minimera inverkan på sedimenttransport längs den intilliggande kuststräckan.

Även övriga delar av Landskronas kust borde utredas på liknande sätt, framför allt sträckan mellan Borstahusens hamn och Landskrona stad.

2 Inledning

På uppdrag av Landskrona Stad har DHI utfört en översiktlig bedömning av risker för kusterosion, översvämning från havet och försämrad badvattenkvalitet, samt föreslagit kustskydd och rekommendationer för utbyggnad av Borstahusens hamn i samband med nyexploatering av området Norra Borstahusen. Utredningen ska användas som underlag vid beslut om detaljplan för området.

2.1 Bakgrund

Norr om Landskrona ligger en kuststräcka där Landskrona Stad arbetar med förprojektering av utbyggnadsprojektet Norra Borstahusen där kommunen på sikt vill att det byggs ca nya 1000 bostäder. Längs den ca 3 km långa kusten mellan Borstahusens hamn i söder och Hildesborg norr finns det även före nyexploateringen flera olika skyddsvärda områden, både avseende på kulturmiljö och turism. Den aktuella kuststräckan och närliggande landområde visas i Figur 2-1 och ryms idag bl.a. den gamla staden Borstahusen, tre kommunala badstränder, camping och stugby, strandskog, golfbana och åkermark.



Figur 2-1 Kuststräckan som innefattas av denna utredning är markerad med röda streck och pilar. Planerad generell markanvändning efter nyexploatering är markerad med gul respektive blå ruta.

Kustområdet har speciella förutsättningar eftersom havsbotten är väldigt flack med långgrundna stränder. Delar av sträckan är utsatt för erosion och redan dagsläget finns ett visst kustskydd. Tångansamling på stränderna är ytterligare ett problem.

Vågor och vattenståndsskillnader är de yttre processer som påverkar erosion, sedimenttransport och tångansamlingar i området. En framtida höjd medelvattennivå i havet kommer inverka på erosionen och risken för översvämning.

Den planerade nyexploateringen innebär att en del av ytan som idag utgörs av golfbana, åkermark och stugby omvandlas till bostadsområde med flera grönområden (se Figur 2-1). Campingen planeras att flytta norrut och golfbanan ska enligt planen utvidgas norrut på yta som idag är åkermark.

Landskrona Stad planerar även att bygga ut Borstahusens hamn då behovet av båtplatser för fritidsbåtar väntas öka i samband med nyexploateringen. I denna rapport ingår därför även utredning av hamnutbyggnadens eventuella inverkan på erosionsrisken i området samt rekommendationer för optimering av utbyggnaden med avseende på sedimenttransport.

I samband med exploateringen kommer en ökad dagvattenmängd att tillföras havet vid den aktuella kuststräckan som idag har tre kommunala badplatser. Landskrona Stad vill därför även utreda om dessa dagvattenmängder kan medföra en försämrad badvattenkvalitet.

2.2 Syfte och avgränsningar

Syftet med denna utredning är att besvara följande frågor:

- Hur utsatt är kusten idag för erosion och översvämning från havet?
- Hur påverkar klimatförändringarna erosionen och översvämning från havet?
- Finns det behov för ett förbättrat kustskydd och hur skulle i så fall det utformas och vad skulle den ungefärliga kostnaden vara?
- Påverkar den planerade hamnutbyggnaden erosionen i området och hur kan man optimera utbyggnaden med avseende på erosion och igensandning?
- Finns det risk för försämrad badvattenkvalitet i och med nyexploateringen och hur minimerar man den risken?

Utredningen begränsas till det område som markerats i Figur 2-1. Om inget annat anges är det detta område som avses nedan i rapporten. Vid utredningen av inverkan från klimatförändringarna är det beräknade förhållanden för år 2100 som avses.

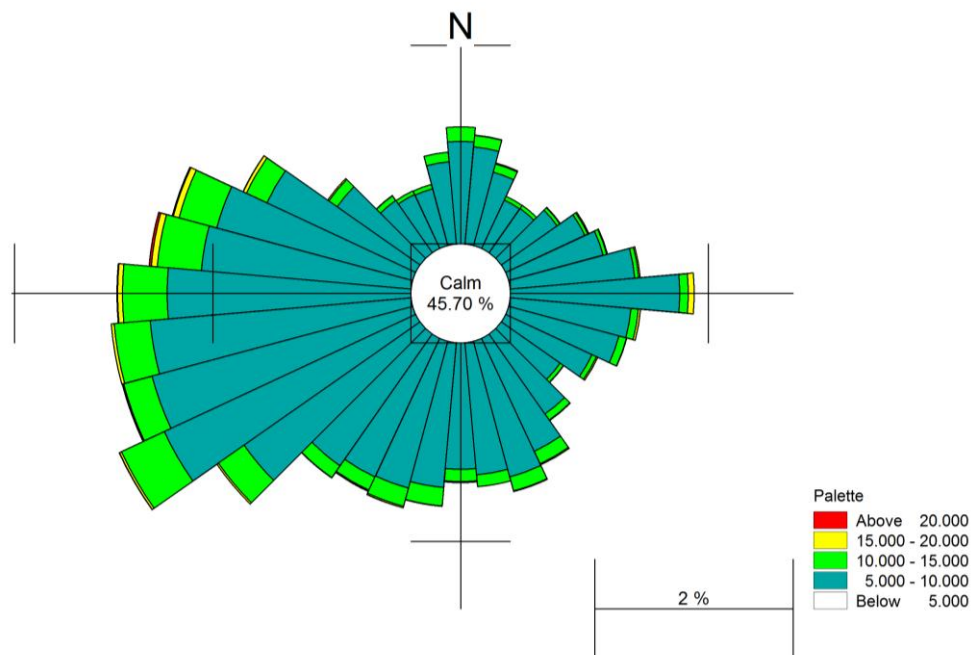
3 Vind, vågor och vattenstånd

Sedimenttransporten längs kusten norr om Landskrona drivs framför allt av vågor. När vågorna kommer nära kusten bryts de och genererar strömmar både längs med stranden och vinkelrätt mot stranden. Dessutom lyfter de brytande vågorna upp sediment från botten så att det kan transporteras med strömmen. Detta leder till transport av sand både längs med kusten (längsgående transport) och transport av sand vinkelrätt mot strandlinjen (tvärgående transport). Se avsnitt 6.1 för mer teori kring sedimenttransport.

Eftersom kuststräckan är så långgrund kommer det generella strömmönstret i Öresund (antingen en södergående eller norrgående ström beroende på gradienter i havsnivå och salthalt mellan södra Östersjön och Kattegatt) inte ha någon signifikant effekt på sedimenttransporten nära kusten. Det är därför av stor vikt att analysera vindar, vågor och havsnivåer på den aktuella platsen för att kunna utreda sedimenttransportförhållandena.

3.1 Vind

Både vattennivåer och vågor i Öresund är starkt sammankopplade med de lokala vindförhållandena. I Figur 3-1 visas en vindros för uppmätta data från Kastrup för perioden 1992–2000. Vindarna från den västliga sektorn dominerar, särskilt för de starka vindarna över 10 m/s. Vindförhållandena vid Kastrup antas i detta sammanhang vara representativa för vindförhållandena i Öresund.

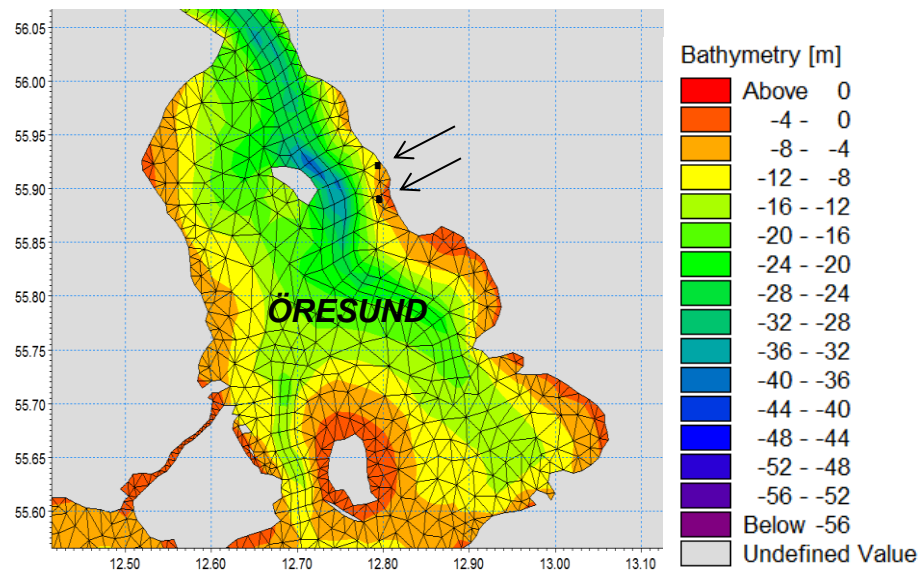


Figur 3-1 Vindros för uppmätta vindhastigheter vid Kastrup under perioden 1992–2000 (m/s).

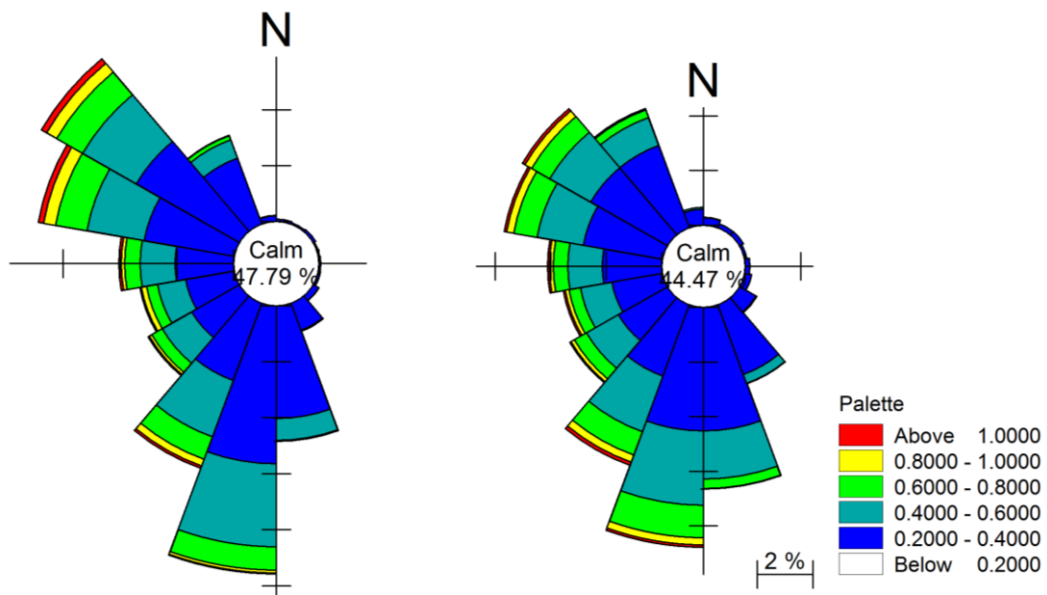
3.2 Vågor

Landskronas kust påverkas i princip bara av vågor som genererats inom Öresund, vilka är relativt små. Våghöjder och vågriktningar beror därför på de aktuella lokala vindarna. Historiska vågdata för perioden 1994–2011 finns tillgängliga från en numerisk modell som täcker Östersjön och Kattegatt. Den beräkningsmodell som används är MIKE 21 SW som beräknar vågegenskaper utifrån tillväxt p.g.a. vind samt hur dessa

vågor förflyttar sig (propagerar), transformeras och avklingar utifrån olika processer såsom refraktion, uppgrundning och vågbrytning. (Se DHI, 2012a appendix B för en mer detaljerad beskrivning av modellen MIKE 21 SW.) För att undersöka hur de beräknade våghöjderna varierar längs med den aktuella kuststräckan norr om Landskrona har data extraherats ur modellen i två punkter, en i södra änden av kuststräckan och en i den norra. Punkternas lokalisering samt modellens djup och upplösning (beräkningsnät) visas i Figur 3-2. Den extraherade våginformationen presenteras i Figur 3-3 som vågrosor där våghöjd och vågriktning kan jämföras.



Figur 3-2 Närbild av den numeriska vågmodellens beräkningsområde som visar beräkningsnätet (modellens upplösning) och batymetrin (m) i Öresund. De två svarta punkterna visar var data har extraherats för vågrosorna i Figur 3-3.



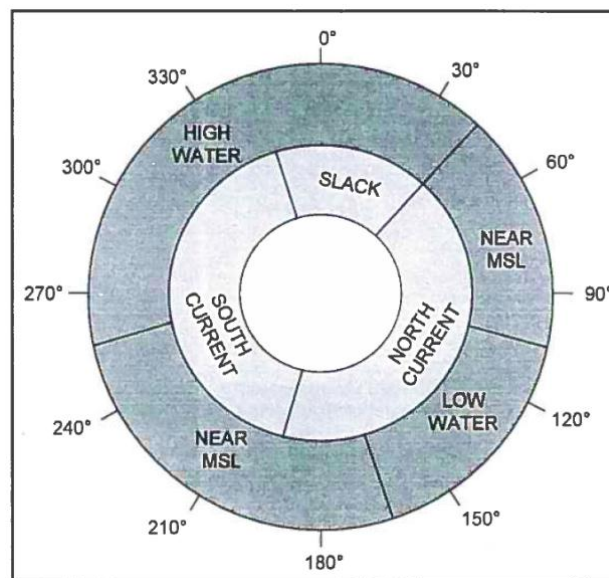
Figur 3-3 Vågrosor som visar vågklimatet strax utanför kusten vid Hildesborgs gård (norra änden av den aktuella kuststräckan) till vänster och strax utanför Borstahusens hamn till höger, för perioden 1994–2012.

Vågrosorna i Figur 3-3 visar att den signifikanta¹ våghöjden sällan är högre än 1 m. De dominerande vågriktningarna är SSV och NV vilket korresponderar med de riktningar som har längst stryklängd (d.v.s. längst sträcka längs med vindens riktning för vågorna att byggas upp). Den lände effekten av Ven är tydlig då frekvensen av höga vågor från väst är betydligt lägre än frekvensen av höga vågor från NV och SV.

Det är endast små skillnader mellan vågrosorna i vardera änden av kuststräckan. Dock är det viktigt att notera skillnaden i kustlinjens orientering vid de två ändarna. I den norra delen nära Hildesborgs gård är kusten vinkelrät mot vågor från SV medan i den södra delen nära Borstahusens hamn så är kusten vinkelrät mot vågor rakt västerifrån. P.g.a. denna skillnad förväntas sedimenttransporten som orsakas av vågor i området variera något längs med kusten. Dessutom påverkar Borstahusens hamn vågorna i dess närhet (hänsyn till detta är inte taget i vågmodellen då skalan inte är tillräckligt detaljerad). Norr om hamnen kommer kusten att vara skyddad från vågor från sydliga riktningar och syd om hamnen kommer kusten vara skyddad från nordliga vågor. Denna effekt kommer att inkluderas i beräkningarna av den långsgående transporten sedimenttransporten (se avsnitt 6).

3.3 Havsnivå

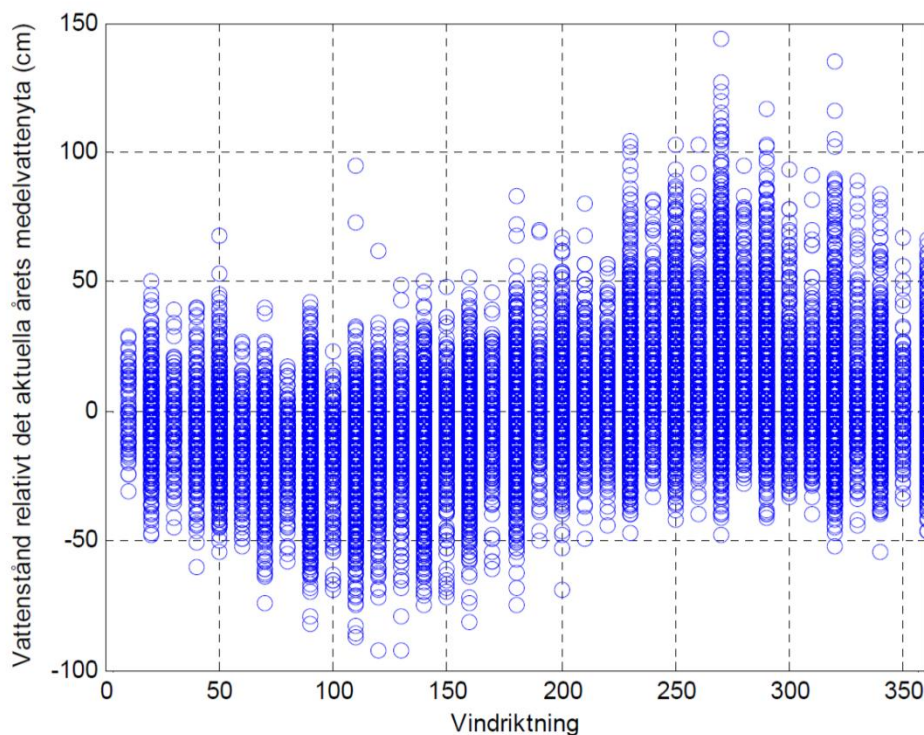
Havsnivåvariationerna i Öresund beror framför allt på storskaliga variationer i vind och lufttryck. Vid vindar från nordväst pressas vattnet i Kattegatt ner mot Helsingborg/Helsingör och orsakar höga vattennivåer i Öresund då det finns ett stort motstånd för vattnet att transporteras söderut från Öresund över Drogdentröskeln (ungefär vid Öresundsbron). Vid vindar i motsatt riktning pressas vattnet i Kattegatt också i motsatt riktning med låga vattenstånd i Öresund som följd.



Figur 3-4 Diagram som visar typiska vattennivåer och strömmar i Öresund vid olika vindförhållanden (DHI, 1999).

¹Varje våg har en individuell höjd och därför måste vågdata bearbetas statistiskt för att ge någon typ av medelvåghöjd. Med signifikant våghöjd menas medelhöjden av den högsta tredjedelen av vågorna, vilket är det mått som vanligtvis används för våghöjd.

Variationerna i havsnivån i Öresund har studerats i detalj under planeringen av Öresundsbron (DHI, 1999). Baserat på mer än 100 år av mätdata på vind och vattennivåer har det varit möjligt att identifiera en korrelation mellan vind, vattennivå och den generella strömmen genom Öresund som visas i Figur 3-4. Dessutom har vindriktningar och vattennivåer i Barsebäcks undersökts i ett examensarbete från Lunds Tekniska Högskola (Figur 3-5; Karlsson Green och Martinsson, 2010). Eftersom vindriktning och vågriktning sammanfaller i Öresund är de två vindriktningar (SSV och NV) som orsakar de högsta vågorna norr om Landskrona av störst intresse för denna utredning. Figur 3-4 visar att nordvästliga vindar generellt sammanfaller med höga vattennivåer i Öresund. Data från Barsebäck (Figur 3-5) visar att dessa höga nivåer i vissa fall kan överstiga 1 m över medelvattenytan. Generellt genererar vind från SSV nivåer nära medelvattenytan (Figur 3-4), vilka i Barsebäck varierar med $\pm 0,5$ m (Figur 3-5). De allra högsta havsnivåerna sammanfaller med vindar från väst.



Figur 3-5 Samband mellan vindriktning och vattennivåer baserade på uppmätta data i Barsebäck under perioden 1976–1995 (Karlsson Green och Martinsson, 2010).

3.4 Förutsättningar för sedimenttransport

Baserat på sambanden mellan vind, vågor och vattennivåer kan två typiska scenarier för sedimenttransport längs det aktuella kustområdet norr om Landskrona identifieras:

- Under perioder av starka vindar från nordväst kommer även vågorna från nordväst och vattennivåerna är högre än medelvattennivån. Vid dessa tillfällen kommer vågorna att bryta nära stranden och eventuellt rakt på strandkanten och orsaka kustparallell sedimenttransport i sydlig riktning som sker nära strandlinjen. Det är under sådana förhållanden som det finns risk för erosion längs stränderna såväl som översvämningsrisk.
- Under perioder av starka vindar från syd till sydväst kommer också vågorna komma i vindens riktning och vattennivån kommer typiskt att ligga nära medel-

vattennivån. P.g.a. den långgrunda stranden kommer vågorna att bryta ganska långt från land. Sedimenttransporten kommer därför att ske en bit ut från strandlinjen med riktning mot nord. Konsekvensen är att dessa vindförhållanden typiskt inte orsakar någon översvämning eller stranderosion men den resulterande sedimenttransporten orsakar oönskad sedimentation vid öppningen in till Borstahusens hamn.

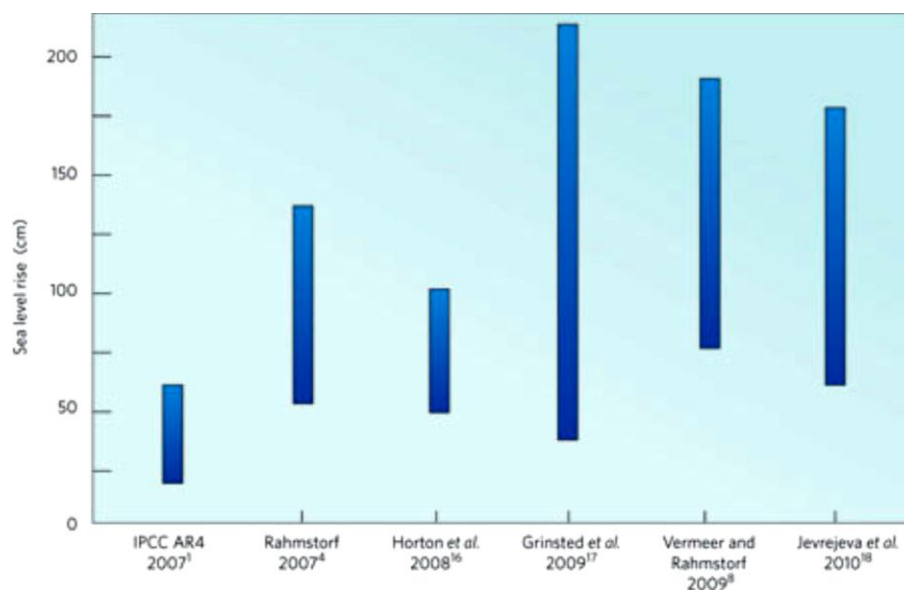
3.5 Inverkan av klimatförändringar

Den beräknade klimatförändringen kommer ha betydande konsekvenser för sedimenttransporten i det aktuella kustområdet norr om Landskrona och därmed också för risken för erosion och översvämningar.

En viktig konsekvens av klimatförändringarna är en generell höjning av vattennivån i världshaven. Denna höjning beror av flera faktorer varav de viktigaste är:

- Expansion av vattenvolymen till följd av den varmare vattentemperaturen
- Tillskott av smältvatten från inlandsisar och andra glaciärer
- Snabb smältning av havsis vid polerna under sommaren som gör att värmeupptaget blir högre

Ett stort antal försök att förutspå de framtida havsnivåerna har gjorts, både med hjälp av numeriska modeller och med uppmätta samband mellan temperaturförändringar och havsnivåvariationer. Dessa beräkningar innebär stora osäkerheter och individuella variationer som kan ses i Figur 3-6. Den mest sannolika nivåhöjningen utifrån dessa beräkningar ligger på drygt 1 m ökning i medelhavsnivå år 2100 jämfört med år 2000.



Figur 3-6 Beräkningar av havsnivåhöjning från år 2000 till år 2100. (DHI, 2011 samt referenser däri; originalbilden är tyvärr inte tydligare.)

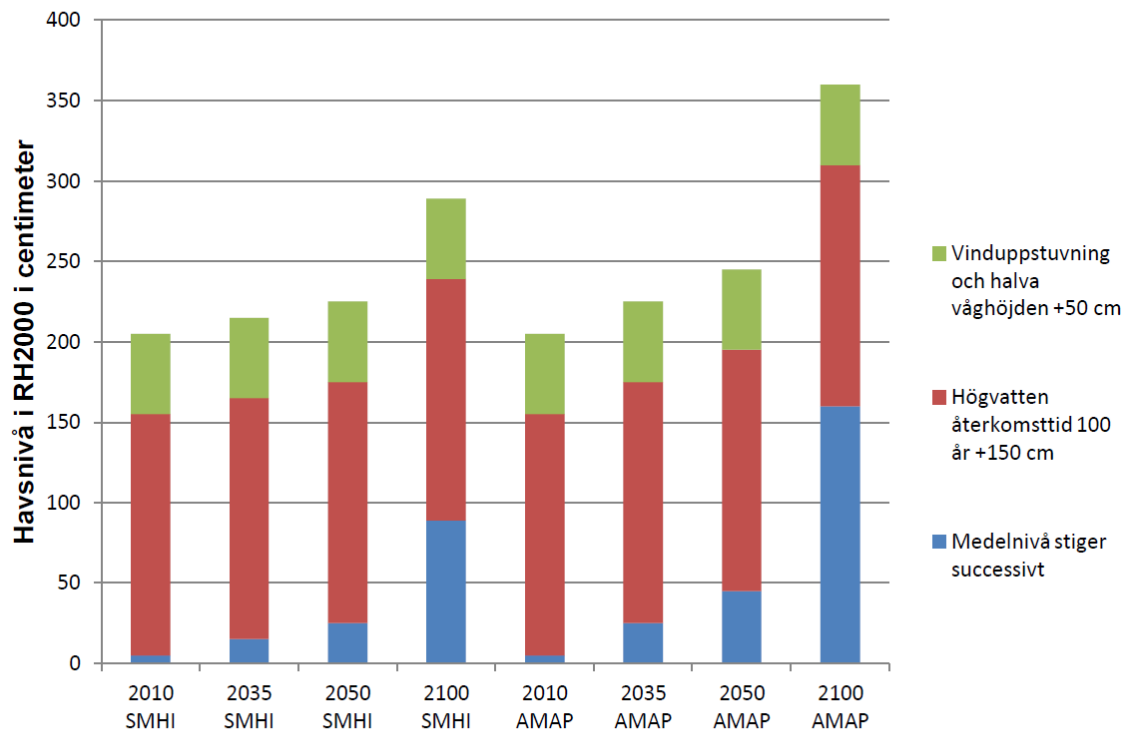
NSVA² har nyligen publicerat en rapport där kunskapsunderlag och utredningsbehov kring havsnivåhöjningen i Landskrona p.g.a. klimatförändringen presenteras (NSVA, 2012). Där har riktvärden för framtida havsnivåer tagits fram utifrån SMHI:s bedömning

² Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB

för Helsingborg samt AMAPs³ senaste rapport (se Figur 3-7). Den beräknade medelhavsnivån för Landskrona år 2100 är där ca +90 cm enligt SMHI (i höjdsystemet RH2000) och ca +160 cm enligt AMAP. Då det i ett parallellt projekt vilket utreder översvämning på land i och omkring Borstahusen Norra (DHI, 2012b) beslutats att använda sig av det värsta scenariot (AMAP) kommer denna nivå att användas även i den här utredningen.

Riktvärden för havsnivåhöjning i Landskrona

Tänk på att den värsta situationen som återkommer mindre ofta än 1 gång på 100 år ger ännu högre nivåer



År och källa - reviderade värden från Helsingborgs underlag och mätningarna i Barsebäck - baserat på förnuftsresonemang

Figur 3-7 Den blå delen av staplarna visar beräkningar av havsnivån fram till år 2100. (NSVA, 2012, samt referenser däri.)

Ytterligare en trolig konsekvens av en ökning av den globala medeltemperaturen är en ökning av medelvindhastigheterna samt att stormar kommer bli vanligare och kraftigare. En ökning av stormarna kommer att leda till att det oftare är högre vågor och de extrema vågorna kommer att bli än högre. Tyvärr finns det inga pålitliga beräkningar gjorda på hur mycket vanligare det kommer att bli med höga vindhastigheter eller hur mycket de kraftiga stormarna förväntas öka i styrka.

Den sammanlagda effekten av havsnivåhöjningen och vindhastighetsökningen till följd av klimatförändringarna kommer att leda till ett gradvis ökande tryck på kustlinjen i form av ökad erosion generellt och ökad risk för översvämning i låglänta områden.

³ Arctic Monitoring and Assessment Program. Finns tillgängligt på <http://www.amap.no/swipa/>.

4 Beskrivning av kusten

Kuststräckan som undersökts i denna studie sträcker sig i söder från samhället Borstahusen till norr utanför Hildesborgs gård (Figur 4-1). Kuststräckan är ca 3 km lång. Kusten är utsatt för vindgenererade vågor i vid västliga riktningar. Dessutom uppstår stormgenererade svallvågor orsakade av högt vattenstånd i samband med stormar från västliga och nordliga vindriktningar. Kusten är väldigt långgrund vilket till viss del skyddar kusten men även ger problem med ansamling av tång på stränderna. Botten nära stränderna består mest av sand men med spridda klippblock och stenar längs delar av sträckan. Några avsnitt av kusten är skyddade med strandskoningar och några delar av den oskyddade kusten eroderar. Ingen del av kuststräckan har drabbats av någon betydande översvämning från havet.



Figur 4-1 Flygfoto som visar den undersökta kuststräckan samt indelningen som används i denna rapport.



Figur 4-2 Befintligt kustskydd längs aktuell kuststräcka (blått = skydd finns). (Karlsson Green och Martinsson, 2010)

I Figur 4-2 visas vilken del av kuststräckan som idag är skyddad av olika typer av erosionskydd. Följande sträckor är skyddade:

- Sträckan utanför Hildesborgs Gård.
- Sträckan längs med campingen är utfylld och skyddas både av stenskoning och av tre friliggande vågbrytare utanför stranden.
- Sträckan strax norr om Borstahusens hamn.
- Borstahusens hamn.
- Sträckan söder om Borstahusens hamn (förutom i direkt anslutning till hamnen).

Nedan beskrivs kusten uppdelad i sju delsträckor som visas i Figur 4-1. Delar av sträcka 4 och hela sträcka 5 ligger vid den planerade nyexploateringen Norra Borstahusen. Samtliga foton är tagna 2012-09-03 undantaget flygfoton och foton där annan information anges.

4.1 Sträcka 1 – Utanför Hildesborgs gård

Hela sträcka 1 är skyddad av strandskoning i sten. Den norra delen av sträckan, som är ett naturreservat, består av klintkust med bakomliggande högt moränlandskap. Stenskoningen längs med denna sträcka är relativt låg och delvis övertäckt av uppspolad tång (se Figur 4-3 och Figur 4-4). Det finns ingen sandstrand längs sträckan och de stora stenarna längs stranden tyder på att den här delen av kusten har utsatts för erosion under lång tid.



Figur 4-3 Foto av kusten utanför Hildesborg mot norr. Låg stenskoning som delvis är övertäckt av uppspolad tång som i sin tur har blivit överväxt av vass.



Figur 4-4 Foto av kusten utanför Hildesborg mot söder. Låg stenskoning delvis övertäckt med uppspolad tång. Viss erosion kan ses.

Längs med den södra delen av sträcka 1 är terrängen låglänt och en cykelväg går längs kusten relativt nära strandkanten. Vid ett parti har stenskoningen renoverats med en ny skoning av sprängsten mot en låg betongmur (se Figur 4-5).



Figur 4-5 Foto av kusten vid den södra delen av sträcka 1 som visar den nykonstruerade betongväggen och stenskoningen av sprängsten. Kustens naturliga utseende ses i bakgrunden.

På andra avsnitt av den södra delen av sträcka 1 är stenskoningen övertäckt med stora mängder uppspolad tång som i sin tur blivit överväxt. Orienteringen av sträcka 1 är ungefär 230° från norr, vilket betyder att stranden är vänd mot sydväst.

4.2 Sträcka 2 – Utanför golfbanan

Kusten utanför sträcka 2 utgörs av en lång relativt rak del av kusten. Orienteringen är ca 270° från norr, vilket betyder att sträckan är vriden ca 40° relativt sträcka 1. Strandens sandig men i allmänhet övertäckt av stora mängder uppspolad och överväxt tång.

Lokala invånare har rapporterat att det för ca 50 år sedan var en liten bukt från stranden vid övergången mellan sträcka 1 och sträcka 2, där det idag är en våtmark och några små sjöar. Vi vet inte om denna bukt fyllts igen naturligt eller om området fyllts ut av mänsklig aktivitet.

Det finns inget skydd längs med sträcka 2 och den sandiga stranden fortsätter in i sträcka 3. Wallabäckens mynnar vid gränsen mellan sträcka 2 och 3. Bäckens mynning blir periodvis stängd av den kustparallella sedimenttransporten. Detta kan ses i Figur 4-6 där två satellitbilder, en från 2008 och en från 2010, jämförs. Mynningen är öppen 2008, medan den är stängd 2010. Norr om mynningen ses en liten vågbrytare som utgår från stranden. 2010 har stora mängder tång ackumulerats norr om denna vågbrytare. Söder om mynningen finns en privat badbrygga som skyddas av en friliggande vågbrytare strax utanför bryggans ände. Denna vågbrytare har skapat en liten utbuktning på strandlinjen.



Figur 4-6 Övergången mellan sträcka 2 och 3, flygfoton från 2008 och 2010. Wallabäckens mynning, en vågbrytare ut från stranden och en vågbrytare i havet utanför bryggan syns.

4.3 Sträcka 3 – Vid Lill-Olas brygga

På land vid sträcka 3 finns idag en liten strandskog och en stugby. Kusten består av en bred sandstrand som rensas på tång under sommarsäsongen. Rensningsområdet slutar vid sträckans södra ände och där är stranden helt täckt av uppspolad tång som är överväxt. Den norra rensade delen av sträckan visas i Figur 4-7 och den södra orensade delen av stranden syns till höger i Figur 4-8. Eftersom skogen skyddar marken ovanför stranden är området inte särskilt känsligt för erosion en bit upp från stranden. Själva stranden och också relativt stabil men erosion inträffar då och då vilket kan ses i Figur 4-9.



Figur 4-7 Foto av stranden vid Lill-Olas brygga i den norra delen av sträcka 3.



Figur 4-8 Foto av den södra delen av stranden vid Lill-Olas brygga. Notera skillnaden mellan den rensade och orensade delen av stranden.



Figur 4-9 Foto av stranden vid Lill-Olas brygga från 2009 (Karlsson Green och Martinsson, 2010).

4.4 Sträcka 4 – Kring Säbybäckens mynning

Sträcka 4 är en övergång mellan Lill-Olas strand i sträcka 3 och utfyllnadsområdet utanför nuvarande campingen. Sträckan karakteriseras av en liten udde där Säbybäcken mynnar i havet. Det finns stora stenar längs stranden vilket tyder på att den här sträckan är utsatt för erosion. Sträckan rensas inte på tång och har inga erosionsskydd. Stora mängder uppspolad tång återfinns också längs denna sträcka. Utanför den norra delen av Campingvägen har det skett kraftig erosion som resulterat i en ca 2 m hög erosionsbrant (se Figur 4-10). De södra delarna av sträcka 4 kommer att beröras av nyexploateringen.



Figur 4-10 Foto av kusten i den södra delen av sträcka 4 som visar tydliga tecken på erosion. Den lilla udden vid mynningen av Säbybäcken syns i bakgrunden.

4.5 Sträcka 5 – Utanför nuvarande campingplatsen

Kusten utanför den nuvarande campingen är utfylld så att kusten flyttats ca 30–40 m utanför den naturliga kustlinjen. Den utfyllda sträckan skyddas av stenskoning samt av tre friliggande kustparallella vågbrytare på ett avstånd av ca 70 m från stranden. Innanför vågbrytarna har sand och tång ackumulerats, se Figur 4-11. Ackumulationen bakom vågbrytarna har lett till att ett grunt lagunliknande område har bildats. ”Lagunen” och vågbrytarna är populära tillhåll för sjöfågel. En ca 110 m lång badbrygga har byggts mellan två av vågbrytarna. Innanför sträcka 5 kommer den huvudsakliga nyexploateringen att vara belägen.



Figur 4-11 Foto av utfyllnadsområdet utanför nuvarande campingen med de tre vågbrytarna och en badbrygga.

4.6 Sträcka 6 – Från nuvarande campingen till inloppet till Borstahusens hamn

Direkt utanför den norra piren vid Borstahusens hamn finns ett litet utfyllnadsområde som skyddas av en låg mur mot havet. En betongpromenad har anlagts längs muren. Sträckan mellan betongpromenadens början och utfyllnadsområdet utanför campingen består av en sandstrand (Figur 4-12).



Figur 4-12 Foto över stranden vid Borstahusen. Trots att stranden nyligen blivit rensad (ränderna från krattan syns fortfarande i sanden) har det redan ansamlats en del tång längs vattenbrynet.

Stora mängder tång ansamlas på stranden vilken rensas för badgäster under sommarperioden. Strandens längd är väldigt lång vilket tydligt syns på flygbilden i Figur 4-13. Innanför stranden skyddas den bakomliggande bebyggelsen av en stenskonning, men det syns inga tecken på att den här sträckan har utsatts för erosion på senare tid.

Betongpromenaden fortsätter ut längs den yttre sidan av den norra piren vid hamnen och längs den finns flera badstegar och bänkar, se Figur 4-14. En liten vågbrytare sticker ut från norra piren vilken också används som badplats. Promenaden fortsätter runt hörnet ut på den yttre delen av norra piren, se Figur 4-13. Utanför den yttre delen av piren är det ca 2 m djupt vatten. Området som formats från hamnen och längs kusten norr om hamnen är ett lokalt lä-område som skyddas av sydliga vindar. Därmed sker ackumulering i området men sandackumuleringen är något mindre än på motsvarande område söder om hamnen. Troligtvis transporteras bara små mängder sand runt änden på piren och in i hamnens öppning. Om det hade transporterats mycket sand den vägen hade djupet strax utanför den långa norra piren varit mindre. Dessutom uppstår sydgående strömmar oftast i samband med högvatten och transportzonen flyttas därmed till grundare områden närmare land så att ackumuleringen sker där istället.



Figur 4-13 Flygfoto av Borstahusens hamn. Den röda pilen visar var igensandningen av hamnens mynning byggs ut från.



Figur 4-14 Foto av den yttre delen av promenaden och badplatsen längs med norra piren vid Borstahusens hamn.

4.7 Sträcka 7 – Från hamnens inlopp och söder om hamnen

Kusten söder om hamnen skyddas av en stenskonig förutom intill hamnen. Ackumulation av tång som blivit överväxt vid södra hörnet mellan hamnpiren och stranden kan ses i Figur 4-15. Det finns endast en liten sektion av sandstrand längs sträckan strax söder om hörnet. Stor sandackumulation kan observeras söder om hamnen och in mot kusten. Anledningen till att endast en så liten sandstrand har bildats trots ackumulat- ionen beror på att starka sydliga vindar oftast sammanfaller med lågt vattenstånd och då sker den kustparallella transporten längre ut från stranden. Den inre delen av hörnet är torr vid sådana tillfällen och ackumulat- ionen sker framför allt i ett band från kusten och ut mot den yttersta delen av den södra piren. Detta transportmönster är den huvudsak- ligen anledningen till igensandningen av hamnens mynning som koncentreras vid en punkt som markerats med en pil i Figur 4-13. En utstickande vågbrytare har konstrue- rats på södra piren för att förhindra att hamninloppet sandas igen. Enligt information som angetts av Uwe Puls, Borstahusens segelsällskap, behöver inloppet muddras ca var tredje till var fjärde år. Då kan hamninloppet vara reducerat till halva bredden av av- ståndet mellan pirarna och djupet på den igensandade sidan kan vara så grunt som 0,5 m. Vid ungefär vartannat av dessa tillfällen muddras även inseglingrännan till ett djup av 3 m. Vid muddringstillfällena av inseglingrännan är det ett upp till 0,5 m tjockt lager fin sand som grävs bort. Sanden som ackumuleras söder om hamninloppet kan ses i Figur 4-16. Den muddrade sanden dumpas i ett djupområde mellan Ven och Landskronakusten.



Figur 4-15 Foto av kusten söder om Borstahusens hamn som visar en stenskonig med uppspolad tång som överväxts och ett mindre område med sandackumulation i bakgrunden.

Stenskoningen söder om hamnen har bristningar på flera platser, se Figur 4-17. Anledningen till bristningarna är huvudsakligen för att stenskoningen är för låg och med för smal topp.



Figur 4-16 Foto av öppningen in till Borstahusens hamn, notera den utstickande vågbrytaren från den södra piren och sandackumulationen som byggs på från sydväst fram till en bit in i öppningen och som markerats med en pinne en bit utanför pirens slut.



Figur 4-17 Foto av den skyddade sträckan söder om Borstahusens hamn där man ser hur marken skadats ovanför stenskoningen (sträcka 7).

4.8 Nuvarande underhåll av stränderna

Enligt Tom Sörensson på Landskrona Stad rensas tre stränder inom den aktuella kuststräckan – Lill-Olas brygga, campingen och stranden direkt norr om Borstahusens hamn (se även Figur 9-1). Tång samlas ihop och först bort och stranden harvas för att ge ett trevligt utseende. Under högsäsong rensas stränderna en gång om dagen samt under lågsäsong inför helger. Badsäsongen börjar i april med en stor rensning efter vinterns ackumulation vilket brukar resultera i ca 250 ton totalt. Under högsäsongen rensas ca 4–7 ton per dag. Rensningen avslutas under september. Totalt rensas ca 1750 ton tång från stränderna under en säsong. Ackumulationen är ganska lika på de tre stränderna. Tången går till återfyllning i en sanddepå i Lundåkraområdet.

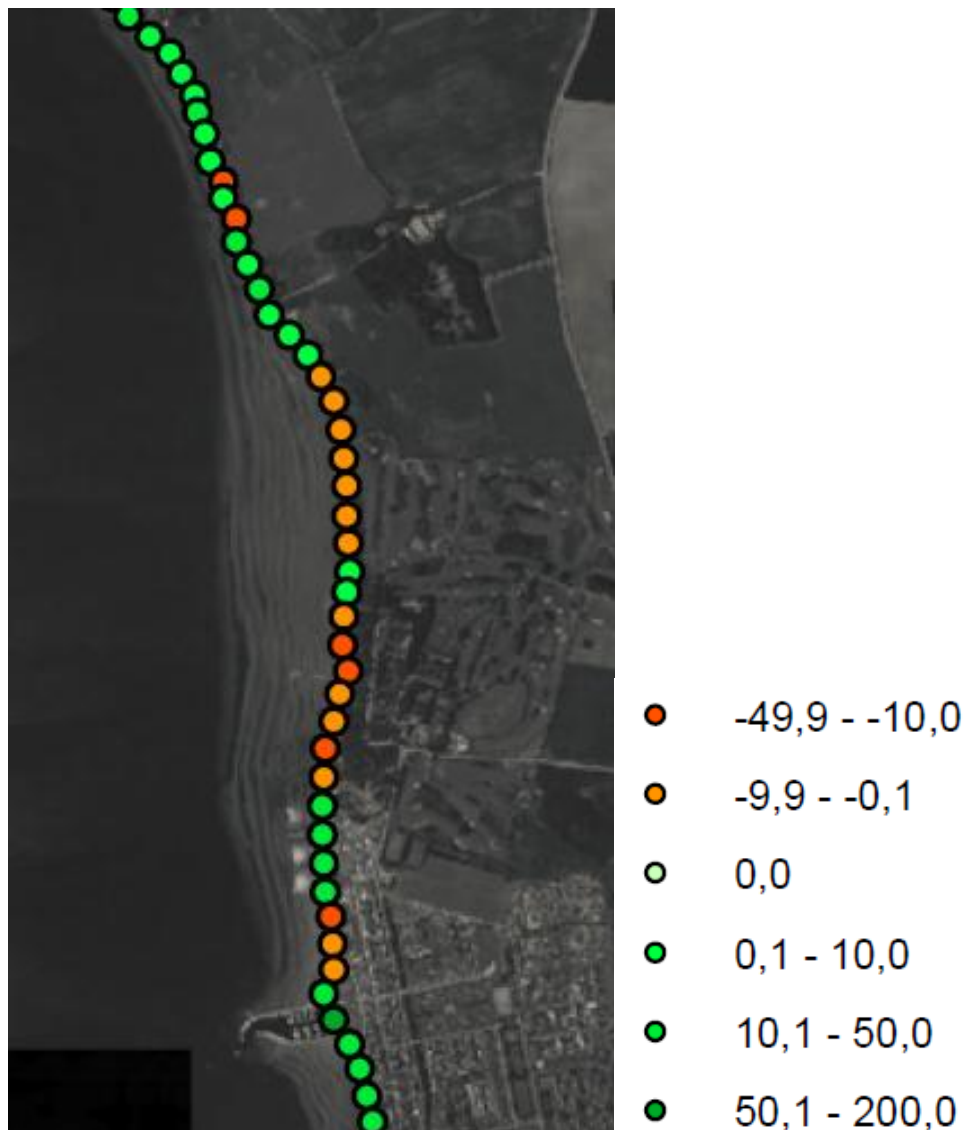
Ungefär 1750 ton sand fylls på på de aktuella stränderna under en säsong. Sanden hämtas från ett område med muddringsmassor från 60- och 70-talen i Lundåkraområdet. En analys av sanden har gjorts för att säkerställa att den inte innehåller några hälsofarliga föroreningar. Enligt Tom Sörensson finns tillgång på miljoner kubikmeter sand i området. De senaste åren har en satsning gjorts där mer sand än vad som eroderar fyllts på för att utöka strandytan. Detta har gjorts genom att lägga sand ovanpå den befintliga sanden samt utöka stranden en bit (decimeter) ut i havet. Sanden läggs ut en gång om året efter ”vårstädningen” av tång.

4.9 Geologin i området

Jordarterna på land längs den aktuella kuststräckan norr om Landskrona domineras av sand, grus och mo (Karlsson Green och Martinsson, 2010, samt referenser däri). Havsbotten på samma sträcka består till största delen av sand med inslag av spridda stenar och klippblock. Kusten är mycket långgrund och avståndet från kustlinjen ut till 3-meterskurvan varierar från ca 250 m (utanför Hildeborgs gård) till ca 850 m (utanför södra änden av sträcka 2). Medelavståndet från kusten till 3-meterskurvan är runt 400 m.

4.10 Analys av kustlinjen

Kustlinjens historiska utveckling har studerats i Karlsson Green och Martinsson (2010). Studien baseras på fem serier av flygfoton tagna 1940, 1962, 1984, 2004 och 2008 som har georefererats så att kustlinjens placering har kunnat jämföras. Då den exakta kustlinjen har varit svår att identifiera på några av fotona och denna även är beroende av det tillfälliga vattenståndet har istället vegetationsgränsen mot havet jämförts mellan fotona. Figur 4-18 visar den observerade förändringen av kustlinjen under perioden 1940 till 2008. Genom att jämföra förändringen med kustskydden (Figur 4-2) är det tydligt att de kuststräckor där strandlinjen flyttats utåt är samma sträckor som skyddas av stenskoningar eller har blivit utfyllda. Det mesta av dagens kustskydd har troligtvis konstruerats efter 1940 och därmed gjort att kustlinjen där kunnat flytta sig utåt relativt sin naturliga placering. Samtidigt visar studien att kustlinjen längs de sträckor som saknar erosionsskydd generellt har flyttats inåt land, men sällan mer än 12 m. Studien visar att kustlinjen utmed sträcka 2 och 3 är särskilt drabbade av en reträtt av kustlinjen. Notera att den kraftigaste reträtten av kustlinjen har skett strax norr om Lill-Olas brygga, vid Säbybäckens mynning samt strax söder om utfyllnaden utanför campingen.



Figur 4-18 Nettoförflyttning (m) av kusten under perioden 1940–2008 som rapporterats i Karlsson Green och Martinsson (2010).

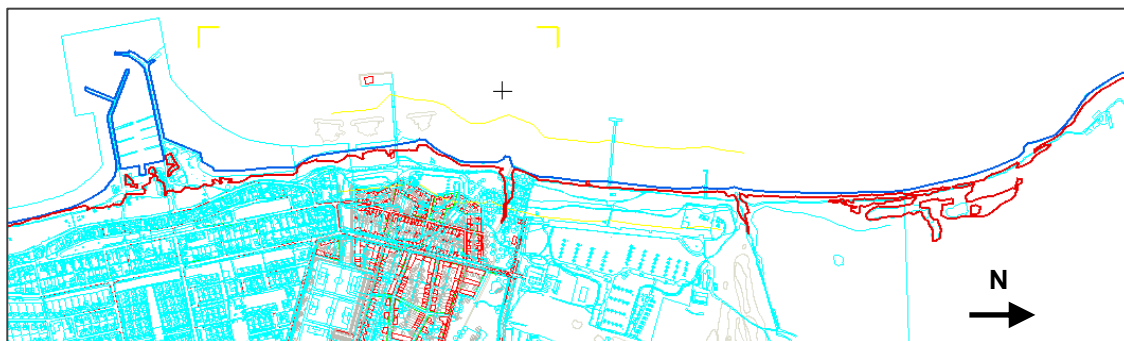
4.11 Sammanfattning av erosionsproblem

Följande problem har observerats längs den undersökta kuststräckan:

- Erosion längs delar av de oskyddade sträckorna.
- Bristningar i några strandskoningar, huvudsakligen p.g.a. att de är för låga och saknar ordentligt toppskydd.
- Ackumulation av stora mängder tång på sandstränderna såväl som på stenskingarna. Detta utgör ett stort problem för rekreativsvärdet.
- Stränderna är oftast smala, vilket också begränsar rekreativsvärdet.
- Sand ackumuleras kring hamnen, särskilt på den södra sidan, vilket orsakar uppgrundning i området och gör att omkringliggande stränder där sanden har sitt ursprung eroderar.
- Igensandning av inloppet till Borstahusens hamn, särskilt från söder.

5 Översvämningsrisker

Vid utredning av översvämningsrisker under dagens klimatförhållanden utgår vi från ett högvatten med beräknad återkomsttid på 100 år (+1,5 m i höjdsystemet RH2000 där dagens havsnivå ligger på ca 0 m). Utifrån den nya nationella höjdmodellen (Lantmäteriet, 2012) har två linjer motsvarande medelnivå och högvatten tagits fram, dels för dagens klimat och dels för framtida klimat (se avsnitt 5.1). Våghöjder är inte medtagna i analysen men bör tas hänsyn till vid dimensionering av kustskydd. Linjerna motsvarar därmed den stillastående vattenytans höjd. Resultatet för dagens klimat visas i Figur 5-1 till Figur 5-3.



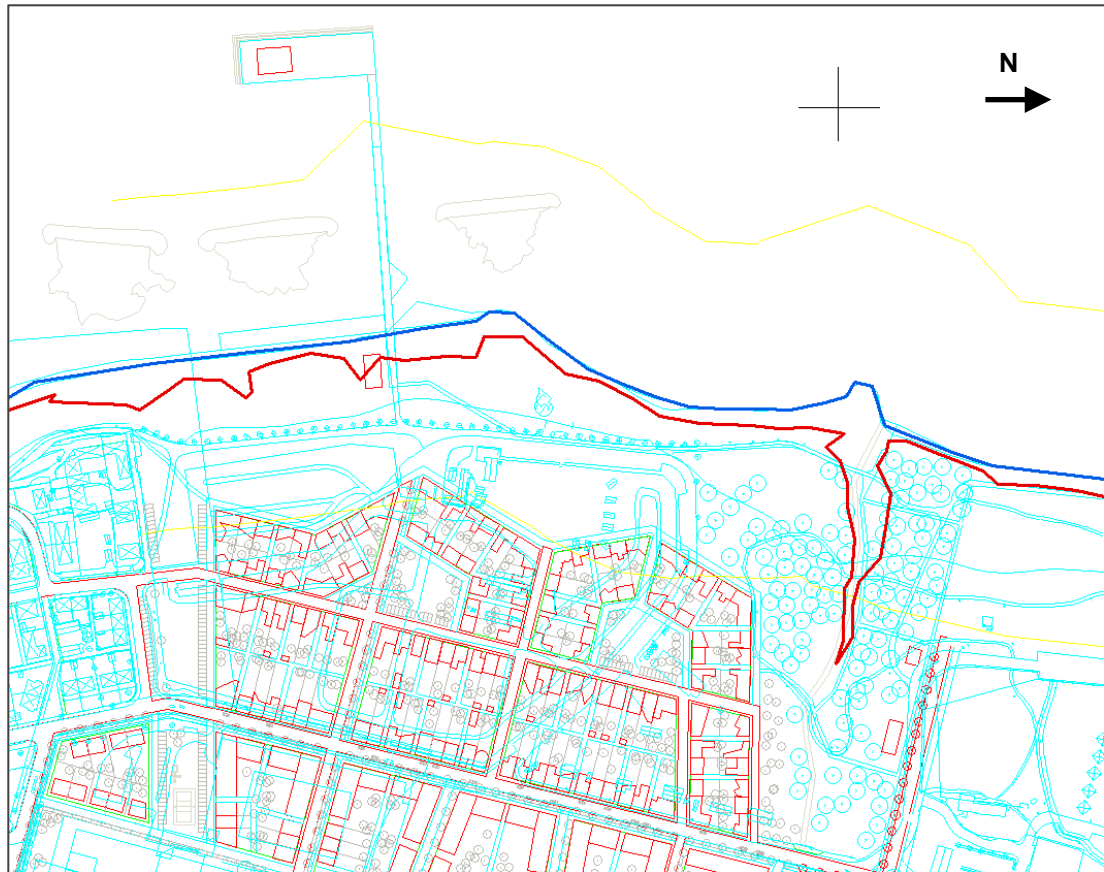
Figur 5-1 Nuvarande kustlinje (blå) och högvatten med 100 år återkomsttid (röd; +1,5 m). Hela den undersökta sträckan visas, notera den planerade bebyggelsen i rött.

I Figur 5-1 visas nivåerna för hela den undersökta sträckan. Vid högvatten med 100 års återkomsttid är översvämningsriskerna inte särskilt stora. De platser där översvämningsrisken är av intresse är:

- Hamnområdet
- Stranden norr om hamnen
- Utfyllnaden utanför nuvarande campingen, med risk för att nuvarande strandskoning skadas
- Säbyäckens mynning
- Det låglänta området strax söder om Hildesborg och cykelvägen vid den kuststräckan.

Havsnivåhöjningen vid bäckarnas mynningar och vid det låglänta området söder om Hildesborgs gård utgör inget större hot då endast naturområden översvämmas. Det kan dock bli problem att komma fram på de lägst belägna partierna av cykelvägen.

En detaljerad bild över nyexploateringsområdet Norra Borstahusen visas i Figur 5-2. Det är ingen risk att den planerade bebyggelsen översvämmas p.g.a. höga havsnivåer i dagens klimat.

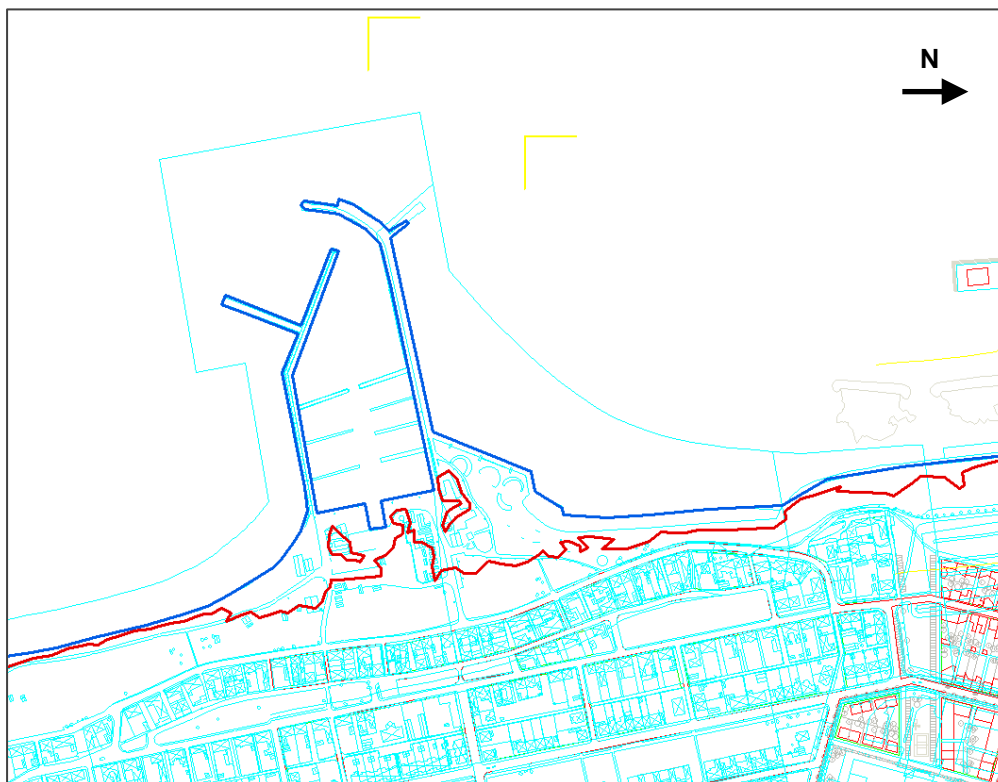


Figur 5-2 Nuvarande kustlinje (blå) och högvatten med 100 år återkomsttid (röd; +1,5 m). Detalj vid Norra Borstahusen visas, notera den planerade bebyggelsen i rött.

I detaljen över den befintliga bebyggelsen i Borstahusen samt Borstahusens hamn (Figur 5-3) visas att hamnen samt stora delar av hamnplan kommer att svämmas över vid extremt högvatten. Detta är dock inte helt korrekt då höjdmodellen⁴ inte helt kan återge de exakta nivåerna på hamnpirarna. De höga delarna av pirarna ligger på över 1,5 m över dagens normalvattennivå och kommer således inte att översvämmas vid högvatten. Kajerna däremot ligger på ca 1,4 m över dagens normalvattenstånd och de riskerar därmed att översvämmas vid extremt högvatten i dagens klimat.

Den gamla bebyggelsen i Borstahusen klarar sig torr vid en havsnivå på +1,5 m.

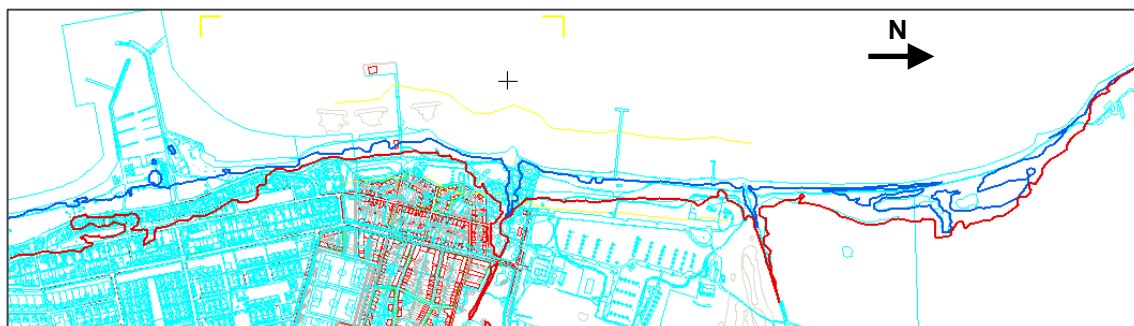
⁴ Den nya nationella höjdmodellen har en upplösning på 2 m.



Figur 5-3 Nuvarande kustlinje (blå) och högvatten med 100 år återkomstid (röd; +1,5 m). Detalj vid Borstahusen visas, notera den planerade bebyggelsen i rött. Observera att hamnpirarnas höga delar ej är med i höjdmodellen.

5.1 Framtida klimat

Den beräknade framtida medelhavsnivån år 2100 ligger på +1,6 m (i höjdsystemet RH2000) i Landskrona jämfört med nuvarande normalvattenstånd (se avsnitt 3.5). Dessutom har en framtida extremvattennivå på +3,1 m (RH2000) estimerats i den parallella utredningen om översvämning från dagvatten (DHI, 2012b).

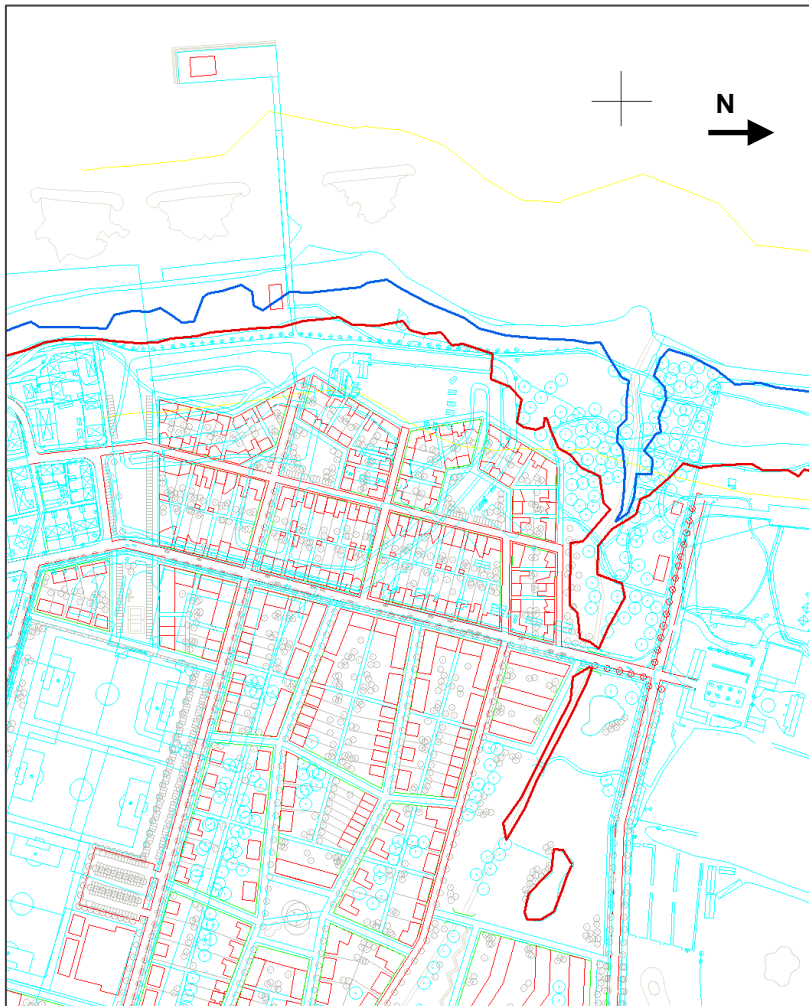


Figur 5-4 Framtida medelkustlinje (blå; +1,6 m) och högvatten med 100 år återkomstid (röd; +3,1 m). Hela den undersökta sträckan visas, notera den planerade bebyggelsen i rött.

Vid ett framtida normalvattenstånd (blå linje) är kuststräckan inte särskilt utsatt för översvämning. Eftersom nivån bara ligger 10 cm över dagens högvatten med 100 års återkomstid är översvämningens riskerna vid framtida normalvattennivå ungefär desamma (se ovan). Den stora skillnaden i det framtida klimatet är såklart att dessa översvämningar är mer eller mindre permanenta eftersom det handlar om normalvattenstånd.

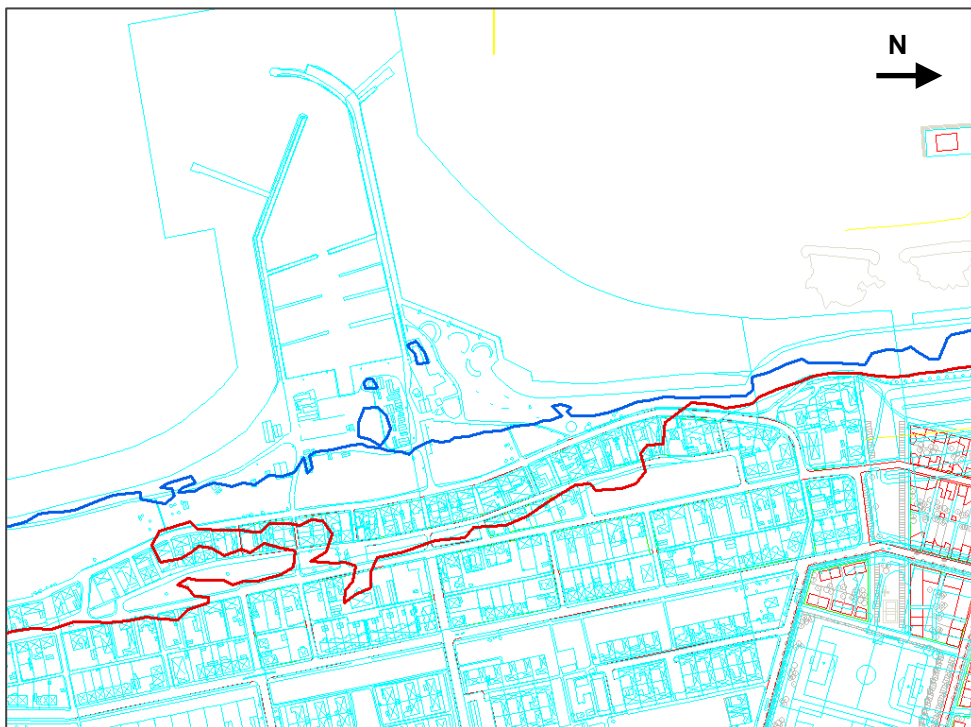
Cykelvägen kommer delvis att ligga under framtida medelhavsnivå och likaså stora delar av hamnområdet (se nedan). Cykelvägen fungerar även som barriär mot den framtida normalvattennivån längs större delar av sträckan. Att det låglänta området strax söder om Hildesborgs gård ligger under framtida normalvattenståndet borde inte vara något större problem då området idag mest är sankt och havet gick upp hit under första delen av 1900-talet enligt boende i Hildesborg.

Vid ett framtida extremvattenstånd (röd linje) hotas mycket större delar av kusten. Delar av den gamla bebyggelsen i Borstahusen kommer då översvämmas och havet kommer nå en bra bit in i landet (ca 50–80 m från dagens medelkustlinje vid dagens campingområde).



Figur 5-5 Framtida kustlinje (blå; +1,6 m) och högvatten med 100 år återkomstid (röd; +3,1 m). Detalj vid Norra Borstahusen visas, notera den planerade bebyggelsen i rött.

Den framtida normalvattennivån (Figur 5-5; blå linje) kommer att översvämma delar av utfyllnadsområdet och vid Säbybäckens mynning men inte den planerade bebyggelsen när inte upp den planerade bebyggelsen som ligger på ca 4,5 m som lägst.



Figur 5-6 Framtida kustlinje (blå; +1,6 m) och högvatten med 100 år återkomsttid (röd; +3,1 m). Detalj vid Borstahusen visas, notera den planerade bebyggelsen i rött. Observera att hamnpirarnas höga delar ej är med i höjdmodellen.

I ett framtida klimat kommer Borstahusens hamn (förutom de höga delarna av pirerna) ligga under normalvattennivån och fastigheterna i befintlig bebyggelse som ligger närmast havet i Borstahusen att översvämmas vid extremt framtida högvatten (Figur 5-6).

5.2 Adventstormen 2011-11-27

I slutet av november 2011 inträffade en extrem väderhändelse i området. Extremt hög vattennivå sammanföll med höga vågor i stormen som hade med orkansstyrka i byarna. Vindarna var västliga till sydvästliga. I Barsebäck uppmättes de högsta havsnivåerna (+1,36 m) sedan mätningarna startade 1937 (SMHI, 2011). I Helsingborg, som blev mycket hårt drabbat i stormen, var nivåerna över 2 m över normalvattenståndet (NSVA, 2012).

Landskrona var inte lika hårt drabbat, men erosion och uppspolad tång och skräp observerades på stranden vid campingen norr om Borstahusen (NSVA, 2012). Vid Lill-Olas strand blåste flera träd ner i strandskogen. Vågorna slog upp och lämnade kvar tång ända upp till på tomterna vid husen på Nedre gatan i Borstahusen (gatan som ligger närmast kusten). Här ligger tomterna på ca 2,4 m över havet vilket visar på hur stor vågornas effekt var under stormen. Vågornas effekt innefattar en lokal vattenståndsökning och våguppspolning vilket inte är medtaget i analyserna av översvämningsrisker ovan.

Hamnen blev översvämmad och enligt Uwe Puls (Borstahusens segelsällskap) var havsnivån i höjd med kajerna som ligger på +1,4 m från normalvattenståndet. Hamnplan är ca 20 cm lägre än kajerna och ungefär 2/3 av den ytan var översvämmad. Skadorna var störst söder om hamnen där vågorna eroderade stranden så att några av de

uppställda båtarna var nära att sjösättas igen då deras vaggor mer eller mindre hängde i luften. Vågorna slog in över de yttre pirarna och i den yttre delen av hamnen var vågorna ca 1 m höga (allt enligt Uwe Puls). Norr om hamnen var det lugnare. Skadorna som observerades i strandskoningen söder om hamnen (se avsnitt 4.7) uppstod troligvis under denna storm.

Adventsstormen var en extrem väderhändelse men kan ses som ett scenario för vad som kan vara allt vanligare i framtiden då medelvattennivån kan komma att ligga på ungefär samma nivå som den extremt höga nivå som rådde vid stormen. En framtida storm (ca år 2100) av samma magnitud skulle alltså kunna innebära vattennivåer på ca 1,6 m över de som rådde vid Adventsstormen.

6 Sedimenttransport

6.1 Teoretisk bakgrund

Sedimenttransport delas upp i en längsgående transport parallellt med kustlinjen och en tvärgående transport vinkelrätt mot kustlinjen. Den tvärgående transporten är den process som i huvudsak formar kustens djupprofil medan den längsgående transporten framför allt påverkar kustlinjens utseende sedd uppifrån.

Erosion och ackumulation längs en kuststräcka orsakas av att det finns en obalans i hur mycket sediment som transporteras, antingen tvärgående eller längsgående eller både och. Om sedimenttransporten är i balans så att det inte finns någon nettoackumulation eller nettoerosion kallas det för att kusten är i jämvikt. En kust i jämvikt kan förändras tillfälligt under perioder då väderförhållandena varierar under säsongen, men dessa variationer rör sig runt ett jämviktsläge som är stabilt över lång tid. Om en kust inte är i balans kommer sedimenttransporten att forma om kusten mot jämviktsläget genom att sediment ackumuleras på vissa delar och eroderar på andra.

Då det är obalans i den längsgående transporten ändras mängden transporterat sediment längs kuststräckan. Om transporten ökar i transportriktningen betyder det att det förekommer erosion på sträckan medan en minskande transport i transportriktningen betyder att det förekommer ackumulation av sand utanför strandlinjen. Skillnaden mellan mängden sediment som erhålls från uppströms och mängden som transporteras nedströms eroderar/ackumulerar på den aktuella kuststräckan. Den längsgående sedimenttransporten kan beräknas med hjälp av djupprofilen längs kusten samt information om de inkommande vågorna och aktuellt vattendjup (se avsnitt 6.2).

Erosion och ackumulation p.g.a. tvärgående transport är mer komplicerad än den som orsakas av längsgående transport. En strand som helt består av rörlig sand och som är utsatt för konstanta vågförhållanden kommer att utveckla en djupprofil som är i jämvikt med vågförhållandena (Short, 2000). Mekanismerna som bestämmer profilens form är väldigt komplexa och generellt är det inte möjligt att beräkna hur en jämviktsprofil ska se ut för en viss sträcka. Vattendjupsprofilen på en strand som består av lös sand kan anta många olika former beroende på strömmar och vågförhållanden. Vanligtvis brukar stora vågor och stora variationer i vattennivå leda till en svagt lutande profil (långgrund), medan små vågor och små skillnader i vattenstånd brukar leda till en brantare strand. Vågförhållandena ändras naturligt efter årstiderna och djupprofilen kommer att justeras efter aktuella förhållanden så att stranden antar en typisk sommarprofil som är lite brantare och en typisk vinterprofil som är lite flackare. På så sätt gör varierande vågförhållanden att sediment omflyttas kontinuerligt längs med vad som kallas den aktiva delen av profilen. Den aktiva delen sträcker sig från en punkt strax utanför bränningszonen (där vågorna bryter initialt), in till den delen av stranden dit vågorna når som högst (inre delen av svallzonen).

Den aktuella vattennivån avgör vart i kustprofilen som erosionen sker. Högvatten i kombination med vågpåverkan leder till erosion i den övre delen av kustprofilen (nära eller på land) eftersom erosionen sker där vågorna bryts. Vid lågvatten bryts vågorna längre ut från medelkustlinjen och kustprofilen eroderar därmed längre ut vid lågvatten.

Eftersom mekanismerna som orsakar erosion eller ackumulation är olika beroende på om det är obalans i den tvärsgående eller i den längsgående sedimenttransporten behövs olika typer av kustskydd för att undvika olika typer av erosion. Det är således viktigt att förstå vilken av de två typerna av sedimenttransport som orsakar erosionen för att välja rätt typ av åtgärd för att hindra erosionen. Genom att beräkna den längsgående sedimenttransporten och uppskatta kustens balans med avseende på tvärsgående sedimenttransport får man ett underlag till hur man skyddar kusten på bästa sätt.

6.2 Beräkning av längsgående sedimenttransport

För att ta reda på om det finns några gradienter i den längsgående transporten parallellt med kusten har transporten beräknas genom sju profiler (se Figur 6-1). Metoden sammanfattas här och beskrivs mer i detalj i *Appendix A – Metod för sedimenttransportberäkningar*.



Figur 6-1 Flygfoto med de sju profilerna där sedimenttransporten har beräknats är markerade.

Som indata till modellen har resultat från DHIs befintliga modeller som beskriver hydrodynamik och vågförhållanden i hela Östersjön ut till och med Skagerak används. Data finns för perioden 1994-2012 och hela datamängden har använts i beräkningarna. Den beräknade sedimenttransporten är alltså medelvärden baserade på data från nästan 18 år.

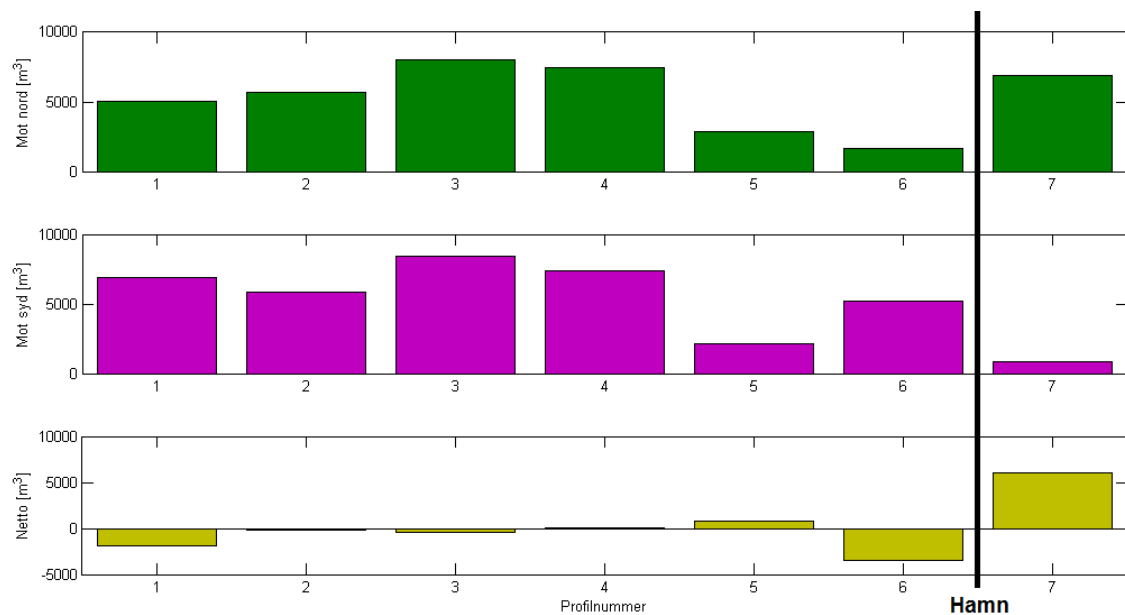
Vågegenskaperna har transformerats för profil 6 och 7 för att representera hamnens inverkan på vågmönstret. Transportmönstret har modifierats för profil 5 för att representera de friliggande vågbrytarnas inverkan på vågor, strömmar och transport.

Beräkningarna av sedimenttransport har gjorts med den numeriska modellen MIKE LITDRIFT som beräknar transporten genom en profil som är vinkelrät mot kusten. Som indata till modellen behövs djupen längs kustprofilen och vågförhållandena i den yttre änden av profilen. Genom att anta att kusten är rak och enhetlig beräknar modellen hur vågorna breder ut sig, transformeras och bryter längs med profilens längd. Modellen beräknar också hur vågtransformeringen ger upphov till nivåvariationer och kustparallella strömmar. Havsnivån i Öresund är också inkluderad i beräkningarna. Baserat på de beräknade vågorna och strömmarna beräknar modellen den resulterande sedimenttransporten parallellt med kustlinjen. Det är också möjligt att inkludera de storskaliga strömmarna i Öresund i modellen med detta har inte gjorts i det här fallet då dessa anses vara försumbara i jämförelse med de våginducerade strömmarna.

Det finns ingen detaljerad djupinformation för kusten nära land längs den aktuella sträckan. Djupprofilerna har därför konstruerats baserat på en kombination av sjökortsdata, observationer och empiriska samband för formen hos kustprofiler.

6.3 Resultat och analys

Resultaten från sedimenttransportberäkningarna presenteras i Figur 6-2 som medelårsvärdet på transporten genom de sju profilerna. Dessutom presenteras exempel på hur den långsgående transporten är fördelad längs med profilerna i Figur 6-3 för profilerna 1 och 4 och i Figur 6-5 för profilerna 5 och 6. Fördelningen över övriga profiler återfinns i *Appendix B – Resultat sedimenttransportberäkningar*. Nedan beskrivs de relevanta egenskaperna hos den långsgående transporten för varje profil. Profil 2, 3 och 4 beskrivs tillsammans då de är väldigt lika och visar det typiska mönstret i långsgående transport längs med kuststräckan.

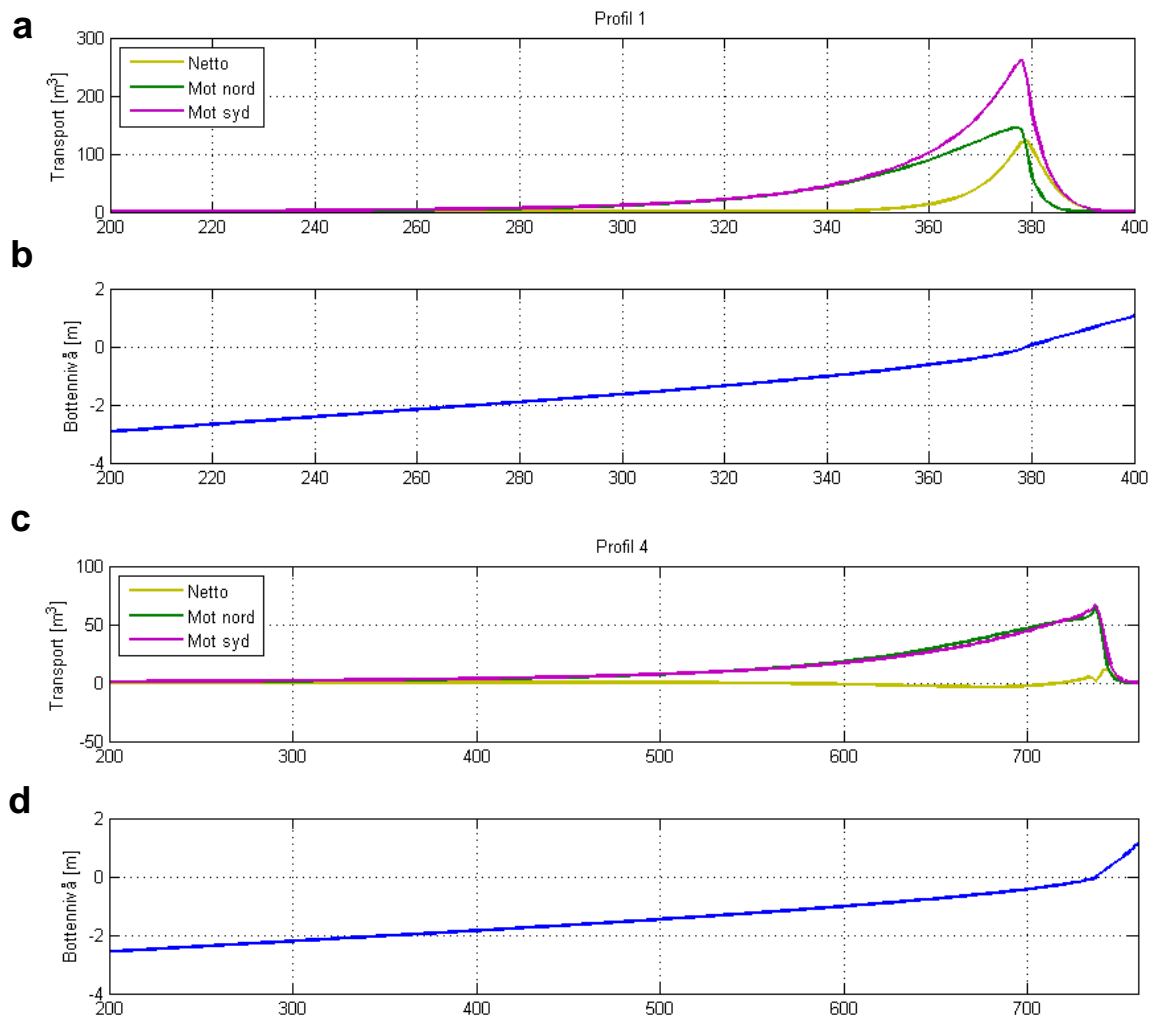


Figur 6-2 Årsmedelvärden av nordgående (överst), sydgående (mitten) och nettotransport (nederst) genom de sju profilerna. Notera att för nettotransporten betyder positiva värden en nordgående transport och negativa värden står för sydgående transport.

6.3.1 Längsgående transport

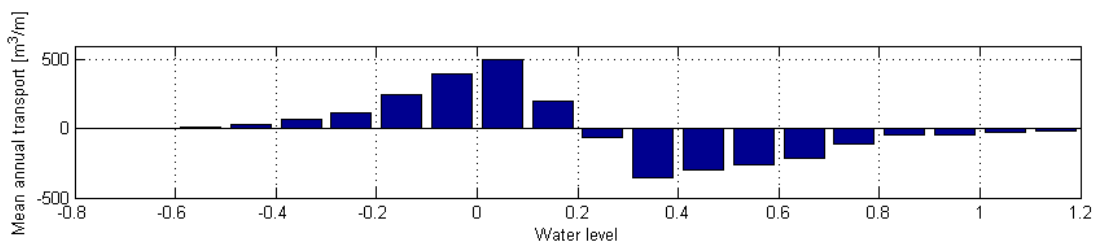
Profilerna 2, 3 och 4 täcker tillsammans kuststräckan från Hildesborgs gård och söderut till där campingen börjar. Transporten genom dessa profiler påverkas inte nämnvärt av några strukturer och visar därmed hur sedimenttransporten beter sig naturligt längs med huvuddelen av den aktuella kuststräckan. Alla tre profiler visar liknande mönster med en total bruttotransport av 5 000 m³ till 10 000 m³ med en netto längsgående transport på mindre än 500 m³ per år (se Figur 6-2). Transporten i sydlig och i nordlig riktning är nästan lika vilket tyder på att kustlinjen är nära jämviktsläget med avseende på den längsgående transporten.

En mer detaljerad förståelse för sedimenttransporten längs den här kuststräckan kan fås genom att undersöka transporten genom profil 4 som visas i Figur 6-3. Diagrammet visar att den största transporten sker där vattendjupet är mindre än 1 m och det sker i princip ingen transport utanför 2 meters djup (jämför c och d i figuren för att få transport på olika djup). Sydgående transport sker generellt något närmare kustlinjen än den nordgående transporten vilket resulterar i en nettotransport som är riktad söderut nära stranden och norrut längre ut i transportområdet.



Figur 6-3 *Sedimenttransport och bottenprofil i profilerna 1 och 4. a) Transport i profil 1, b) bottenprofil i profil 1, c) transport i profil 4 och d) bottenprofil i profil 4.*

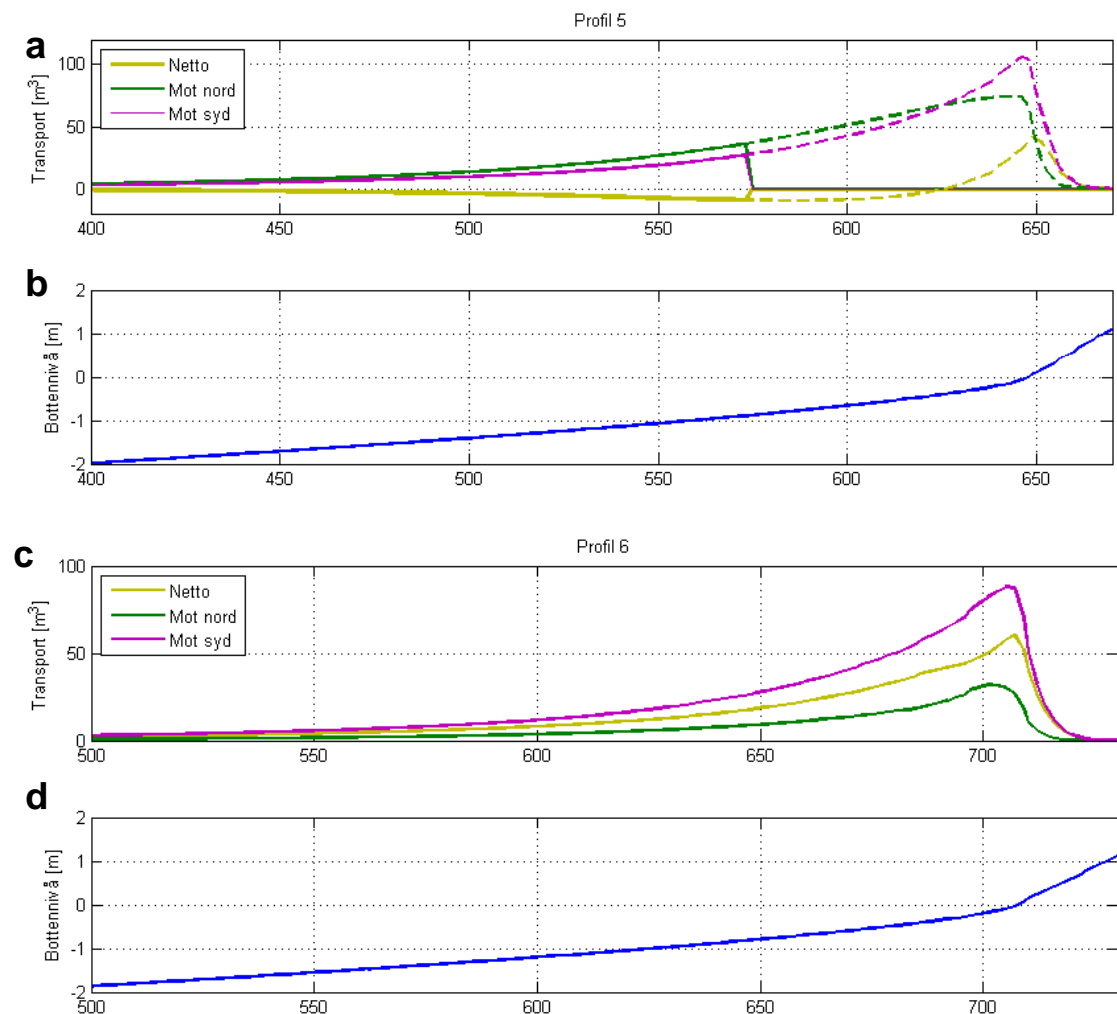
Detta mönster beror på att det finns ett samband mellan vindriktningen (och därmed vågriktningen) och vattennivån som beskrivits tidigare i avsnitt 3.3. Ytterligare en illustration av hur transportriktningen varierar med djupet (och därmed med avståndet från medelstrandlinjen) visas i Figur 6-4. Från diagrammet kan man utläsa att den nordliga transporten typiskt sker där botten djupet är mellan 0,2 och 0,4 m, d.v.s. strax under medelvattennivån. Den sydgående transporten sker generellt där djupet är mindre än 0,2 m. Beräkningarna visar att den största mängden av det material som transporteras söderut flyttas vid nordvästliga vindar samtidigt med höga vattennivåer. Eftersom stormarna från nordväst ofta sammanfaller med höga vattennivåer sker sedimenttransporten närmare stranden än vid sydvästliga stormar som ger en transport mot nord.



Figur 6-4 Årsmedelvärde av längsgående sedimenttransport genom profil 4 som funktion av vattennivå. Notera att positiva värden betyder att transporten är sydgående och negativa värden betyder att transporten är nordgående.

Profil 1, som är belägen i den norra delen av området utanför Hildesborgs gård, visar på en sydlig nettotransport på ca 2000 m³ per år (se Figur 6-3 a och b). Till skillnad från de profiler som tidigare beskrivits indikerar beräkningar här på att sediment tillförs från norr. Dock baseras sedimenttransporten på att det finns sediment tillgängligt att transportera vilket troligtvis inte är fallet här. Tillgången på sediment är antagligen något mindre än den beräknade transporten eftersom botten här relativt stenig. Kustskyddet längs denna norra del stoppar också en del av den längsgående transporten. Detta gör att den verkliga nettotransporten genom profil 1 antagligen är betydligt mindre än vad modellen anger. Detta ändrar dock inte det faktum att nettotransporten är sydlig här vilket är viktigt för det betyder att i medel så tillförs det sediment från norr till den aktuella kuststräckan.

Transporten genom profil 5 (Figur 6-5) hade liknat den genom profil 2, 3 och 4 om det inte vore för de friliggande vågbrytarna. Brutto- och nettotransporten skulle varit ca 7 500 m³ respektive 500 m³ vilket visas av de streckade linjerna i figuren. Effekten av vågbrytarna representeras i modellen av att transporten har satts till noll i området från kustlinjen och 75 m ut till där vågbrytarna är belägna (se Appendix A – Metod för sedimenttransportberäkningar). Eftersom det bara är den inre delen av kustprofilen som påverkas av vågbrytarna så är effekten större på den grundare sydgående transporten än på den norrgående transporten. Detta betyder att nettotransporten här är något högre, ca 800 m³. Nettotransporten är dock även här väldigt liten jämfört med bruttotransporten och därför kan även denna kuststräcka vara i jämvikt med avseende på den längsgående transporten. Vidare påverkas antagligen även den här profilen av hamnen vid stormar från syd och den nordgående transporten kan därför vara något mindre än vad som beräknats i modellen.



Figur 6-5 Sedimenttransport och bottenprofil i profilerna 5 och 6. a) Transport i profil 5, de streckade linjerna visar hur resultatet hade sett ut om inte vågbrytarna räknats med i modellen, b) bottenprofil i profil 5, c) transport i profil 6 och d) bottenprofil i profil 6.

Profilerna 6 och 7 är ganska lika då de båda påverkas kraftigt av Borstahusens hamn. Profil 6 visas i Figur 6-5. P.g.a. hamnens skyddande effekt är det väldigt lite sediment som transporteras norrut precis norr om hamnen och söderut precis syd om hamnen. Detta leder till en signifikant nettotransport mot hamnen. Resultaten visar därmed att kuststräckan intill hamnen (vid profilerna 6 och 7) inte är jämvikt utan försöker att vrida sig så att den blir parallell med hamnpirarna. Precis intill hamnen har detta redan skett, vilket tyder på att strandlinjen här är i jämvikt.

När det gäller transporten förbi hamnen är den troligtvis väldigt liten eftersom beräkningarna visar att väldigt lite sedimenttransport sker längre ut från land än där det är 2 m djupt. Eftersom hamnen går längre ut än 2-meterskurvan borde väldigt lite sediment passera hamnen. Detta har även bekräftats av Uwe Puls (Borstahusens Segelsällskap) som informerat om att muddring i huvudsak bara behövs vid inloppet till hamnen. I in-seglingsrännan där sydgående transport borde sedimentera och ackumulera behöver muddring bara utföras ca var 6:e till 8:e år, vilket ytterligare visar att den sydgående transporten förbi hamnen är liten.

Sammanfattningsvis visar resultatet att den undersökta kuststräckan är i jämvikt med avseende på långsgående transport då den nordgående och den sydgående sedimenttransporten är på ett ungefär lika stor. P.g.a. att det finns ett samband mellan vattennivå och vågriktning så sker sydgående transport närmare medelkustlinjen och nordgående transport sker längre ut. I den södra änden av kuststräckan blockeras den långsgående sedimenttransporten av Borstahusens hamn och i den norra änden sker en mindre netto-transport in i området mot söder. Detta betyder att den aktuella kuststräckan är ett i princip slutet system som inte förlorar några betydande mängder sediment med avseende på den långsgående transporten.

6.3.2 Tvärgående sedimenttransport

Den tvärgående sedimenttransporten som omfördelar sanden längs kustens profil mellan land och djupare hav är troligtvis orsaken bakom den observerade erosionen längs kuststräckan. Dessa processer kan inte beskrivas med modellverktyget MIKE LITDRIFT som användes för att beräkna den långsgående transporten. Istället används empiriska samband för att beskriva hur en strandprofil formas utifrån givna våg- och vattenståndsförhållanden.

Under stormiga perioder med höga vågor kommer djupprofilen att ha en svag lutning (vinterprofil) eftersom stora vågor tenderar att flytta sand från sandstranden ut till lite djupare vatten. Den processen kommer att orsaka erosion av stranden om höga vågor uppträder samtidigt som det är höga vattennivåer, i detta fall för vågor och vindar från nordväst. Perioder med små vågor har en motsatt effekt på djupprofilen så att stranden tenderar att byggas ut så att djupprofilen blir brantare (sommarprofil).

Längs större delen av den aktuella kuststräckan består den övre delen av stranden inte av lösa sandsediment. Även om den delen teoretiskt sett skulle vara en del av den aktiva profilen så är den inte det och den är då inte heller i jämvikt med vågförhållandena. Den övre delen av kustprofilen består typiskt av uppspolad bevuxen tång och moränlera. Under stormiga förhållanden med höga vågor och högt vattenstånd kommer stranden att gå mot en väldigt flack profil som räcker upp till dit de höga vattennivåerna når. Om kusten lämnades att utvecklas naturligt skulle den övre delen av kusten erodera och kustlinjen förflytta sig längre in på land tills en kustprofil i jämvikt uppnås. En grov uppskattning av hur långt in kustlinjen skulle flytta sig för att uppnå jämvikt kan beräknas med hjälp *Bruuns regel* (Short, 2000) utifrån nivån på högvattenstånd och medellutningen hos djupprofilen. Om det antas att extremt högvatten går upp till +1,5 m och att medellutningen hos den aktiva profilen är 1/5 ger regeln en uppskattning på att medelkustlinjen skulle flytta sig 75 m längre in från nuvarande position. Det är alltså detta fenomen som i huvudsak orsakar erosion längs den aktuella kuststräckan.

Tidsskalan för etablering av jämviktsprofilen beror på många faktorer och kan med dagens kunskaper inte beräknas. Det antas att erosionen p.g.a. tvärgående sedimenttransport avstannar då en jämviktsprofil uppnåtts om vågklimatet och havsnivåerna inte ändras.

6.3.3 Konkret betydelse av resultaten

Sammanfattningsvis har resultaten i ovanstående analys visat att den aktuella kuststräckan är i balans med avseende på den långsgående transporten men inte med avseende på den tvärgående transporten. Detta gör att kusten är utsatt för erosion och tillbakadragning av kustlinjen mot land under stormar från nord till väst vilka orsakar höga

vågor och höga vattennivåer. Detta gäller för hela kuststräckan men olika sträckor är olika sårbara för erosion. Sårbarheten längs kuststräckan kan beskrivas enligt nedanstående:

- Lill-Olas strand (sträcka 3) är inte särskilt sårbar för erosion eftersom den övre delen av strandlinjen är flack och därmed närmare ett jämviktsläge. Dessutom har vegetationen ovan sandstranden (strandskogen) en stabiliserande effekt.
- Kombinationen av stenskoningen och de friliggande vågbrytarna vid nuvarande campingen (sträcka 5) utgör ett tillräckligt skydd mot erosion.
- Stenskoningen längs sträcka 1 ger ett visst skydd men behöver förstärkas i vissa delar om man inte vill att erosionen ska fortsätta naturligt i detta område.
- Stranden strax norr om hamnen (sträcka 6) ger ett visst skydd av det bakomliggande området tillsammans med stenskoningen mellan strand och land, men vi anser att stenskoningen behöver byggas om för att ge tillräckligt skydd.
- Resten av kuststräckan (sträcka 2, 4 och 7) har brantare lutning på den övre delen av stranden men inga eller smala sandstränder framför och är därför sårbara för erosion vid höga vattenstånd. Dessa sträckor har ett otillräckligt skydd om man vill bevara dagens kustlinje och behöver då utökat skydd som föreslås i avsnitt 7.

Generellt kan det noteras att en detaljerad undersökning och kontinuerlig inspektion av de nuvarande skydden behövs för att göra en fullgod restaurering av kustskyddet.

6.3.4 Effekter av klimatförändringen

Som beskrivits i avsnitt 3.5 kommer klimatförändringar att påverka kusten på två sätt, nämligen genom ökade medelhavsnivåer och en ökad stormrisk och därmed ett strängare vågklimat. Det kan antas att havsnivåhöjningen är den viktigaste av de båda och detta avsnitt kommer därmed fokusera på effekter av en höjd medelhavsnivå.

En ökning av medelhavsnivån kommer att göra att de högsta vattenstånden kommer att öka med lika mycket och därmed möjliggöra för vågor att nå ännu längre upp på land jämfört med nuläget. För att kusten ska bli stabil under dessa nya förhållanden måste den skapa en ny jämviktsprofil som sträcker sig ända upp till de nya högvattennivåerna. Man kan beräkna motsvarande tillbakadragning av kustlinjen med Bruuns regel enligt ovan. Det är möjligt att medelhavsnivån år 2100 har höjts med 1,6 m (se avsnitt 3.5) vilket skulle medföra att medelstrandlinjen skulle dra sig inåt land med ca 80 m jämfört med dagens jämviktsläge (som tidigare uppskattats ligga ca 75 m längre in i land än dagens kustlinje). Den stabila kustlinjen år 2100 beräknas alltså ligga ca 155 m in från dagens kustlinje. Man bör notera att det är okänt hur lång tid det skulle ta för en sådan jämviktsprofil att utvecklas samt att beräkningen är en grov uppskattning. Den beräknade medelhavsnivån är också mycket osäker, men det är mycket troligt att nivån år 2100 ligger på mellan 0,9 m och 1,6 m högre än dagens medelvattennivå.

7 Förslag till kustskydd nu och i framtiden

Tidigare i rapporten har det konstaterats att den aktuella kuststräckan är utsatt för ett antal problem, framför allt erosion, tångansamling och väldigt långgrunda stränder som inte är optimala för havsbad. Vidare väntas den framtida havsnivåhöjningen leda till utökad risk för översvämningar och ökade erosionsproblem. Den här delen av rapporten visar hur dessa problem kan hanteras både för att skydda kusten mot erosion och översvämning med dagens förhållanden och i ett framtida klimat med förvärrade problem.

Det finns många faktorer att ta hänsyn till för den aktuella kuststräckan då kustskyddet ska planeras. För att välja det mest optimala skyddet har så många av dessa som möjligt tagits hänsyn till. De viktigaste önskemålen för hur kusten ska hanteras är:

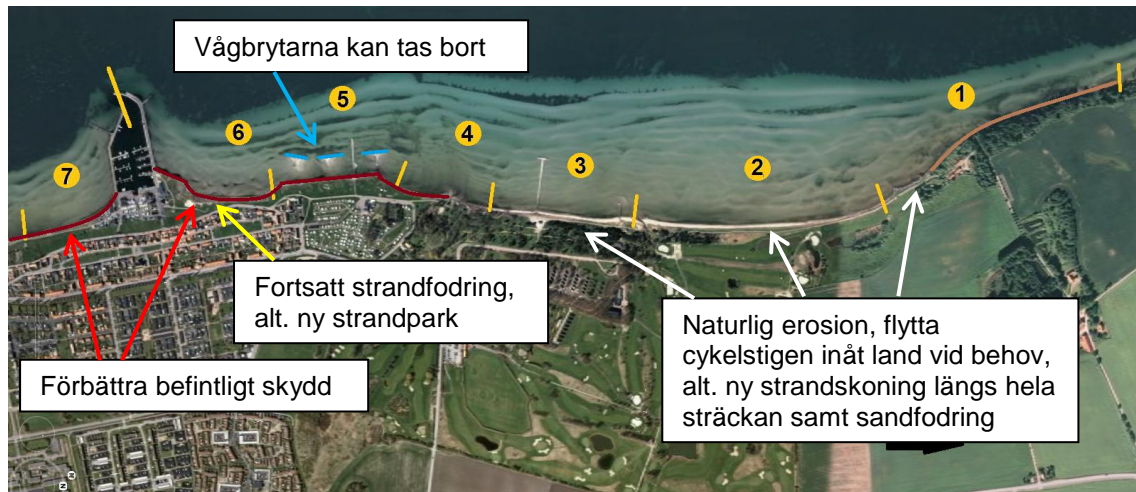
- Byggnader som ligger nära strandlinjen ska skyddas mot erosion och översvämning.
- Rekreativsvärdet hos kusten måste behållas och helst förbättras, framför allt genom att behålla och förbättra existerande badplatser.
- Bevarande av det naturliga kustlandskapet.
- Säkerställa tillgängligheten till stränderna.
- Minimera tångansamlingarna.

Nedan presenteras ett grundskyddsförslag med två ytterligare alternativ för att skydda och utveckla kusten:

- Det första grundskyddsförslaget syftar till att skydda kusten där det behövs och inkluderar bara små förbättringar av rekreativsvärdet.
- I en utökning av grundskyddsförslaget ges förslag på skyddsåtgärder för att skydda även de delar av kusten där det inte finns byggnader utan som består av rekreativs- och naturområden.
- Det sista alternativet syftar till att kombinera skydd och ge en ökning av rekreativsvärdet genom att bygga en större strand direkt norr om Borstahusens hamn.

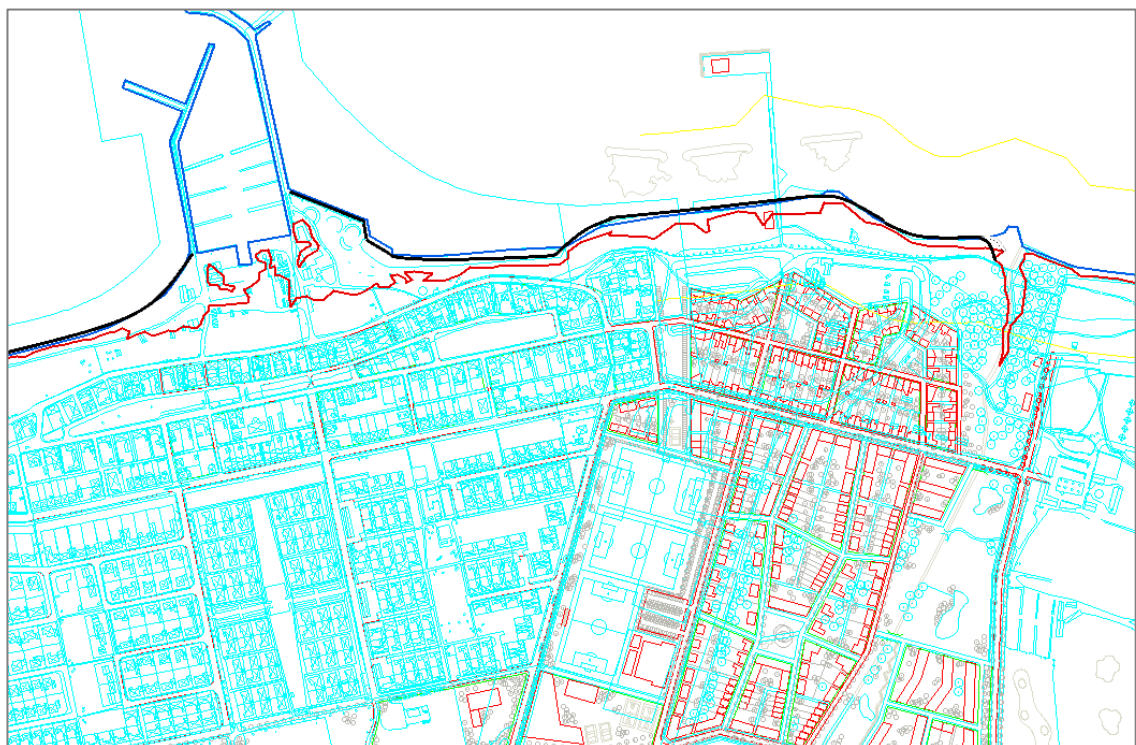
En sammanfattning av kustskyddsförslagen visas på karta i Figur 7-1. I avsnitt 7.4 utreds skyddsbehov vid kommande klimatförändringar och i avsnitt 7.5 ges en grov kostnadsuppskattning på de föreslagna åtgärderna.

Eftersom stora delar av den undersökta kuststräckan har problem med erosion och översvämning, framför allt i ett framtida klimat, rekommenderar vi att ytterligare studier utförs för hela kuststräckan inom Landskrona Stad. Särskilt sträckan söder om Borstahusens hamn borde undersökas då det finns mycket bebyggelse i området. För att säkerställa att husen är ordentligt skyddade mot erosion och översvämning rekommenderar vi att en liknande studie som denna genomförs även för den kuststräckan.



Figur 7-1 Flygfoto som visar den föreslagna planen för kustskydd. Den röda linjen visar var utökat kustskydd behövs och de blåa markerinarna visar på befintliga kustskydd som inte behövs ur erosionskyddssynpunkt.

7.1 Grundskydd mot erosion och översvämning



Figur 7-2 Karta som visar dagens kustlinje (blå linje), maximalt högvatten på +1,5 m (röd linje) och lokalisering av det föreslagna skyddet (svart linje).

Tanken bakom denna grundläggande plan är att bevara dagens kustlinje och därmed skydda den befintliga bebyggelsen i Borstahusen såväl som nyexploateringen Norra Borstahusen mot dagens hot från erosion och översvämning från havet, medan så stor del av kusten får fortsätta att utvecklas på ett naturligt sätt.

Vi föreslår att skyddet förbättras på sträckan söder om Borstahusens hamn (sträcka 7) samt norr om hamnen upp till Säbybäckens mynning (sträcka 5 och 6 samt delar av sträcka 4), se Figur 7-1 och Figur 7-2. Förutom för sträcka 5 har nuvarande kustskydd på dessa sträckor visat sig vara otillräckliga att motstå hårda stormar med vågor från nordväst samtidigt med höga vattennivåer. Längs sträcka 5 är kustskyddet intakt, men som visas i Figur 7-2 är skyddet inte tillräckligt högt för att hindra översvämning av marken innanför skyddet vid extrema högvatten.

En strandskoning av t.ex. sprängsten skulle kunna ge ett ordentligt skydd på den här delen av kusten om den konstrueras enligt följande rekommendationer:

- Skoningen konstrueras lämpligen med två lager av sten och åtminstone ett så kallat filterlager under stenlagren. Lagren med sten ska vara väl tilltagna så att skoningen håller för höga vågor och höga vattenstånd. Filterlagret/lagren är nödvändiga för att se till att materialet som skoningen är konstruerat på inte spolats ut genom stenlagren och därmed underminerar skoningen. Både stenlagren och filterlagren ska designas utifrån dimensionerande hydrodynamiska förhållanden och med hänsyn till det underliggande materialet (sand/jord etc).
- För att skydda kusten mot dagens förhållanden ska toppen på skoningarna vara tillräckligt hög för att hindra överspolning av strukturen för de dimensionerande förhållandena.

Foton som visar olika typer av strandskoningar och andra typer av kustskydd visas i Appendix C.

Vid en utbyggnad av Borstahusens hamn bör man se över höjderna på dagens kajer och hamnplan som riskerar att översvämmas vid högvatten, se vidare i avsnitt 8.

Vid stranden strax norr om Borstahusens hamn kan strandskoningen byggas där det redan idag finns en strandskoning av sten (se Figur 4-12) och på så sätt behålla badstranden som den är. Stranden skulle kunna förbättras genom att fortsätta lägga ut mer sand för att utöka strandens yta och så att man kommer ut till lite djupare vatten direkt. Detta görs redan idag som tidigare nämnts i avsnitt 4.8. Då den långsgående transporten är relativt i balans så förväntas bara en liten del av sanden erodera från stranden.

Utanför campingen skulle man kunna ta bort de existerande friliggande vågbrytarna om stenskoningen längs kusten renoveras såsom beskrivits ovan. Dessa vågbrytare gör att vattnet innanför blir väldigt grunt och tång ansamlas. Det finns dock inget hinder mot att ha dem kvar om de är tillräckligt värdefulla ur rekreationssynpunkt (barnvänligt djup), men i erosionssynpunkt blir de överflödiga om stenskoningen förbättras.

Kustlandet längs sträcka 1-3 och halva sträcka 4 (norr om Säbybäcken) har inga byggnader eller infrastruktur som behöver skyddas vilket betyder att det inte finns några viktiga tillgångar under direkt hot av erosion eller översvämning. Därför föreslår vi i detta grundskyddsförslag att kusten lämnas oskyddad och därmed låter erosion och ackumulation omforma kusten på ett naturligt sätt. Den naturliga processen kommer vara långsam erosion och ibland även översvämning. Cykelvägen kommer att vid någon tidpunkt behöva flyttas längre in i land jämfört med nuvarande kustlinje och då lämpligen

på över 3 m över dagens medelhavsnivå för att säkra den från framtida havsnivåhöjningar.

Lill-Olas strand kan bevaras genom fortsatt sandfodring, men man kan också förbereda för att stranden kan komma att dra sig längre inåt land genom att låta strandskogen vara tillräckligt bred så att den bevaras även om de yttre delarna av skogen omvandlas till strand.

Klintkusten i den norra delen av sträcka 1 är en del av ett naturskyddsområde där erosionen utgör en del av de naturliga processerna och därför rekommenderar vi att inte förbättra skyddet längs denna sträcka. En långsam erosion håller klintlandskapet ”aktivt” vilket är en viktig funktion hos det naturliga landskapet i det skyddade området.

Grundskyddet bör upprättas inom den närmaste tiden då en ny storm av Adventsstormens styrka riskerar att orsaka skador på mark och befintliga skydd. Den planerade nya bebyggelsen i Norra Borstahusen är inte direkt hotad av erosion och översvämning, men om kustlinjen tillåts fortsätta erodera kommer husen att hotas i framtiden.

Vid den detaljerade planeringen av den nya campingens placering och golfbanans utsträckning bör erosionsproblem och eventuella strandskydd i anslutning till anläggningarna tas hänsyn till.

7.2 Skydd även för rekreations- och naturområden

Om Lanskröna Stad även önskar bevara dagens kustlinje längs sträcka 1-4 (förutom naturskyddsområdet längst i norr) kan detta uppnås genom att konstruera en strandskoning så som föreslagits för sträcka 5-7 i grundförslaget även för denna sträcka. Vid sträcka 3 kan strandskoningen placeras mellan stranden (Lill-Olas) och strandskogen så att skogen skyddas men badstranden bevaras. En fortsatt sandfodring av Lill-Olas är då också nödvändig. Det går inte att skydda själva sandstranden från erosion så här får erosionen kompenseras av att sand fylls på. Det ända sättet att skydda sandstranden från erosion är genom att konstruera friliggande vågbrytare, men det är inte särskilt lämpligt eftersom man då får väldigt grunda och tångfyllda strandområden som inte är särskilt badvänliga.

Det vore inte lämpligt att bara skydda vissa delar av sträckan för då riskerar erosionen att öka längs de partier där det saknas skydd vilket kan ge en försämrad helhetssituation.

7.3 Konstruera en ny strandpark som en del av skyddet

För att utöka och förbättra badmöjligheterna på stranden norr om Borstahusen skulle denna kunna byggas ut och bli ett större rekreationsområde. Strandparken skulle ligga i direkt anslutning till nyexploateringsområdet Norra Borstahusen vilket skulle vara värdefullt. I Figur 7-3 visas exempel på hur en sådan strandpark skulle kunna skapas längs sträcka 5 och 6 genom att bygga en pir ett stycke norr om hamnen och fylla mellanrummet mellan piren och hamnen med sand. Tre olika storlekar presenteras men andra storlekar däremellan är också möjliga.



Figur 7-3 Skiss med tre möjliga alternativ på en ny strandpark.

För att hålla sanden på plats behövs en fast struktur i den norra änden av stranden (i södra änden fungerar hamnpiren som en fast struktur). Den fasta strukturen skulle behöva sträcka sig en bit längre ut i havet än själva sandstranden för att den tillförda stranden inte direkt ska flyttas iväg norrut vid kraftliga vindar från sydliga riktningar. Dessutom skulle pirens inre del svängas av mjukt mot norr vid anslutningen till dagens strandlinje (se Figur 7-3) för att undvika ett skarpt hörn där tång kan ansamlas. Längst ut på den nya piren kan en badbrygga byggas för att badgästerna snabbt ska kunna nå

djupare vatten. Alternativ B och C förutsätter att de existerande friliggande vågbrytarna tas bort.

Bredden och längden hos stranden kommer att bestämmas av längden och positionen av den nya piren. I alternativet med den största stranden (Figur 7-3C) skulle stranden bli ca 500-600 m lång och ha en bredd på upp till 150 m. En följd effekt med att anlägga en sådan stor strand är att det finns risk för att sand från toppen av stranden blåser in på land vid stormigt väder. Detta kan undvikas med att planera växter på den inre delen av stranden (t.ex. någon lämplig typ av gräs). Om strandutfyllnaden görs tillräckligt hög kommer det inte att behövas något ytterligare skydd innanför stranden. Resten av kuststräckan, d.v.s. sträcka 1-4 och 7 bör skyddas som i grundförslaget.

Piren kan konstrueras av sten så att den liknar stenskoningen längs kustlinjen och avslutas med en större hårdgjord yta som kan bebyggas med bastu, restaurang, kallbadhus, glasskiosk eller vad som kan tänkas vara av intresse.

En alternativ variant av strandpark presenteras i Figur 7-4 där strandens utbredning sträcker sig längre mot norr. Då kan de befintliga friliggande vågbrytarna fungera som en skyddande struktur för den nya stranden. En liten pir direkt söder om Säbyäckens utflöde anläggs som en avslutande struktur. Med det här alternativet skulle en relativt stor ny strand kunna anläggas med ett minimum av nybyggda fasta pirar. Nackdelen vore att det är sannolikt att tång ansamlas i de små bukterna som kommer bildas mellan vågbrytarna.

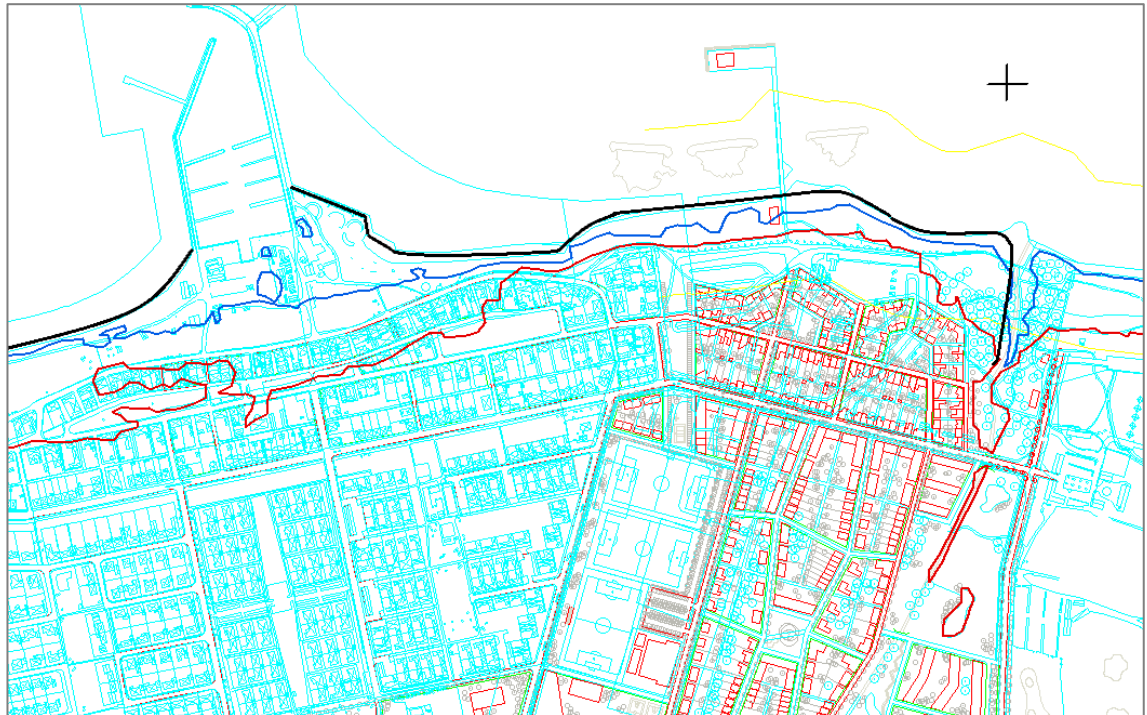


Figur 7-4 Skiss med ytterligare ett möjligt alternativ på en ny strandpark som inkluderar de existerande friliggande vågbrytarna som stödstrukturer.

7.4 Framtida klimatanpassning

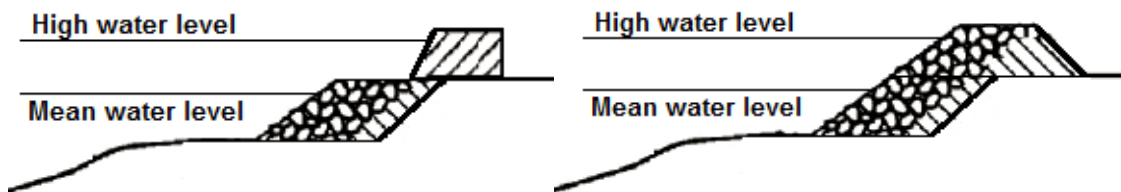
Strategin för att skydda och utveckla kuststräckan i ett framtida klimat (ungefär år 2100) är i princip densamma som för dagens förhållanden förutom att kustskydden måste vara högre för stå emot den stigande havsnivån som medför ökad erosion och ökad översvämningsrisk. Så i ett grundförslag som kan hantera framtida klimatförändringar bör skydden längs sträcka 4-7 uppgraderas så att de både skyddar mot erosion och översvämnningar, medan man fortsatt kan lämna sträcka 1-3 i dess naturliga tillstånd.

Figur 7-5 visar kurvor som motsvarar framtida medelvattenstånd (+1,6 m) och framtida maximalt högvattenstånd (+3,1 m). Kurvorna baseras på den nya nationella höjdmodellen. De röda byggnaderna är den planerade bebyggelsen i Norra Borstahusen.



Figur 7-5 Karta som visar framtida medelkustlinje kustlinje (blå linje, +1,6 m), framtida maximalt högvatten (röd linje, +3,1 m) och lokalisering av det föreslagna skyddet (svart linje)(RH2000). Föreslaget skydd i hamnområdet visas ej i bilden.

I framtiden kommer det att bli ännu mer angeläget att skydda kusten runt dagens befintliga hamn i Borstahusen för att undvika översvämnning. Som visas i Figur 7-5 (röd linje) hotas den befintliga bebyggelsen i Borstahusen av översvämnning vid de extrema högvatten som beräknats för år 2100. För att undvika översvämnning så behöver strandskoningarna som föreslagits för dagens förhållanden att byggas högre så att de även bildar en vall som skyddar mot översvämnning. Höjden för dessa skydd, som kommer att vara direkt utsatta för vågor vid stormar och höga vattenstånd, bör designas för att hålla emot en vattennivå på +3,1 m plus vågpåverkan, se Figur 7-6.



Figur 7-6 Exempel på hur strandskoningarna kan höjas till vallar av betong (vänster) eller sten (höger).

Förutom uppgraderingen av ovanstående strandskoningar skulle det även behöva byggas en vall med skoning vinkelrätt mot kusten längs Säbybäckens södra sida nära mynningen (se Figur 7-5; röd linje). Detta för att skydda området innanför som riskerar att översvämmas då havsnivån trycker in havsvatten i Säbybäcken. Framtida högvatten i samband med vågor kan erodera Säbybäckens slänter. Vi föreslår att det byggs en vall med skoning längs Säbybäcken såsom visas i Figur 7-5 för att skydda slänten och bakomliggande bebyggelse i framtiden. När skyddet behöver konstrueras beror på hur snabbt havsnivåerna stiger och vid tecken på erosion av slänterna bör man vidta åtgärder.

Kajerna i Borstahusens hamn ligger på ca 1,4 m och hamnplan ligger ca 20 cm lägre och därmed kommer hamnen till stora delar att ligga under vatten vid ett framtida normalvattenstånd på +1,6 m, vilket också visas i Figur 7-5. Det är därför nödvändigt att höja hamnen i framtiden, vilket skulle kunna göras samtidigt med den planerade utbyggnaden av hamnen. Om inte hamnplanen höjs behöver den istället omgärdas av valar som skyddar mot det stigande havet. Observera att ett sådant skydd inte har ritats in i Figur 7-5.

Strategin att lämna den norra delen av kusten (sträcka 1-3) för att erodera naturligt föreslås som en möjlighet även för framtida havsnivåer. Det finns inga byggnader idag längs sträckan som hotas av framtida översvämningar och erosion, förutom ett par byggnader i anslutning till Lill-Olas strand och vid Hildesborg. P.g.a. svårigheterna i att beräkna framtida havsnivåer och erosionshastigheter är det svårt att säga hur utsatt kusten kommer att vara år 2100. Man kan därför vänta med att skydda området men kontinuerligt följa upp processerna så att ett skydd, liknande det för resten av kuststräckan, kan byggas senare om ett behov uppstår.

Som tidigare nämnts kommer cykelvägen längs kusten troligtvis att behöva flyttas längre in på land för att inte bli skadad av erosion.

7.4.1 Skydd även för rekreations- och naturområden i framtiden

Liksom för skyddet med dagens förutsättningar kan även skyddet mot framtida förutsättningar utökas till säkra att kustlinjens lokalisering behålls även längs övriga sträckor av kusten. Detta skulle kunna göras genom att skyddet som föreslagits för dagens förhållanden höjs.

Längs sträcka 2 och 3 rekommenderas då en vall med skoning såsom beskrivs ovan. Eftersom vallen skulle behövas byggas flera meter högre än marken innanför föreslår vi att skyddet konstrueras som en vall med stensking och möjligtvis med cykelvägen längs toppen av vallen.

För att skydda de höga klinterna i norra delen av sträcka 1 skulle det istället vara lämpligare med en stenskonig och inte en vall.

Om dessa skydd konstrueras på rätt sätt kommer de att vara tillräckliga för att skydda områdena innanför både mot erosion och översvämning och därmed behålla positionen på dagens kustlinje. Dock kommer stränderna mellan skydden och havet att försvinna.

Om skyddet förlängs längs med hela kuststräckan upp till och med sträcka 1 blir det onödigt att göra insvängningen av vallen längs Säbybäckens södra kant. Istället skulle det behövas slussar på de ställen där vallen korsas av Säbybäcken och Wallabäcken som kan stänga ute havsvattnet vid höga vattenstånd och låta vattnet flöda fritt vid framtida normalvattenstånd.

DHI rekommenderar Landskrona Stad att noggrant diskutera om ett sådant skydd är nödvändigt eftersom det skulle krävas stora insatser för att skydda sträckan där vare sig byggnader eller infrastruktur hotas av erosion och översvämning. Dessutom skulle ett sådant skydd gå emot Landskrona Stads önskemål att behålla ett naturligt kustlandskap i området. Det är även SGI⁵ rekommendation att grundinställningen ska vara att naturen får ha sin gång och att inte vidta skydd mot erosion där det inte är ekonomiskt försvarbart. Man bör istället ta med de framtida beräkningarna av översvämnings- och erosionsrisker då man i detalj planerar den nya placeringen av campingen och golfbanan.

7.5 Kostnadsuppskattning

Här följer en grov kostnadsuppskattning av de olika föreslagna konstruktionsarbetena baserat på prisuppgifter från NCC och danska NIRAS, samt information om kostnaden för anläggandet av Citystranden i Landskrona (Tom Sörensson). Eftersom det inte finns några beräkningar på dimensioner eller materialval är uppskattningen väldigt grov. NCC anger en kostnad för strandskonig i sten på mellan 500 SEK/m² och 1000 SEK/m². NIRAS anger ett pris på mellan 6000 SEK/m och 7000 SEK/m för att bygga hövder (pirar av sten) vid ett djup av ca 1,5 m samt en ungefärlig kostnad på 5 400 SEK/m till 8 400 SEK/m för stenskonig. Sandutfyllnad kostar ca 60 SEK/m³.

Grundskyddet bestående av ca 700 m förbättring av befintlig strandskonig och ca 300 m ny strandskonig beräknas kosta mellan 2 000 000 SEK och 4 000 000 SEK.

Att **även skydda rekreations- och naturområden** skulle innebära anläggning av ca 1 800 m ny strandskonig vilket beräknas kosta mellan 6 000 000 SEK och 12 000 000 SEK (obs. utöver grundskyddet).

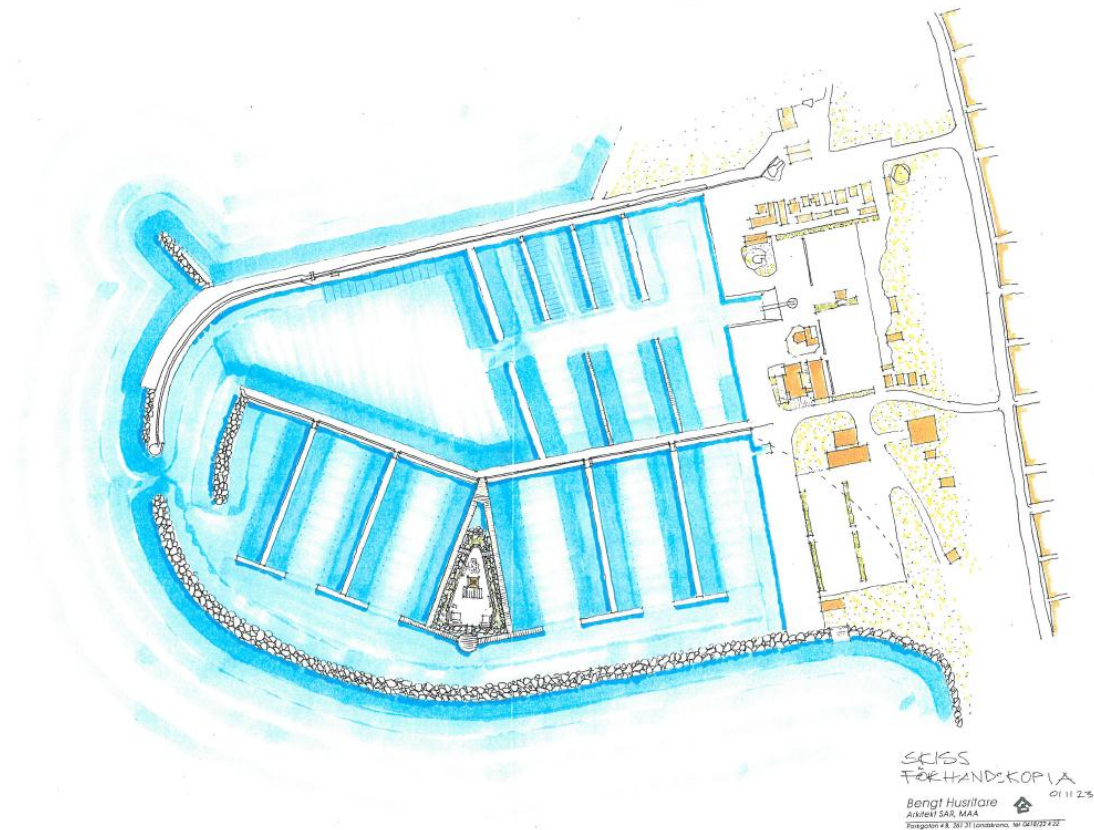
Den föreslagna **strandparken** består dels av en pir och dels av själva stranden. Piren beräknas kosta mellan 1 000 000 SEK och 5 000 000 SEK (och eventuellt mer beroende på om det ska anläggas ett plan för byggnader längst ut). Sandstranden beräknas kosta mellan 2 000 000 SEK och 5 000 000 SEK (dyrare ju större strand). Observera att själva sandmaterialet troligtvis kan fås gratis från Lundåkraområdet där sanden strandfodringarna hämtas idag. Summan av pir och strand skulle därmed hamna på mellan 3 000 000 SEK och 10 000 000 SEK.

⁵ Statens geotekniska institut

Notera att kostnaderna avser själva konstruktionen av skydden och inte kostnader för dimensioner, planering, framtagning av ritningar osv. Kostnadsuppskattning har bara gjorts för de föreslagna skydden för dagens klimat då osäkerheterna är så stora för framtida klimatanpassningar att det inte skulle vara relevant att ta fram ett pris.

8 Konsekvenser av utbyggnad av Borstahusens hamn

Landskrona Stad planerar att bygga ut Borstahusens hamn då det väntas nya båtägare med nyexploateringen Norra Borstahusen. Det är därför av intresse att i denna utredning även undersöka hur en sådan utbyggnad påverkar den omgivande kusten med avseende på sedimenttransport. Landskrona Stad har en skiss på ett utbyggnadsförslag som visas i Figur 8-1 och vi utgår från det förslaget här. Utbyggnaden består av en ny pir söder om nuvarande hamnen, vilken har ungefär samma form som den norra piren. Med utbyggnaden blir hamnen ungefär dubbels så stor som dagens hamn utan att den behöver byggas längre ut i havet. Den nya hamnöppningen kommer vara belägen på något djupare vatten än dagens hamnöppning och den är också mer skyddad från sedimentation som i dagens hamn kommer in från syd.



Figur 8-1 Skiss på ett förslag till hamnutbyggnad.

Hamnar kan ha en stor betydelse för sedimenttransporten längs en kuststräcka, framför allt när det gäller den längsgående transporten parallellt med kusten. Beroende på hur långt ut i havet hamnen sticker ut kan den blockera den längsgående transporten helt eller delvis. Om det finns en nettotransport längs kusten kommer hamnen orsaka ackumulering av sediment uppströms hamnen och erosion på andra sidan. Vid Borstahusens hamn syns inte mycket av den effekten då nettotransporten längs kuststräckan är väldigt liten.

En hamn skyddar också de närliggande stränderna från vågor i vissa riktningar, såsom beskrivits i avsnitten 4.6 och 4.7. Detta är speciellt viktigt då hamnen sticker ut långt i havet i förhållande till hur långt ut från stranden den längsgående transporten sker, vilket också är fallet i Borstahusen. Stranden strax söder om hamnen läas för nordliga vågor vilket gör att transporten som leder bort sediment från hamnen mot syd är reducerad. Eftersom sedimenttransporten mot hamnen söderifrån inte påverkas av hamnen

kommer sediment att ackumulera i läzonen och sanden kommer att lägga sig så att strandlinjen så småningom blir vinkelrät mot riktningen av de förhärskande vågorna i området (ungefär från sydväst). Då sanden fångas in i läzonen kommer erosionen istället att öka utanför densamma eftersom det inte tillförs lika mycket sand här som det skulle gjort om kusten varit naturlig. Vid Borstahusens hamn kan man se betydelsen av den här effekten genom att sand ackumuleras framför allt på sydsidan av hamnen. Den lilla vågbrytaren som sticker ut från sydpiren har troligtvis förvärrat ackumulationen syd om hamnen och därmed även erosionen utanför läområdet.

Eftersom den långsgående sedimenttransporten är nära jämvikt i området fokuseras analysen av hamnutbyggnaden på ovanstående problem med läområden för vissa vågriktningar. Då den norra piren kommer vara oförändrad, och den södra piren inte förlängas längre ut i havet än nuvarande hamnpirar, kommer hamnens inverkan på vågklimatet strax norr om hamnen inte förändras. Därmed kommer inte ackumulation och erosion av sediment norr om hamnen att påverkas av hamnutbyggnaden.

Stranden söder om den utbyggda hamnen kommer framför allt att bli påverkad av hamnpirens placering, både längs kusten och utsträckning ut mot havet, samt pirens form och därmed formen hos läområdet. Effekterna blir följande:

- *Utökning av hamnens utbredning mot syd* – Den föreslagna hamnen kommer att breda ut sig längre mot söder vilket kommer att förflytta ackumulationsområdet vid pirarmen och erosionsområdet söder om läområdet söderut.
- *Utökning av hamnens utbredning mot havet* – Eftersom hamnens totala utbredning mot havet inte förändras kommer detta inte påverka hamnens läeffekt på omkringliggande stränder.
- *Ändrad form på läområdet söder om hamnen* – Formen på dagens läområde definieras av den södra piren och dess utstickande vågbrytare. Dessa strukturer skapar en bukt med stor ackumulation av sediment som följd. Det är troligt att den planerade nya södra pirarmen kommer att leda till mindre sandackumulation söder om hamnen.

Slutsatsen är att den föreslagna nya layouten på Borstahusens hamn är väldigt nära en optimal lösning med avseende på att minimera inverkan på sedimenttransport längs den intilliggande kuststräckan. Även med avseende på att minimera igensandning av inloppet till hamnen är utformningen bättre än dagens då inloppet flyttas till något djupare vatten.

Efter att hamnen har konstruerats kommer sand att ackumulera på de grunda områdena direkt syd om hamnen på ungefär samma sätt som sediment ackumulerats söder om dagens hamn. Sedimentationen kommer dock troligtvis bli något mindre i de yttre områdena än hur det ser ut idag eftersom den utstickande vågbrytaren försvinner i förslaget. Materialet som bygger upp det nya ackumulationsområdet kommer komma från den långsgående transportbudgeten söder om hamnen. Konsekvensen av det blir att hamnkonstruktionen initialt kommer leda till ett ökat erosionstryck på kuststräckan söder om läzonen. Denna erosion kan minskas till viss del genom att fylla upp det nya hörnet med sand som en del av konstruktionsarbetet. Hur mycket sand som fylls ut blir en balans mellan att inte fylla för mycket så att man ökar igensandningen av hamninloppet och inte för lite så att erosionen söder om läområdet blir för stor. En grov skiss på föreslagen sandfyllning visas i Figur 8-2. Den utfyllda stranden kan användas som en badstrand.

Man skulle också kunna svänga av den södra piren så att hörnet mot kustlinjen söder om hamnen blir rundat och därmed skulle hamnen täcka en del av läområdet, istället för att fylla upp allt med sand.



Figur 8-2 Skiss på föreslagen sandutfyllnad (gul) och den förväntade svallzonen (olivgrön) söder om den föreslagna hamnutbyggnaden.

Då hamnutbyggnaden planeras i detalj bör det tas hänsyn till dagens och framtida översvämningsrisker så att höjden på kajer blir tillräcklig. Vid ombyggnationen kan man även se över höjden på de befintliga kajerna och på hamnplan som redan idag blir översvämmade av höga vattennivåer i kombination med höga vågor. (se avsnitt 5.2).

9 Badvattenkvalitet

Det finns tre officiella badplatser i närheten av nyexploateringen Norra Borstahusen: Lill-Olas brygga, Campingplatsen och Piren. (Observera att badplatsen som heter Campingplatsen inte kommer att ligga vid campingen efter att nyexploateringen är genomförd.) Se Figur 9-1. Alla badplatserna är så kallad EU-bad eftersom de besöks av fler än 200 badare per dag under högsäsong. Campingplatsen och Lill-Olas brygga har dessutom Blå Flagg (en internationell miljömärkning som garanterar hög vattenkvalitet, säkerhet, service och miljö).

I enlighet med Badvattendirektivet (2006/7/EG) tas regelbundna vattenprover under badsäsongen som analyseras med avseende på de fekala indikatorbakterierna intestinala enterokocker (IE) och *E. coli*. Även förekomst av cyanobakterier (blågrönalger) noteras.

Utifrån provtagningarna har Campingplatsen och Lill-Olas brygga de senaste åren bedömts ha ”utmärkt kvalitet” och Piren har bedömts ha ”bra kvalitet”. Av de 329 proverna som tagits på de tre stränderna 2000–2012 har 47 stycken bedömts som tjänliga med anmärkning (14%), 7 stycken har bedömts som otjänliga (2%) och vid 13 provtagningar har det förekommit cyanobakterier (4%). Övriga prover har varit tjänliga (84%) och utan algförekomst (96%).

I enlighet med Badvattendirektivet har Badvattenprofiler upprättats för de tre baden och där anges potentiella föroreningskällor. Dessa är:

Lill-Olas brygga – Säbybäcken som mynnar söder om stranden och Wallabäcken som mynnar norr om strand. Båda bäckarna avvattnar åkermark.

Campingplatsen – Fågelspillning från fåglar som häckar på öarna som bildats kring de tre vågbrytarna utanför stranden.

Piren – Dagvattenledningar (en stor 1,4 km söder om stranden, en mellanstor inne i hamnen, en liten i strandens södra kant samt en mellanstor ca 150-200 m söder om hamnen). Den sistnämnda kan även avleda spillvatten vid nödbräddning.

Enligt grund- och dagvattenutredningen utförd av Ramböll (2012) kan även nödbräddning från spillvattennätet tillföras Säbybäcken i dagens läge. Även dagvatten från befintligt bostadsområde och från Campingvägen tillförs idag Säbybäcken.



Figur 9-1 Badplatserna i närheten av Borstahusen Norra. Dagvatten kommer att tillföras i Säbybäcken och eventuellt kommer två nya dagvattenutsläpp att anläggas över stranden vid nuvarande campingplatsen.

Dagvatten innehåller vanligen förhöjda halter av indikatorbakterier som kommer från djurspillning som hamnat på den avvattnade ytan (kommer från alla varmblodiga djur, t.ex. hundar, fåglar och råttor). Så fort bakterier hamnat i dagvattnet börjar de brytas ned och spädas ut. Nedbrytningen sker snabbare vid höga temperaturer, stark solinstrålning och höga salthalter. Vid starka strömmar och höga vågor sprids bakterierna snabbare och koncentrationerna sjunker hastigt. Beroende på väderförhållandena går strömmen längs kusten antingen söderut eller norrut. Vid kraftig vind med höga vågor uppstår även en ström som är vinkelrät mot stranden. Förhöjda bakteriekoncentrationer från dagvatten som når badstränderna är således kortvariga och inträffar efter regn. Nödvärning av spillvatten sker också enbart vid stora regnmängder.

Nyexploateringen kommer att leda till att ökade mängder dagvatten kommer att ledas ut i havet i närheten av de tre badplatserna. Enligt Landskrona Stad (BORSTAHUSEN_ALT2_110912.dwg) kommer det att tillkomma 167 200 m² hårdgjord yta inom Borstahusen Norra. Dagvattnet från större delen av dessa ytor (Ramböll, 2012) kommer troligtvis att avledas via fördröjningsmagasin och vidare ut i Säbybäcken. Avledningen och fördröjningsmagasinen kommer troligtvis att utformas med öppna lösningar, d.v.s. svackdiken och dammar. En mindre yta (ca 25% av den hårdgjorda ytan) föreslås avledas via fördröjningsmagasin direkt ut på stranden vid nuvarande campingplatsen. Se Figur 9-1.

I dagvattenvolym innebär de nya hårdgjorda ytorna att ca 75 000 m³ dagvatten per år kommer att tillföras Säbybäcken och ca 25 000 m³ dagvatten per år kommer att tillföras

havet direkt på stranden. Volymerna ovan är räknade på ett årligt regn på 600 mm och att allt regn som hamnar på de hårdgjorda ytorna blir till avrinning. Övriga ytor tillför i beräkningarna inget dagvatten.

Det finns en viss risk att detta nytillförda dagvatten skulle kunna höja bakteriekoncentrationerna på badstränderna vid ogynnsamma förhållanden (stora regnmängder med höga koncentrationer samtidigt med långsam omblandning i havet). Fördröjningsmagasinen kommer troligtvis ha en positiv inverkan på bakteriehalterna. Det har visats att dagvattenmagasin kan minska bakteriehalter till ca 1/10 av ingående halter (Ohlsson *et. al.*, 2011). Det är viktigt att magasinens volym är tillräckligt stor för att fördröja vattnet ett par dagar.

Eftersom det redan idag finns flera dagvattenutsläpp i närheten av badplatserna, och de trots detta håller en hög badvattenkvalitet, borde inte det ökade dagvattenflödet från Norra Borstahusen leda till en kraftigt försämrad badvattenkvalitet. Man bör dock ta med den nya dagvattentillförseln som potentiella föroreningskällor i badvattenprofilerna och kontrollera att badvattenkvaliteten inte långsiktigt förändras till det sämre efter att nyexploateringen genomförs. Vi kan även rekommendera att mäta bakteriehalter i utloppen i samband med regn efter att exploateringen är färdig för att bekräfta att inga felkopplingar av avloppsvatten existerar.

Vid konstruktion av piper/vågbrytare och placering av dagvattenutlopp bör man tänka på att dagvattnet inte släpps ut i vatten som är relativt stillastående, t.ex. i ett hörn mellan en pir och stranden.

När det gäller de eventuella nya avledningarna över stranden vid nuvarande campingplatsen bör man även ta hänsyn till att framkomligheten längs stranden och strandens estetiska intryck inte försämras.

De ordinarie badvattenprovtagningarna ”missar” ibland tillfällen av förhöjda bakteriehalter som kommer från dagvatten då dessa tillfällen är kortvariga (dagar). Ett sätt att snabbt informera badgästerna om risk för dålig badvattenkvalitet är att införa ett prognosystem där risken för föroreningar de närmaste dagarna beräknas genom att väga samman regnprognos och strömprognos. Prognosen kan presenteras på t.ex. Internet och som mobilapplikation. Detta system finns bl.a. i Halland (<http://hallandskusten.badvatten.se/>).

10 Slutsatser

Erosionen längs den aktuella kuststräckan beror av tvärgående sedimenttransport och om den inte stoppas kommer kustlinjen att flyttas en betydande sträcka inåt land. Den längsgående transporten är i princip i balans.

De sträckor längs kusten som är mest utsatt för erosion är sträcka 2 (utanför dagens golfbana), 4 (kring Säbybäckens mynning) och 7 (söder om Borstahusens hamn). De sträckor som har mest ekonomiska värden att skydda är sträcka 5-7 (Borstahusen och Norra Borstahusen) samt södra delen av sträcka 4 (Norra Borstahusen).

I dagens klimat är kuststräckan inte särskilt sårbar för översvämning från havet. Dock riskerar hamnområdet, området strax norr om hamnen, yttre delen av utfyllnadsområdet utanför dagens camping samt det låglänta området strax söder om Hildesborg att översvämmas vid extremt höga vattennivåer. Samma platser hotas av översvämning av det beräknade medelvattenståndet år 2100. Vid nivån för beräknat extremt högvatten år 2100 riskerar hela kuststräckan inklusive de befintliga fastigheterna i Borstahusen som ligger närmast havet att översvämmas.

Dagens kustskydd måste förbättras för dagens förhållanden för att sedan utökas för framtida förhållanden i takt med att förhållandena ändras för att skydda redan befintlig bebyggelse. Vi föreslår att sträcka 5-7 samt sträcka 4 söder om Säbybäcken skyddas med en strandskoning av tillräckliga dimensioner för dagens förhållanden. För framtida förhållanden bör denna skoning höjas till en vall med skoning på utsidan.

Vi rekommenderar dock att sträckan norr om Säbybäcken lämnas utan skydd för att erodera naturligt. Om så önskas kan strandskoningen som föreslås för sträckan söder om Säbybäcken byggas ut så att hela kuststräckan innefattas. Vid planering av campingens och golfbanans nya placeringar bör hänsyn tas till framtida kustlinjer och eventuella skyddsstrukturer.

För att öka rekreativvärdet föreslår vi att man kan anlägga en strandpark i anslutning till Borstahusen och Norra Borstahusen som en del av kustskyddet.

Vi ser ingen anledning att avråda från att bygga Norra Borstahusen utifrån ett erosions- och översvämningssperspektiv. Dock bör de föreslagna skydden konstrueras inom en snar framtid för att bevara kustlinjen utanför bebyggelsen och därmed indirekt skydda byggnaderna. I dagsläget är inte den planerade bebyggelsen hotad av erosion eller översvämning från havet men om kusten tillåts fortsätta erodera kommer byggnaderna till slut att vara hotade.

Den föreslagna nya layouten på Borstahusens hamn är väldigt nära en optimal lösning med avseende på att minimera inverkan på sedimenttransport längs den intilliggande kuststräckan. Även med avseende på att minimera igensandning av inloppet till hamnen är utformningen bättre än dagens då inloppet flyttas till något djupare vatten.

Även övriga delar av Landskronas kust borde utredas på liknande sätt, framför allt sträckan mellan Borstahusens hamn och Landskrona Stad.

11 Referenser

Badvattenprofiler för Lill-Olas brygga, Campingplatsen och Piren
(<http://badplatsen.smittskyddsinstitutet.se/>)

Badvattenprognos för Hallandskusten (<http://hallandskusten.badvatten.se/>)

Dean, R G (1977) *Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf Coast Ocean*. Engineering Report No. 12, University of Delaware, 45 pp.

DHI (1999) *The Øresund Link: The morphological impact hindcast and forecast for the constructed link*. Rapport för Øresundskonsortiet, oktober 1999

DHI (2010) *Rehabilitering af Bellevue strand*. Rapport för Gentofte Kommune, augusti 2010

DHI (2011) *Marine Climate Change Guidelines: How to obtain sustainable adaptation in marine areas*. Rapport september 2011

DHI (2012a) *Bølgeklima for 40 lokaliteter i danske farvande med vurdering af klimaeffekter for udvalgte lokaliteter*. Rapport för danska Kystdirektoratet, augusti 2012

DHI (2012b) *Översvämningsutredning Norra Borstahusen*. Rapport för Landskrona Stad, oktober 2012

Karlsson Green, M., och Martinsson S. (2010) *Översvämningsrisker och kusterosion i Landskrona stad – En övergripande studie med avseende på klimatförändringen*. Examensarbete, Teknisk Vattenresurslära, Lunds Tekniska Högskola

Lantmäteriet (2012) *Ny nationell höjdmodell*.
http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=18115 (besökt 2012-10-10)

NCC Construction Sverige AB (2012), Lars Norén [personlig kommunikation]

NIRAS (2012), Kim Boye [personlig kommunikation]

NSVA (2012) *Landskrona – havsnivåhöjning och ökad nederbörd p.g.a. klimatförändringen utredningsbehov, kunskapsunderlag och startegiförslag – inför planarbete och bygglovsgivning*. Rapport januari 2012.

Ohlsson, L., Karlsson, D., och Gustafsson L-G. (2011) *Tätorters inverkan på recipienters bakteriella status*. Svenskt Vatten Utveckling. Rapport Nr 2011-08.

Puls, Uwe (2012) Bortahusens segelsällskap [personlig kommunikation]

Ramböll (2012) *Norra Borstahusen grund- och dagvattenutredning*. Utredning, Malmö 2012-04-13

SGU (2012) *Geobilder*. Digitalt bildarkiv. <http://www.sgu.se/sgu/sv/produkter-tjanster/bildgalleri>

Short, A (2000) *Handbook on beach and shoreface morphodynamics*. John Wiley & Sons, 379 pp.

SMHI (2011) *Adventstormen gav extremt högt vattenstånd längs västkusten*.
<http://www.smhi.se/nyhetsarkiv/adventstormen-gav-extremt-hogt-vattenstand-langs-vastkusten-1.18897>

Sörensson, Tom (2012) Landskrona Stad [personlig kommunikation]

Appendix A – Metod för sedimenttransportberäkningar

För att ta reda på om det finns några gradienter i den längsgående transporten längs kusten, har transporten beräknas genom sju profiler (se Figur 6-1). Beräkningarna av sedimenttransport har gjorts med den numeriska modellen MIKE LITDRIFT som beräknar transporten genom en profil som är vinkelrät mot kusten. Som indata till modellen används djupen längs kustprofilen och vågförhållandena i den yttre änden av profilen. Genom att anta att kusten är rak och enhetlig beräknar modellen hur vågorna breder ut sig, transformeras och bryter längs med profilens längd. Modellen beräknar också hur vågtransformeringen ger upphov till nivåvariationer och kustparallella strömmar. Havsnivån i Öresund är också inkluderad i beräkningarna. Baserat på de beräknade vågorna och strömmarna beräknar modellen den resulterande sedimenttransporten parallellt med kustlinjen. Det är också möjligt att inkludera de storskaliga strömmarna i Öresund i modellen med detta har inte gjorts i det här fallet då dessa anses vara försumbara i jämförelse med de våginducerade strömmarna.

Indata

Som tidigare beskrivits i avsnitt 3 finns vågdata tillgängligt från DHIs vågmodell för Östersjön ut till Skagerak. Vågdata finns från perioden 1994–2012 och därför har sedimentberäkningarna utförts för samma period. De relevanta vågparametrarna har extraherats ur modellen i vardera änden av den aktuella kuststräckan. Havsnivådata finns tillgängligt från DHIs hydrodynamiska modell över samma område och tidsperiod.

Djupprofiler

Det finns ingen detaljerad information om bottendjupen nära kusten vid Borstahusen och djupprofilerna har därför konstruerats baserat på en kombination av batymetridata, observationer och empiriska samband för formen hos kustprofiler. Som visas i Figur A-1 har kustprofilen konstruerats i tre delar: plana lutande ytor för stranden ovanför medelvattenlinjen och utanför surfzonen samt en konkav profil däremellan. För att konstruera en sådan profil behövs information om var de olika zonerna ska delas och hur djupt det är i de punkterna.

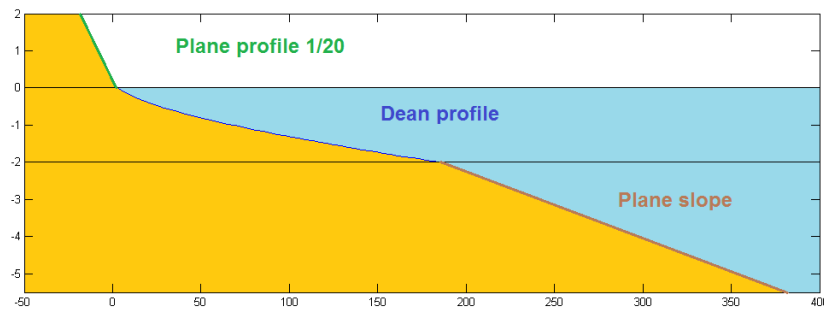
Djupet i den yttre änden av profilerna har fåtts från digitala sjökortsdata (C-map). Lokaliseringen av 2-metersdjuplinjen har antagits utifrån flygfoton i Google Earth. I Figur 6-1 syns att den inre delen av kusten är kraftigt påverkad av vågor och består därför av sand. Längre ut där vågorna har en mindre inverkan på botten får den en mörkare färg p.g.a. tång och sjögräs växer där. I en tidigare studie av en strand på den danska sidan av Öresund (DHI, 2010) uppskattades att gränsen mellan den sandiga botten och den bevuxna botten låg på ungefär 2 meters djup.

Den konkava delen av kustprofilen bestämdes utifrån uttrycket för en djupprofil i jämvikt som anges i Dean (1977) till:

$$h = -A^x,$$

där x är avståndet från medelstrandlinjen, h är bottennivån och A är en parameter som anger hur brant kustprofilen är. För varje profil bestämdes A utifrån avståndet till 2-metersdjuplinjen och Deanprofilen antogs därefter för bottendjupen in till medelstrandlinjen (Figur A-1). Längre ut beräknades bottendjupen så att botten lutade konstant från 2 m djup ut till profilens ände. Stranden ovan medelstrandlinjen antogs vara konstant lutande med lutningen 1/20. Detaljer för de sju profilerna beskrivs i Tabell A-1.

Ovanstående beräkning av kustens djupprofil är ganska grov och det finns ett antal faktorer som inte har tagits med i beräkningarna p.g.a. information saknas. Faktorer som försumrats är bl.a. förekomsten av längsgående revlar (vågformationer i sandbotten) och stenar och hårda bottenar som är tydligt observerbara på flygfoton. Även om dessa faktorer kan ha en signifikant betydelse för storleken hos den längsgående transporten så antas de ha en liten inverkan på de kvalitativa egenskaperna hos sedimenttransportmönstren i området.



Figur A-1 Skiss som visar hur djupprofilerna har konstruerats.

Tabell A-1 Beskrivning av parametrar som använts för att konstruera kustprofilerna. Vinkeln har använts för att ange vågornas inkommande riktning i beräkningarna av den längsgående sedimenttransporten.

Profil	Vinkel (grader från N)	Yttre djup (m)	Profilens längd (m)	Den yttre plana delens längd (m)	Längd hos Deanprofil (m)
1	253	5,5	400	275	100
2	231	5,4	740	460	250
3	270	3,7	800	370	420
4	275	3,3	770	360	380
5	259	4,0	680	400	250
6	270	4,8	740	480	230
7	257	4,2	820	600	180

Implementering av vågbrytare och stenskoningar

Flera konstruktioner i vid kusten som återfinns längs kuststräckan har en betydande inverkan på den längsgående sedimenttransporten (Borstahusens hamn, de tre friliggande vågbrytarna utanför nuvarande campingen och stenskoningar). Dessa effekter måste tas med i modellberäkningarna.

Borstahusens hamn påverkar sedimenttransporten på två sätt. Dels blockerar den den längsgående transporten som sker på ganska grunda djup och dels påverkar den vågkli-

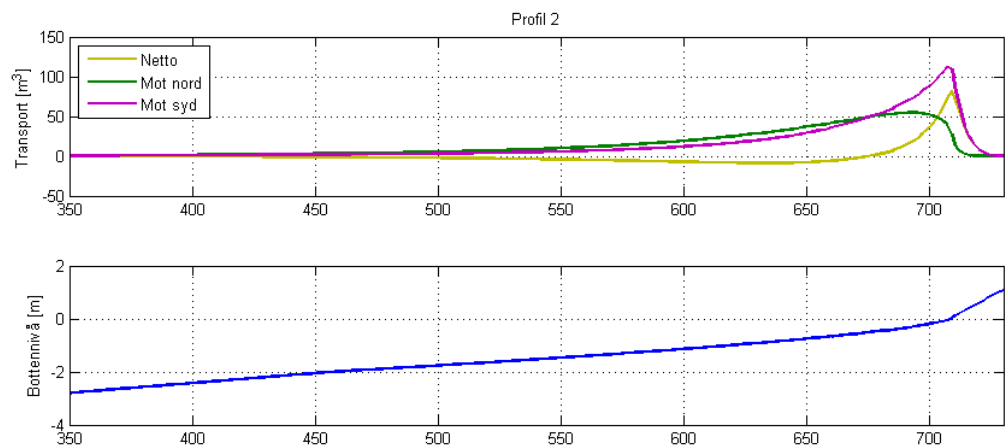
matet i dess närhet genom att skydda strandsträckan som befinner sig i lä. Blockeringen tas inte direkt med i modellen utan diskuteras i analysen av resultaten. Hamnens inverkan på vågmönstret måste däremot räknas in direkt i modellen. Kusten som ligger strax söder om hamnen skyddas från vågor som kommer från nordliga riktningar och därmed reduceras sydgående transport kraftigt söder om hamnen jämfört med om hamnen inte varit där. Omvänt skyddas kusten norr om hamnen från vågor från sydliga riktningar och därmed minskas den nordgående transporten här. Som beskrivits i avsnitt 4 gör denna effekt att sand ackumuleras i hörnen intill hamnen. Eftersom modellen LITDRIFT beskriver transporten längs en rak och enhetlig kust kan den inte direkt beräkna hur vågorna transformeras och sand ackumuleras i närheten av hamnen. Istället har det inkommande vågfältet modifierats för att avspegla hamnens effekt på detsamma.

Hamnen antas bara påverka profilerna 6 och 7 och därför har de inkommande vågorna bara modifierats för dessa två profiler. Orienteringen av hamnens pirar är ca 260° från norr. För profil 7 reduceras våghöjden för alla vågor som inkommer från riktningar $\geq 260^\circ$ och deras riktningar har satts till 260° för att representera diffraktion och refraction runt hamnpirarna. Minskningen av vågornas höjd har beräknats så att ju nordligare riktning vågorna inkommer från desto mer dämpas de. Samma procedur har använts för att modifiera de inkommande vågorna till profil 6, men då för vågor från sydliga riktningar ($\leq 260^\circ$). Ovanstående modifiering av inkommande vågor ger en relativt grov beskrivning av hur hamnen påverkar vågmönstret men erfarenheter från tidigare projekt utförda av DHI har visat att denna procedur medför tillförlitliga resultat.

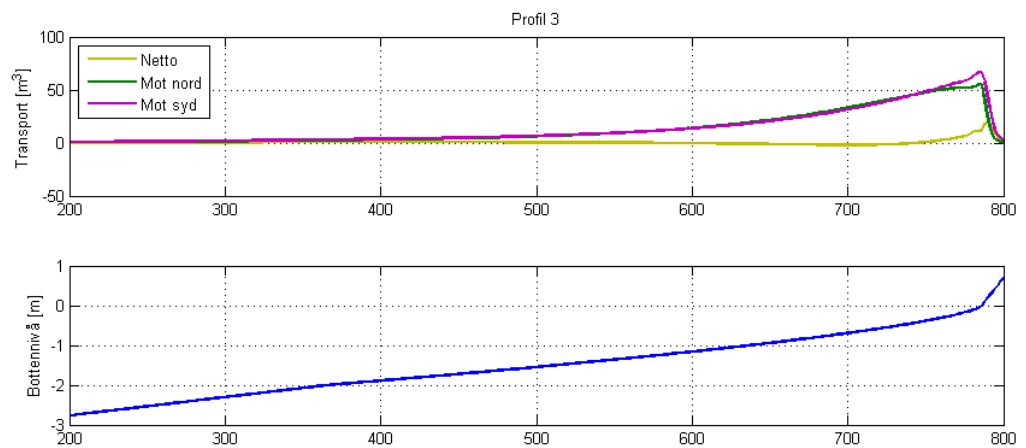
De friliggande vågbrytarna utanför nuvarande camping påverkar transporten genom profil 5 genom att stoppa vågorna på ett avstånd av ca 75 m från strandlinjen. I det grunda området innanför vågbrytarna finns det alltså i princip inga vågor och därmed är både strömmarna och sedimenttransporten kraftigt reducerade. Detta representeras i modellen genom att transporten är satt till noll på de innersta 75 metrarna av profilen utanför strandlinjen.

Stenskoningarna som finns längs flera sträckor av kusten har inte inkluderats i modellen eftersom deras effekt på den långsgående transporten bedöms som försumbar.

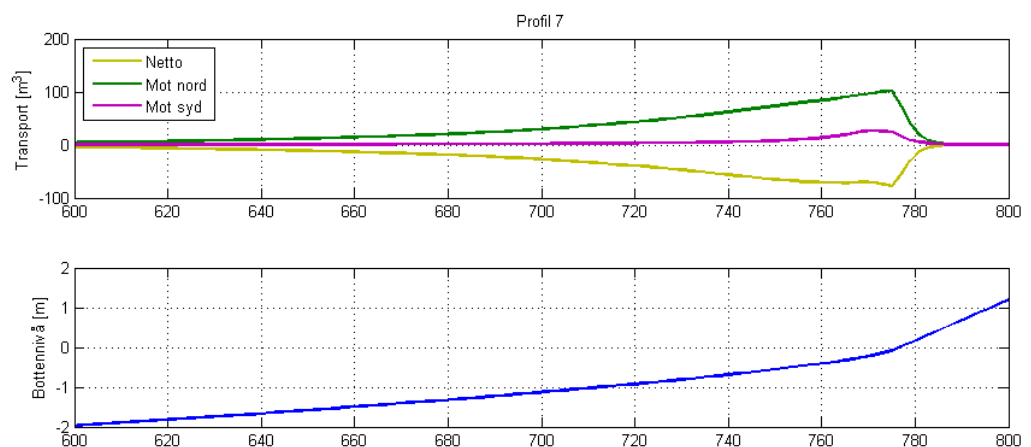
Appendix B – Resultat sedimenttransportberäkningar



Figur B-1 Sedimenttransport och bottenprofil längs profil 2.



Figur B-2 Sedimenttransport och bottenprofil längs profil 3.



Figur B-3 Sedimenttransport och bottenprofil längs profil 7.

Appendix C – Exempel på olika typer av kustskydd

Vallar

En vall är en struktur som skyddar lågt liggande kustland från att översvämmas av höga vattennivåer och överspolning av vågor. Normalt konstrueras vallar på land ovan kustlinjen och har därmed en strand mellan sig och vattnet. En vall består oftast av sand toppad med ett tunt jordlager och gräs. Vallar passar därför bäst på platser där det inte sker någon direkt vågpåverkan. Även en upphöjd vägbank längs kusten kan fungera som vall. Exempel på vallar visas i Figur C-1.

Strandskoningar

Strandskoning är ett samlingsnamn på olika typer av skydd som utförs parallellt med kuster och som främst ger skydd mot erosion från vågor. I engelskan skiljer man på *seawalls* (stödmur) som är relativt vertikala strukturer som ska skydda mot erosion och översvämningar och ska kunna tåla direkt vågpåverkan, och *revetments* (strandskoning) som konstruerats för att skydda en brant, foten av en klint, sanddyn, vall eller dyligt mot erosion. Stödmurar ska alltså skydda både mot vågerosion och översvämning, medan strandskoningar bara ska skydda mot vågor (men kan i sin tur skydda en bakomliggande struktur som skyddar mot översvämning). I svenskan använder man dock oftast begreppet strandskoning för båda typerna, vilket även gjorts i denna rapport.

Strandskoningar kan konstrueras av olika material som t.ex. sprängsten, natursten eller betong. Några olika typer av strandskoningar visas i Figur C-2 till Figur C-4.



Figur C-1 *Exempel på vallar som placerats ovanför en naturlig strandäng på ön Fehmern i Tyskland.*



Figur C-2 *Exempel på en strandskoning av sprängsten under konstruktion.*



Figur C-3 *Exempel på strandskoning av sten som skyddar foten av en strandvall på Lolland, Danmark.*



Figur C-4 *Försök med olika typer av strandskoning, Ystad (Bildkälla: SGUs bildarkiv/Daniel Esko).*