

*I dette holdningsstof udtrykker forfatteren sin personlige holdning om emnet.*

---

# Hård kystbeskyttelse truer kystens naturlige geologi og biologi



Kystbeskyttelsen af Nordsjælland er trukket i langdrag af flere årsager, ikke mindst uklarhed om forholdet mellem beskyttelse af mennesker/infrastruktur og beskyttelse af miljø. Illustration: Michael Rothenborg.

**Med udgangspunkt i de geologiske og biologiske forhold langs Sjællands Nordkyst beskriver fire eksperter her de specielle livsbetingelser, der knytter sig til den sandede havbund ud for vores åbne kyster. Samtidig anvises en måde, som både kan tilgodese behovet for kystsikring langs Nordkysten og det liv, der udfolder sig uden for denne.**



**Troels Aagaard**

Professor ved Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN), Kbh.s Universitet (KU).



**Ebbe Kannevorff**

Pensioneret marinbiolog fra KU;



**Michael Olesen**

Lektor emeritus, Biologisk Institut, KU



**Per Sørensen**

Kystteknisk chef ved Kystdirektoratet (KDI), [Kystdirektoratet](#)

Synspunkt 19. maj kl. 05:00

*I dette Synspunkt vil vi redegøre for "den nøgne" sandbunds geologiske og økologiske værdi. På trods af, at det er en bundtype, der i areal dominerer ud for vores åbne og eksponerede kyster, bliver vi sjældent fortalt om de særlige naturkvaliteter, som sandbunden besidder. Vi hører til stadighed om stenbundens fortræffeligheder, selv om denne spiller en betydelig mindre økologisk rolle end sandbunden for de danske havområder. Ligeledes bliver den ålegræsdekke sandbund, helt berettiget, ofte fremhævet for sin betydning for livet i havet, men ålegræs hører (eller hørte) til langs vores mere beskyttede kyststrækninger. Her handler det til gengæld om den sandbund, der enten er for bølgepåvirket, eller ligger for dybt til, at ålegræs kan vokse der.*

*Den tætbebyggede sjællandske nordkyst står over for et stadig stigende pres fra havet som følge af klimaforandringer, hvorfor et behov for øget kystbeskyttelse trænger sig på. Men som det bliver påvist, har den eksisterende hårde kystsikring med skræntforseglinger og stensætninger, haft en negativ virkning på havmiljøet og indskrænket selve kystens rekreative værdi. For at hindre en fortsat forarmelse af kystlivet er det nødvendigt at finde en måde at beskytte kysten på, så også leveforholdene for det oprindelige liv på sandbunden bliver tilgodeset. Det er derfor, at vi med udgangspunkt i forholdene ud for Sjællands Nordkyst, vil redegøre for de dynamikker, der gør sig gældende på en fra naturens hånd åben og eksponeret kyststrækning.*

*Der berettes om hvordan sandet er vandret fra vest mod øst, hvor det har lagt sig på store sandflader i det nordlige Øresund øst for Gilleleje. Kilden til denne sandvandring er blevet kraftigt afskåret bl.a. som følge af den "forsegling" af kysten, som vi i kystbeskyttelsens navn har bedrevet de seneste 100 år. Samtidig er der sket en gradvis frilæggelse af istidens stenede og lerede morænebund vest for Gilleleje. Denne resulterende fordybelse har yderligere øget kystens sårbarhed over for kraftige nordvestlige storme.*

*Den vidt udstrakte sandbund ud for Sjællands Nordkyst, der var kendt som vuggen for Kattegats store bestand af fladfisk, er i dag kraftig decimeret. Vi beretter om det righoldige liv der holder til på den "nøgne" sandbund, og viser hvorfor den til trods for sin undseelighed udgør et langt mere produktivt økosystem end den stenede bund.*

*Et Columbus æg der skal sikre kysten, genskabe strandene og genoprette de kystnære livsbetingelser, vil være at tilbageføre det sand der har lagt sig i det nordlige Øresund. Men det kræver at vi nuancerer vores generelle modvilje mod sandindvinding. Hvis vi foretager en skånsom indvinding i forhold til det liv, der har indfundet sig på de steder, hvor sandet gennem*

*tiderne har lagt sig, vil vi samlet set få et betydeligt mere økologisk sundt og levende hav.*

## **Et uvurderligt økologisk system**

Den sandede bund ud for Sjællands Nordkyst udgør et uvurderligt økologisk system med en umådelig produktivitet. Området er opvækstområde for ynglen af en stor del af havets kommercielt befiskede fladfiskearter. De fysiske forhold på det lave vand afviger stærkt fra forholdene i havet i øvrigt. Det skyldes dels de særegne geologiske forhold, og dels de store årstidsvariationer i temperatur og lysforhold. Kombinationen af disse fysiske betingelser skaber forudsætningen for det forunderlige men rige liv der udfolder sig i det lave kystvand. På og i sandbunden lever alle former for mikroalger og smådyr (krebsdyr, muslinger, snegle, børsteorme, pighuder, polyptydier m.fl.). Heldigvis er reproduktionen hos de mindste anseelig, da de i stor stil ædes af talrige andre lidt større hvirvelløse dyr samt småfisk. Videre i fødekæden er en stor del af de fisk og pattedyr vi kender fra havet. Så på trods af sin biologiske undseelighed, spiller sandbunden ud for vores åbne kyster en afgørende økologiske rolle for livet i havet.

Evidens for tidligere tiders sandflugtskatastrofer, suppleret med gamle fotooptagelser, viser, at strandenes og havbundens sandressourcer førhen var af ganske betragteligt omfang. Disse ressourcer er igennem de sidste ca. 100 år blevet udsultet. Dels ved havnebyggerier, som har afbrudt kystens sandtransportbånd, og dels ved hård kystsikring langs klinterne, som har reduceret tilførslen af nyt materiale. Revler og strandbredder opbygget af sand – eller grus – fungerer som en naturlig kystsikring idet bølgerne her løber deres energi af. De menneskelige indgreb har derfor reduceret kysternes naturlige resistens og truer også havbundens økologiske system.

## **Hvordan er Nordkysten dannet?**

Den sjællandske nordkyst er dannet af morænebakker, som blev er blevet afsat af gletsjerne under den sidste istid. Bølgerne har igennem de forløbne 6000 år (siden Stenalderhavets tid, også kaldet Littorinatiden) angrebet og eroderet de fremspringende morænepartier og aflejret de frigjorte materialer i de mellemliggende bugter i takt med at landskabet gradvist hævede sig. Nordkysten fremstår derfor hovedsageligt med stejle klintpartier, afbrudt af kortere strækninger med strandvoldssletter, som for eksempel ses i Tisvilde Højn øst for Råøleie og ved

som for eksempel ved Rindø og Høgh, det for Rugeleje og ved Villingebæk.

## Den geologiske dynamik

Strandbredden foran klinerne udgøres af vekslende aflejringer af sand, grus og sten – afhængigt af bølgeenergien og mængden af løse materialer. Havbunden er udformet som abrasionsflak, som er dannet ved, at havet har høvlet de løse materialer væk, og den består af sammenkittet moræneler og ansamlinger af sten.

Abrasionsflakkene er derfor erosionsrester, som markerer de steder, hvor kysten er eroderet og rykket tilbage siden Littorinatid. Ovenpå abrasionsflakkene kan der ligge tynde lag af sand eller grus, og i den kystnære zone (det indre strandplan) er mængden af de løse materialer nogen steder tilstrækkelig til, at der er dannet sandrevler langs med kystlinjen.

Artiklen fortsætter efter annoncen

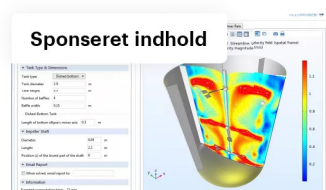
Sjællands nordkyst påvirkes hovedsageligt af bølger fra vestlige og nordvestlige retninger. Når bølgerne bryder tæt ved land dannes en kystparallel bølgestrøm, som kan opnå hastigheder på 1 meter/sekund, eller mere. Strømmen fragter sand langs kysten fra vest mod øst og denne transport af løse sedimenter kan sammenlignes med et transportbånd hvor sandmængden stiger jævnt fra nul ved Spodsbjerg til omkring 25.000 kubikmeter/år ved Gilleleje, hvorefter den så aftager til cirka 15.000-20.000 kubikmeter/år ved Hornbæk. Før anlæggelsen og udvidelserne af havnene i Gilleleje og Hornbæk blev sandet ført videre ned mod Helsingør og aflejret på hhv. Lappegrund og Disken, men nu om dage bremser havnemolerne materialevandringen.

De løse materialer på strand og havbund kommer fra erosion af kystklinerne. Nu om dage er landhævningen siden istiden mindsket, samtidigt med at det globale havspejl stiger. Det betyder, at det relative havspejl langs Nordkysten over de sidste ca. 130 år er steget med ca. 0.4 mm/år, men med en stigende tendens, således at der siden 1960 har været en havniveaustigning på ca. 1.6 mm/år. Og det har sat landskabet under øget erosionspres. Erosionen, og dermed frigivelsen af løse sedimenter til vedligeholdelse af strandene, er dog i omfattende grad blevet forhindret af etableringen af hård kystbeskyttelse gennem de sidste 100 år, og på strækninger med skråningsbeskyttelse er der ofte ingen strandbred tilbage. Sandflugtsdiger ved Dronningmølle og i Hornbæk Plantage, de forladte landsbyer ved Torup og Ræveleje, samt rester af klitter ved foden af Gilbjerg Hoved vidner om, at der tidligere må have eksisteret brede strande. Men i takt med at huse

blev bygget tæt ved kystlinjen blev kystsikring nødvendig for at forhindre, at ejendommene forsvandt i havet.

Det sand, der er nødvendigt for at vedligeholde Nordkystens strande, kommer altovervejende fra områder uden hård kystsikring, f.eks. området mellem Liseleje og Tisvilde, samt, indtil fornylig, Heatherhill vest for Rågeleje. Materialet frigøres i forbindelse med stormsituationer (kaldet 'akut erosion'). I forbindelse med stormen Bodil i december 2013 blev der frigjort ca. 43.000 kubikmeter sand og grus fra klinten ved Heatherhill, og klintfoden rykkede 5 meter tilbage, hvilket var en faktor 10 større end den årlige ('kroniske') erosionsrate. Og Heatherhill er nu blevet beskyttet med bølgebrydere, hvilket yderligere vil reducere tilførslen af løse materialer til kystzonen.

Ud over transport af sand (og i mindre omfang grus) langs med kysten foregår også en materialetransport vinkelret på kysten. Under brydende stormbølger dannes stærke strømme på tværs af kysten. De fragter sand fra klinten og strandbred ud på strandplanet, hvor revlerne bygges op og vandrer søværts. Under efterfølgende rolige forhold fører bølgerne langsomt sandet tilbage mod kysten og genopbygger strandbredden - hvis der er tilstrækkeligt sand til stede.



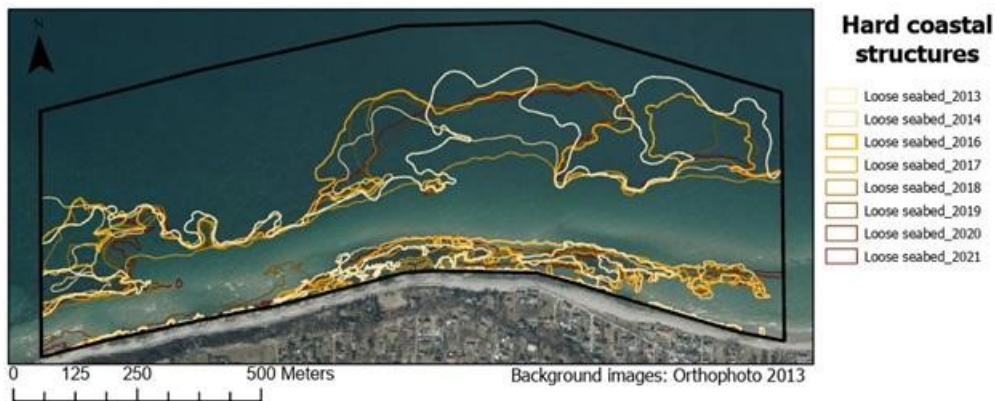
## **Briefing: Topologi-optimering. Få bedre produkter med digital optimering**

Et eksempel på denne dynamik er vist i Figur 1, hvor satellitfotos fra før og efter stormen Bodil viser den væsentlige erosion af kystklinten ved Heatherhill. To sandrevler ses tydeligt som markante, lyse bånd parallelt med kysten, mens mørke områder repræsenterer abrasionsflakkets faste bund med enten moræneler, eller sten, og evt. tang. Stormen tilsandede truget mellem første revle og kystlinjen, imens truget mellem første og anden revle blev blæst fri for sand. Den ydre revle blev forstærket, og vandrede ca. 35 m søværts. Disse observationer illustrerer dels hvor svært det kan være at forudsige, hvordan bundtypen lokalt ændres under storm, dels at en frigivelse af sand fra kysten ikke nødvendigvis medfører en tilsanding af strandplanet. I dette tilfælde snarere tværtimod.



Figur 1. Google Earth billeder som viser kystændringer ved Heatherhill før (7. juli 2013) og efter (4. april 2014) stormen Bodil i december 2013. Illustration: Google Earth.

For at afdække langtidsændringerne i strandplanets bundtype (sand/hård bund) er en undersøgelse i gang på strækninger både med og uden hård kystsikring, samt på en strækning hvor der hvert år er blevet strandfodret. Analyser af satellitfotos viser, at bundtypen lokalt varierer væsentligt fra år til år. På op til 35% af strandplanets areal sker der årlige skift i bundtypen. Figur 2 viser foreløbige resultater fra en strækning omkring Gilbjerg Hoved, hvor der er omfattende hård kystbeskyttelse.



Figur 2. Kortlægning af områder med sandbund ved Gilbjerg Hoved 2013-2021. Analyse og kort af specialestuderende Laura Strøm Magner. Illustration: Laura Strøm Magner, IGN, KU..

Figuren viser store ændringer i bundtypen både i truget mellem revlen og kystlinjen, og også i området udenfor revlen. Områdets procentvise sanddække har en faldende tendens i perioden, men tendensen er dog ikke statistisk signifikant. Ved Tisvildeleje, som ligger i den nedstrøms ende af en næsten 7 km lang strækning uden hård kystbeskyttelse, er der derimod en tendens til et øget sanddække på havbunden.

## Kystbeskyttelsen på Nordkysten

Udsigt til havet betød meget da sommerhusene begyndte at blive bygget og derfor var det attraktivt at anlægge husene i første række oppe på skrænten. Den naturlige kysterrosion blev derfor hurtigt et problem i grundejernes øjne og man begyndte at lave hård

kystbeskyttelse for ca. 100 år siden. Der blev bygget hofdere (ca. 470 stk.), anlagt skråningsbeskyttelse (ca. 340 stk.) og senere også bølgebrydere (ca. 185 stk.). Figur 3 viser hvordan den hårde skråningsbeskyttelse dækker 2/3 af den samlede kyststrækning langs nordkysten.



Figur 3- Hård skråningsbeskyttelse på Sjællands Nordkyst. Illustration: Københavns Universitet.

Når kystskrænterne forhindres i at tilføre sediment til bølgernes transportbånd langs kysten, ændres de økologiske betingelser ved, at sedimenterne på stranden og havbunden bliver grovere, efterhånden som det finere sand bliver ført østpå. Kun ca. en tredjedel af kyststrækningens længde refterer til at sikre den frie naturlige sedimentdynamik. Ud over den ændrede sedimentsammensætning, betyder det manglende sand at det aktive kystprofil forstejles, hvorved bølgeenergien på strandbredden øges, og det fine sediment derfor fjernes. Sammenlignes billeder af stranden nu og for 50-100 år siden, ses det tydeligt mange steder, at stranden er blevet mere stenet.

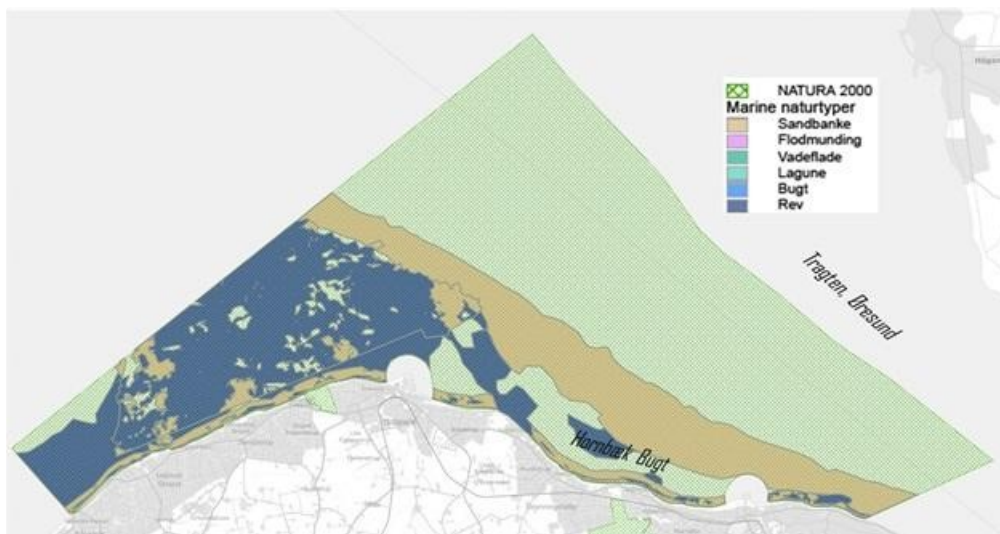
Et fremtidigt klima med havniveaustigninger og flere storme vil forstærke udviklingen med grovere og grovere sedimenter, fordi erosionen accelereres og kysten er forsejlet med de anlagte skråningsbeskyttelser, som forhindrer kystlinien i at rykke tilbage. Kystprofilet vil derfor blive yderligere forstejlet og medvirke til forværringen af de oprindelige økologiske forhold.

## **Bundtyper og livsbetingelser i kystzonen.**

Erosion har, som beskrevet, hævlet løse materialer væk fra havbunden ud for den sjællandske nordkyst, hvor de med strømmen er ført mod øst. Det har efterladt havbunden vest for



Gilleleje, som nær bund, det såkaldte abrasionsflak, og øst for Gilleleje, som sandbund, hvor mængden af deponeret sand vokser mod Helsingør. Udenfor den kystnære revlezone er det kun på denne del af kyststrækningen, at der i dag findes store sammenhængende sandflader (se Figur 4)



Figur 4. Det godt 150 km<sup>2</sup> store Natura 2000 område ud for Sjællands Nordkyst (Gilleleje Flak og Tragten), hvor også de beskyttede naturtyper er vist med sand i øst og stenede bundtyper i vest. Illustration: Københavns Universitet.

Nordkysten har siden stenalderhavet været under tilbagerykning med en hastighed, der var bestemt af vejrtyperne i de forskellige tidsperioder. Her kan fremhæves den såkaldte lille istid, 1500 til 1700-tallet, med kraftige storme, hvor særlig store mængder materiale må være tilført kysten fra erosion af de store klinter. Perioden var præget af sandflugt, der plagede alle kystlandskaberne. Eksempler er Halsnæs, Liseleje-Tisvildeleje, Heatherhill, og Hornbæk Plantage, hvor sandaflejringer ses i alle klinternes kysthorisonter og i klitdannelse. Som tidligere nævnt må man antage, at sandbund tidligere har haft en betydelig større udstrækning, svarende til forholdene i Hornbæk Bugt i dag.

Kystsikring har, som beskrevet, standset tilførslen af materiale fra land, og den Natura 2000 beskyttede sandbanke og de sedimentrige kyster mod Helsingør (Figur 4) forventes at forsvinde på længere sigt. Det samme gælder de revler langs kysten, som er tilbage.

## Den hårde bund

Bundmaterialet på den hårde bund er karakteriseret som stenrev (Figur 4), men måske bedre beskrevet som stenstrøninger af større og mindre sten og ind i mellem partier med fast morænelerbund. Stenene på det lidt dybere vand er ofte helt og tæt dækket af

rødalger og mindre trådede algeformer. Helt ind til kystlinjen ses store brunalger fastvokset på stenene med hæfteskiver. Tættest ved kysten dominerer alm. blæretang, der tåler tørlægning. Algen savtang kan ses fra 1 til 5 m's dybde, hvor den danner særlig tætte bestande. At store alger synes at være blevet mere almindelige, ses på det store opskyl på strandene, som f.eks. efter stormen Malik i januar og på stenrev på det helt lave vand, hvor selv fodboldstore sten er bragt ind af en stor alge hæftet til stenen som drivanker.

De store brunalger efterstræbes kun i begrænset omfang af planteædere. Den manglende omsætning skyldes en kompleks kulhydratsammensætning, et højt kulstofindhold og et lavt indhold af protein. Algerne kan blive 4-5 år gamle, og slides med alderen af vandbevægelsen og begros af mindre epifytformer og fastsiddende dyr som mosdyr, rurer, kalkrørsorme og hydroider. Algerne giver skjul for frit svømmende organismer, bl.a. krebsdyrarter, som tanglopper og tanglus, der fouragerer på epifytterne.

Den faste morænebund har fået stigende udbredelse på abrasionsflakket, mellem sandrevlerne, og på det helt lave vand. Bundtypen består ofte af rent ler stammende fra istiden uden nævneværdig plantevækst og med få boremuslinger i leret. På indersiden af sandrevlerne ses om sommeren en ofte tæt opvækst af enårig strengtang, der hæfter til små sten og skaller. Strengene er dækket af trådtynde epifytter, som bl.a. tjener til føde for tanglus. Derimod forekommer ålegræs kun meget lidt langs nordkysten pga. bølgeeksponeringen.

## **Sandbunden**

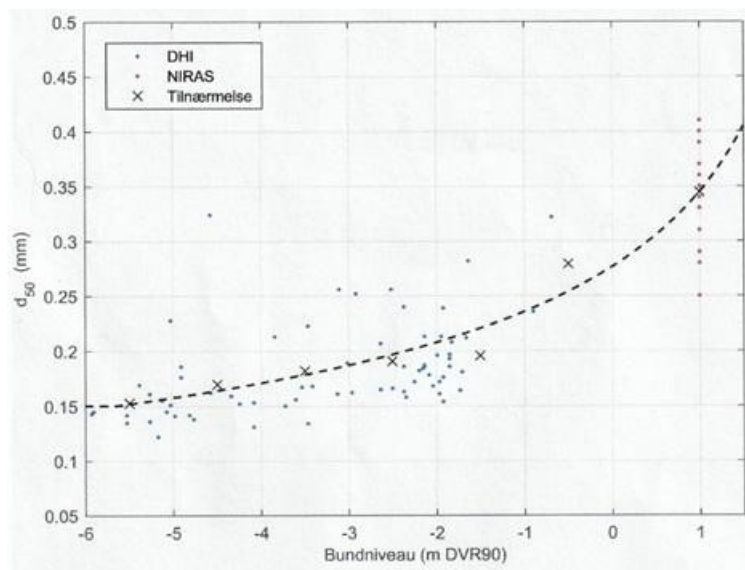
Den sandede bund ved Sjællands Nordkyst repræsenterer to generelle habitattyper, nemlig sandrevlerne tæt på kysten og sandfladerne på det lidt dybere vand.

### Sandrevlen

Før kystsikringen, eroderede vinterens stormbølger klinterne og tilførte havet store mængder materialer. Bølgestrømme fordelte de løse sedimenter langs kysten, hvor de blev udsat for kraftig mekanisk behandling og sortering. Slutresultatet er revler af velsorteret sand, som i foråret vandrer ind på strandplanet.

I forbindelse med de tre nordkystkommuners fælles projekt "Nordkystens Fremtid" er sandets kornstørrelsesfordeling fra Hundested til Helsingør blevet undersøgt ud til ca. 5 m's dybde.

Densitetsberegningerne viser, at sandet i gennemsnit er kvartssand. Resultatet viste forbavsende ensartede forhold (Figur 5) med kornstørrelse på omkring 0,200 mm tæt på kysten og kornstørrelse på omkring 0,150 mm i 5 m's dybde.



Figur 5. Sammenhæng mellem sedimentets middelkornstørrelse og bundniveau i forhold til havoverfladen. Illustration: Dansk Hydraulisk Institut. Illustration: Dansk Hydraulisk Institut.

Pakning af velsorteret sand giver et stort hulrumsvolumen (ca. 40 %), der sammen med et lavt siltindhold (0-3 %) betyder, at trykændringer forårsaget af bølger kan bringe iltet vand ned i sedimentet, hvad der tillader liv uden særskilt forbindelse til bundoverfladen.

En særlig tilpasning til dette sandregime ses både hos primærproducenter og sekundærproducenter. Mikroalgerne (Figur 6) er på denne bund små, mindre end 10  $\mu\text{m}$  og fastkittet til de glasklare kvartssandkorn, hvor de sidder i fordybninger og sprækker, beskyttet, når sandet er i bevægelse. Stofproduktion foregår, når sandet fragtes langs bunden. Mikroalgerne kan ligge længe i sedimentet og være klar til fotosyntese, når de igen kommer op i lyset.

En nøgleorganisme på den lave bølgepåvirkede sandbund er den millimeter store tangloppe *Bathyporeia* (har ikke noget dansk navn), der kan forekomme i antal på over 60.000 pr.  $\text{m}^2$ . Den findes i velsorteret sandbund, hvor mediankornstørrelsen er mellem 0,150 og 0,220 mm. *Bathyporeia* lever af de små benthiske mikroalger, som de afrasper fra sandkornene med deres specialiserede mejselformede munddele. Arten lever nedgravet i den iltede del af bunden ofte ned til 10 cm's dybde. Den har en natlig sværmeadfærd tæt over bunden, hvor den bliver tilgængelig

som føde for fisk. Livscyklus er tilpasset revlens vandring til det lave vand om sommeren, hvor høje temperaturer tillader arten en hurtig generationsfølge, og til det dybe vand om vinteren, hvor overvintring kan ske beskyttet mod det lave vands lave vintertemperaturer.

Sandrevlernes relative høje produktivitet af små krebsdyr betinger fødegrundlaget for fladfisk i deres første bundstadier. Af pelagiske krebsdyr, der optræder i særligt højt tal i stimer over sandbunden, er gruppen mysider (pungrejer). Større fødeemner for større fisk, som fouragerer på det lave vand om natten, er hesterejer, kutlinger og tobis, der også kaldes sandgrævlingen, fordi den kan ligge nedgravet i sandbunden.

Når sandkysten med revler forsvinder og erstattes af grove løse sedimenter og sten med store alger, får vi en kysttype, der ikke længere har den nøglerolle i havet, som den sandede bund har udfør Nordsjællands bølgeeksponerede kyst.

### Sandfladen

Også sandbunden på den lidt dybere og mindre bølgepåvirkede flade, udgør et vigtigt bentisk økosystem. Dette hænger sammen med at vi her finder ideelle økologiske betingelser for de fødeorganismer mindre og store fisk lever af. Den lyspåvirkede sandbund i 5-20 m's dybde giver ophav til myriader af mikroskopiske alger der holder til på bunden i det lave vand – de såkaldte mikrobentiske alger (Figur 6).



Figur 6. Skitse af forskellige former for mikrobentiske alger på og mellem sandkorn (vist som blå afgrænsninger). Illustration: Københavns Universitet. Illustration: Københavns Universitet.

Figur 6. Skitse af forskellige former for mikrobentiske alger på og mellem sandkorn (vist som blå afgrænsninger).

Den mikrobentiske primærproduktion på den sandede bund udgør grundlaget for mest af det liv, der udfolder sig her. Ud over lyset, spiller også hydrodynamikken en afgørende rolle for mikroalgernes vækstvilkår. Optimale vækstvilkår forudsætter en behersket strøm og bølgepåvirkning, der sikrer stabil lys- og næringsadgang. Den mikrobentiske primærproduktion er størst, hvor der ikke sker en vedvarende ophvirvling fra bunden eller sedimentaflejring. De fleste bentiske mikroalger er mobile, og vil således kunne positionere sig optimalt i forhold til lys og næringsalte. En stabil sandbund sikrer desuden at næringsalte sjældent begrænser mikroalgernes vækst. På en almindelig sommerdag kan klorofylkoncentrationen på en sandbund i 10 meters dybde snildt ligge på mellem 100-300 mg Chl/m<sup>2</sup>. Til sammenligning vil planktonalgerne på den tid af året forekomme i en koncentration på omkring 20 mg Chl pr m<sup>2</sup> i den overliggende vandsøjle.

Også på de lyspåvirkede faste overflader som sten sker der en opvækst af mikroalger. Disse opnår dog sjældent en lige så høj produktion pr arealenhed som på den sandede bund. Dette skyldes at de hårde overflader nemmere lader sig "afgræsse" af snegle, søpindsvin m.fl. i kombination med den skyggeeffekt som anden begroning i form af bl.a. makroalger giver anledning til.

De bentiske mikroalger udgør hovednæringskilden for infaunaen på den sandede lyspåvirkede og moderat strømpåvirkede bund. De mindste flercellede dyr udgøres af den såkaldte meiofauna (< 1 mm) der kryber rundt mellem sandkornene og æder mikroorganismer (Figur 7).



Figur 7. Skitsetegning af sandbundens meiofauna der tæller mange forskellige slags dyr i form af både voksne og larvestadier. Pga. størrelsen er de ikke i stand til at flytte rundt på sandkornene og er derfor henvist til at leve mellem de eksisterende hulrum. Illustration: Danmarks Natur.

Sandkornene på sandfladerne er knap så velsorteret som på sandrevlerne, og dækker sædvanligvis også over et større størrelsesspektrum (50 og 300  $\mu\text{m}$ ). Sandfladens bund besidder typisk et porevolumen på mellem 20-30%, som tillader både meiofaunaen og vand at kunne bevæge sig relativt ubesværet (Figur 7).

De større dyr der lever nedgravet i sandet - den såkaldte makroinfauna ( $> 1 \text{ mm}$ ) – tælles primært af muslinger, børsteorme, krebsdyr, snegle, søpindsvin, slangestjerner samt disse dyrs forskellige larvestadier (Figur 8). Det righoldige smådyrsliv indgår videre i fødekæden til opvækst af fisk og større krebsdyr.



Figur 8. Skitsetegning af sandfladens større dyreliv, hvor alm. sandmusling (ø.v.tv.) og alm. østersømusling (mid.tv.) og sandorm (ned.th) er vist særskilt. Illustration: Øresundvandsamarbejdet. Illustration: Øresundvandsamarbejdet.

Uden de lavvandede sandede habitater vil bundlevende fisk som rødspætter og torsk ikke kunne forekomme så talrigt som tilfældet er (eller kunne være) i de danske farvande.

En god produktiv sandbund på dybder ud til 10-20 m forudsætter således en række geologiske egenskaber, herunder en god til moderat sorteringsgrad og at sandkornene ligger i spektret 50 til 300  $\mu\text{m}$ . Dette har gjort og gør sig delvist stadig gældende langs den sjællandske nordkyst.

## Hvad kan der gøres for at få mere naturlig dynamik og biodiversitet

Når sandkysten med dens revler forsvinder og erstattes af grove løse sedimente, og sten begroet med store alger, vil vi ikke længere have den økologisk værdifulde kysttype, som ellers har domineret

udfor Nordsjællands bølgeeksponerede kyst.

Hvis det ønskes at genskabe den naturlige biodiversitet, som i dag er negativt påvirket af den hårde kystbeskyttelse, og samtidig bibeholde eller øge sikkerheden for huse og infrastruktur, er der heldigvis håb forude. Det grundlæggende problem er, at der er et underskud af sediment (sand og grus).

Hvis sand og grus tilbageføres i tilstrækkelige mængder, og der sker en regelmæssig vedligeholdelse, vil den naturlige biodiversitet tilnærmelsesvis kunne genskabes. Det vil være naturligt at hente det nødvendige sand på de steder hvortil det er blevet transporteret af bølger og strømme, dvs. vest for Hornbæk Havn, samt på Lappegrunden og Disken. En udvinding her vil betyde en genbrug af sedimentet. Sedimentet kan også hentes i et udpeget indvindingsområde til havs. Men herved genbruges sedimentet ikke.

Sandfodringen kan forene mange hensyn, i form af naturgenopretning, kystsikring og rekreative hensyn. Det biologisk set mest skånsomme er sandfodring, der "kopierer" den tidligere naturlige tilførsel til kysten:

- der sandfodres om vinteren,
- der fodres 8-10 steder ud for de tidligere erosionsudsatte klinter (sandmotormetoden, hvor sandet fyldes på kystens naturlige transportbånd),
- den fodrede mængde og metode sigter mod en langsom kystopbygning, hvor dyre- og plantelivet kan følge med kystens fremrykning, og
- der fodres med et materiale, der svarer til sandets naturlige og oprindelige sammensætning.

Ideelt set kan der skabes et lukket kredsløb med det rigtige sand, hvis sandet hentes på de lokaliteter, hvor det mere vedvarende er aflejret.