



PENSUM FOR LÆRERE

REDIGERET AF
THEODOROS KEVREKIDIS
PARASKEVI MALEA



Co-funded by
the European Union





SEAQUEST PENSUM FOR LÆRERE

REDIGERET AF

THEODOROS KEVREKIDIS
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

PARASKEVI MALEA
ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI

ALEXANDROUPOLIS, GRÆKENLAND 2025

COVER PHOTO

Cymodocea nodosa meadow in the Pagasetic Gulf, Northern Aegean Sea, Greece
(photo credit Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)

REDIGERET AF

THEODOROS KEVREKIDIS
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

PARASKEVI MALEA
ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI

DESIGNET AF

ADRIA FESSA
ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI

Citation

Kevrekidis T. and P. Malea (eds.). 2025. SEAQUEST Curriculum for Teachers. “SEAQUEST” Erasmus+ project, 2024-1-EL01-KA220-SCH-000244654.





SEAQUEST PENSUM FOR LÆRERE

ERASMUS+

EU-PROGRAM FOR UDDANNELSE, TRÆNING, UNGDOM OG SPORT

PROJEKTTITEL

SEAQUEST: UDDANNELSE OM HAVGRÆS FOR BØRN MED HENBLIK PÅ
BEVIDSTHEDSKVOTIENT FOR MILJØMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

PROJEKTNUMMER

2024-1-EL01-KA220-SCH-000244654



**Co-funded by
the European Union**

Finansieret af Den Europæiske Union. Synspunkter og holdninger, der udtrykkes, er dog udelukkende forfatternes og afspejler ikke nødvendigvis Den Europæiske Unions eller det nationale agentur for Erasmus+-programmet og Det Europæiske Solidaritetskorpss synspunkter. Hverken Den Europæiske Union eller den enhed, der yder tilskuddet, kan holdes ansvarlig for dem.

KONTAKT OS

sequest.duth@gmail.com





PROJEKTETS KONSORTIUM

Projektet involverer universiteter, forskningsinstitutter og ikke-statslige organisationer fra fem EU-lande – Grækenland, Portugal, Danmark, Belgien og Cypren

KOORDINATOR



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

PARTNERE



ARISTOTLE
UNIVERSITY
OF THESSALONIKI



Co-funded by
the European Union

FORORD

Havgræsser er akvatiske dækfrøede planter, der vokser i lavvandede marine og estuarine miljøer over hele verden. Havgræsser danner vidtstrakte undersøiske enge, som udfører en lang række funktioner, der er værdifulde for kystsystemers samlede funktion. Havgræsser leverer også forskellige økosystemtjenester til mennesker på globalt plan. Menneskelig udvikling og aktivitet har imidlertid medført et globalt tab af havgræsser. Omkring 20 % af det globale havgræsareal er gået tabt siden slutningen af det 19. århundrede, og denne tendens forventes at fortsætte.

Havgræsenge er ikke i centrum for politiske og forvaltningsmæssige strategier. Desuden er samfundet i vid udstrækning uvidende om havgræsser og deres værdi. Derfor er øget bevidsthed om havgræssets værdi afgørende for disse vitale økosystemers bæredygtighed. I denne sammenhæng er principperne og begreberne om havgræsser, som definerer den viden, en havgræs-litterat person bør have, blevet udviklet (Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112936). Udviklingen af principperne og begreberne om havgræsser udgør en vigtig milepæl i arbejdet med at skabe et samfund med viden om havgræsser. Disse principper og begreber danner grundlaget for det, vi i dag kalder havgræsliteracy.

SEAQUEST er et Erasmus+-projekt, der har til formål at styrke havgræsliteracy i grundskolen i hele Europa gennem forskning, udvikling af undervisningsmaterialer, læreruddannelse, teknologibaseret læring gennem et interaktivt spil og inddragelse af lokalsamfundet.

Det *SEAQUEST-undervisningsmateriale* omfatter *SEAQUEST-pensumen* for lærere og *SEAQUEST-undervisningsvejledningen* for lærere, så havgræsliteracy effektivt kan introduceres i grundskoler i kombination med et digitalt interaktivt spil. Denne håndbog, *SEAQUEST-pensumen for lærere*, har til formål kort at informere lærere om havgræssets værdi for miljøet og for mennesker samt om behovet for at bevare havgræsenge og fremme havgræsliteracy. Derudover har håndbogen til formål at give lærere en samlet pensumsramme om havgræsser.

Vi takker alle *SEAQUEST*-projekt partnere for deres bidrag til udviklingen af denne håndbog. Vi sætter stor pris på indsatsen fra alle forfatterne til håndbogens afsnit. Vi takker Adria Fessa for håndbogens grafik og layout samt dem, der har bidraget med fotografier og tegninger til håndbogen.

Den store variation i emner og forsøget på at forenkle begreber vil uundgåeligt have medført enkelte udeladelser. Det er endnu en grund til, at velment kritik af denne undervisningshåndbog altid er velkommen.

Vi håber, at brugen af denne håndbog vil skabe større bevidsthed om havgræsser og i sidste ende bidrage til en bæredygtig fremtid for disse vitale marine økosystemer.

Theodoros Kevrekidis,

Professor,
Democritus University of Thrace

Paraskevi Melea,

Professor,
Aristotle University of Thessaloniki

INDHOLD

INTRODUKTION	13
<i>Theodoros Kevrekidis</i>	
 A. TEORETISK RAMME	 16
A1. Bevaring og bæredygtig brug af havet	17
<i>Theodoros Kevrekidis og Myrianthi Karantona</i>	
A2. Havlitteracys historie og dens principper	20
<i>Dominika Wojcieszek</i>	
A3. Bevaring af havgræs	25
<i>Theodoros Kevrekidis og Paraskevi Malea</i>	
A4. Havgræsliteracy	28
<i>Theodoros Kevrekidis og Helena Barracosa</i>	
 B. SEAQUEST-PENSUM	 31
B1. Formål og mål	32
<i>Theodora Boubonari</i>	
B2. Pædagogiske tilgange	35
<i>Theodora Boubonari</i>	
B3. Kompetencer	38
<i>Theodora Boubonari</i>	
B4. Evalueringsstrategier og -værktøjer	41
<i>Theodora Boubonari</i>	
B5. Tematiske moduler	43
B5.1. Havet understøtter en stor mangfoldighed af liv og økosystemer	44
<i>Ana Alexandre</i>	
1. Livets mangfoldighed	45
2. Økosystemers mangfoldighed	50
B5.2. Havgræsser er unikke planter	55
<i>Paraskevi Malea og Theodoros Kevrekidis</i>	
1. Havgræsliteracy-princip 1	56
2. Grundlæggende begreber	57
3. Faglig viden	58

B5.3. Havgræsser danner vidtstrakte undersøiske enge	79
<i>Theodoros Kevrekidis og Paraskevi Malea</i>	80
1. Havgræsliteracy-princip 2	81
2. Grundlæggende begreber	82
3. Faglig viden	97
B5.4. Havgræsser understøtter en stor mangfoldighed af liv	98
<i>Paraskevi Malea og Theodoros Kevrekidis</i>	99
1. Havgræsliteracy-princip 3	100
2. Grundlæggende begreber	109
3. Faglig viden	110
B5.5. Havgræsser stabiliserer havbunden, forbedrer vandkvaliteten og lagrer kulstof	110
<i>Paraskevi Malea og Theodoros Kevrekidis</i>	111
1. Havgræsliteracy-princip 4	112
2. Grundlæggende begreber	118
3. Faglig viden	119
B5.6. Havgræsser og mennesker er uløseligt forbundet	119
<i>Theodoros Kevrekidis og Paraskevi Malea</i>	120
1. Havgræsliteracy-princip 5	121
2. Grundlæggende begreber	137
3. Faglig viden	138
B5.7. Havgræsser er i vid udstrækning udforskede	138
<i>Theodoros Kevrekidis og Paraskevi Malea</i>	139
1. Havgræsliteracy-princip 6	140
2. Grundlæggende begreber	142
3. Faglig viden	146
ORDLISTE	146

INTRODUKTION

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

Det **ocean** er Jordens mest dominerende fysiske kendetegn. Oceanet og livet i oceanet former Jordens egenskaber; oceanet har stor indflydelse på vejr og klima, gjorde Jorden beboelig og understøtter en stor mangfoldighed af liv og økosystemer. Oceanet er afgørende for menneskers sundhed og trivsel og understøtter økonomier i lande over hele verden. Oceanet er imidlertid alvorligt truet af menneskelige aktiviteter, primært gennem **klimaforandringer**, forurening og overfiskeri, hvilket fører til forstyrrede føde net, ødelæggelse af habitater, tab af biodiversitet og påvirkninger af menneskers sundhed, trivsel og kystsamfund.

Havgræs enge er vitale marine økosystemer. **Havgræsser** (eller **marine angiospermer**) er akvatiske dækfrøede planter, som er begrænset til det marine miljø. Havgræsser er meget udbredte, forekommer i alle lavvandede kystområder undtagen langs Antarktis' kyster og danner vidtstrakte enge, som udgør et unikt marint økosystem. Havgræsøkosystemer

udfører en lang række funktioner, der er værdifulde for kystsystemers samlede funktion. Havgræsenge understøtter en stor mangfoldighed af liv, stabiliserer havbunden, forbedrer vandkvaliteten og lagrer kulstof, hvilket mindsker klimaforandringer og dæmper havforsuring. Havgræs leverer også forskellige miljømæssige, sociale, økonomiske og kulturelle tjenester til mennesker på globalt plan. Menneskelig udvikling og aktivitet medfører imidlertid et globalt tab af havgræsser. Omkring 20 % af det globale havgræsareal er gået tabt siden slutningen af det 19. århundrede, og denne tendens forventes at fortsætte.

Der er udviklet internationale initiativer og politiske forpligtelser for at genoprette oceanets sundhed, herunder FN's 2030-dagsorden for bæredygtig udvikling og FN's årti for havforskning for bæredygtig udvikling (2021-2030). 2030-dagsordenen for bæredygtig udvikling er centreret om 17 verdensmål, hvor mål 14 ("Livet i havet") fokuserer på bevaring og

bæredygtig brug af oceaner, have og marine ressourcer, mens visionen for havårtiet er *“den videnskab, vi har brug for til det ocean, vi ønsker”*. Globale initiativer prioriterer også fremme af **Ocean Literacy**, der defineres som forståelsen af, hvordan oceanet påvirker os, og hvordan vi påvirker oceanet, hvilket gør informerede beslutninger og ansvarlige handlinger for oceanets sundhed mulige. For eksempel er UNESCO-IOC's Ocean Literacy-program en global indsats for at fremme et samfund med havliteracy gennem uddannelse, samarbejde og handling, mens UNESCO's Blue Curriculum er en innovativ uddannelsesramme, der integrerer havliteracy i skolesystemer og fremmer bæredygtighed, aktivt medborgerskab og forståelse af oceanets vitale rolle.

Selv om der er udviklet internationale initiativer og politiske forpligtelser for at genoprette oceanets sundhed, er havgræsenge ikke i centrum for politiske og forvaltningsmæssige strategier. Desuden er samfundet i vid udstrækning uvidende om havgræsser og deres værdi. Der er behov for øget anerkendelse af havgræssets værdi for at lægge pres på beslutningstagere og politiske aktører, så de beskytter disse værdifulde økosystemer. Ovenstående understreger behovet for at opbygge et samfund, der har viden om marine angiospermer, og som er i stand til at træffe informerede og ansvarlige beslutninger om deres bæredygtighed. Med henblik herpå er **Principper og begreber om havgræsser**, som skitserer den viden, en borger skal have for at kunne betragtes som litterat om marine angiospermer, blevet defineret.

Principperne og begreberne om havgræs kan fungere som vejledning for forskere, politiske beslutningstagere, ikke-statslige organisationer, interessenter og den blå økonomis sektor, så de kan træffe informerede og ansvarlige beslutninger om havgræsser. Men frem for alt kan disse principper og begreber anvendes til uddannelsesformål, både i formel og ikke-formel uddannelse. De kan integreres i pensumer for grundskole og ungdomsuddannelser, skolebøger og undervisningspraksis sammen med de centrale principper og grundlæggende begreber i Ocean Literacy.

Det **SEAQUEST** Erasmus+-projekt har til formål at styrke havgræsliteracy i grundskolen i hele Europa, fremme miljømæssigt ansvar og tilpasse sig globale bevaringsinitiativer. Gennem forskning, udvikling af undervisningsmaterialer, læreruddannelse, teknologibaseret læring gennem et interaktivt spil og inddragelse af lokalsamfundet søger projektet at opbygge oceanisk medborgerskab og øge bevidstheden om havgræssets værdi for miljøet og for mennesker.

Det **SEAQUEST-undervisningsmateriale** omfatter **SEAQUEST-pensum for lærere** og **SEAQUEST-undervisningsvejledningen for lærere** (klasseværelses- og feltarbejde/udendørsaktiviteter), så havgræsliteracy effektivt kan introduceres i grundskoler i kombination med et **digitalt interaktivt spil**. Det digitale interaktive spil supplerer lærernes undervisning og skaber motiverende og interaktive læringsmuligheder

for eleverne i læringsprocessen. Udviklingen af SEAQUEST-værktøjskassen byggede på resultaterne af desk research og feltforskning, der blev gennemført inden for rammerne af SEAQUEST-projektet, og som afdækkede specifikke udfordringer, huller og mangel på viden om havgræs.

Det **SEAQUEST-pensumen for lærere** omfatter to hoveddele. Hovedformålet med den første del (Teoretisk ramme) er kort at informere læseren om centrale spørgsmål vedrørende (a) bevaring af oceanerne og bæredygtig brug af oceanet og dets ressourcer, (b) havgræssets biologi og havgræsøkosystemets funktioner, tjenester, tab og bevaring, (c) havlitteracy-bevægelsen og (d) behovet for at fremme havgræsliteracy.

I anden del analyseres lærerens pensum på en omfattende måde (formål og mål, pædagogiske tilgange, kompetencer, evalueringsstrategier og -værktøjer, tematiske moduler). Syv tematiske moduler opstod ved at kombinere og evaluere de data, der blev indsamlet gennem desk research og feltforskning inden for rammerne

af SEAQUEST-projektet. For at organisere disse data i moduler blev de centrale principper og grundlæggende begreber i Ocean Literacy samt principperne og begreberne om havgræsser også taget i betragtning. Derfor svarer det første tematiske modul til det femte Ocean Literacy-princip (*Havet understøtter en stor mangfoldighed af liv og økosystemer*), mens hvert af de resterende tematiske moduler svarer til et af de seks principper om havgræsser. I hvert tematisk modul giver synoptiske tekster den nødvendige faglige viden.

En ordliste er placeret sidst i håndbogen for at forbedre læserens forståelse. Derudover er en række videnskabelige dokumenter og publikationer også anført sidst i håndbogen, særskilt for hvert enkelt afsnit (tidsskriftsartikler, bøger og kapitler, rapporter osv.) for læsere, der ønsker at udforske emnerne i større dybde.

A. TEORETISK RAMME

A1. HAVETS BEVARING OG BÆREDYGTIG BRUG

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

Myrianthi Karantona

STANDO LTD, Cyprus



Havet, der dækker over 70 % af Jorden, er afgørende for klimaregulering, iltproduktion, CO₂-absorption og understøttelse af biodiversitet. Det leverer fødevarer, medicin, arbejdspladser, kystbeskyttelse, rekreation og kulturel værdi og understøtter menneskers sundhed og levebrød. Accelererede klimaændringer, forurening og overfiskeri svækker dog havets evne til at opretholde disse funktioner og tjenester. Der er udviklet internationale initiativer for at genoprette havets sundhed. I 2015 vedtog FN's Generalforsamling eksempelvis 17 verdensmål som en global opfordring til at afskaffe fattigdom, beskytte planeten og sikre, at alle mennesker kan leve i fred og velstand inden 2030 (**2030-dagsordenen for bæredygtig udvikling**). Verdensmål 14 lyder: "Bevare og sikre bæredygtig brug af verdens have og deres ressourcer". Derudover erklærede FN's Generalforsamling i 2017 **FN's årti for havforskning for bæredygtig udvikling (2021-2030)**.

FN's **havårti** strækker sig over en 10-årig periode fra 1. januar 2021 og koordineres af UNESCO's Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). **Visionen** for havårtiet er "*den forskning, vi har brug for, til det hav, vi ønsker*". Mere specifikt handler det om behovet for markant at forbedre verdenshavenes nuværende tilstand gennem forskningsbaserede løsninger og øget samarbejde. Årtiet skal fremme produktionen af data, information og viden for at bevæge os fra "*det hav, vi har*" til "*det hav, vi ønsker*". Havårtiet skal udvikle videnskabelig kapacitet og skabe viden, der direkte bidrager til målene i 2030-dagsordenen for bæredygtig udvikling og andre relevante globale juridiske og politiske rammer. Syv **resultater** beskriver "*det hav, vi ønsker*" ved årtiets

afslutning:

Resultat 1:

Et rent hav, hvor forureningskilder identificeres og reduceres eller fjernes.

Resultat 2:

Et sundt og robust hav, hvor marine økosystemer forstås, beskyttes, genoprettes og forvaltes.

Resultat 3:

Et produktivt hav, der understøtter bæredygtig fødevarerforsyning og en bæredygtig havøkonomi.

Resultat 4:

Et forudsigeligt hav, hvor samfundet forstår og kan reagere på ændrede havforhold.

Resultat 5:

Et sikkert hav, hvor liv og levebrød beskyttes mod havrelaterede farer.

Resultat 6:

Et tilgængeligt hav med åben og retfærdig adgang til data, information, teknologi og innovation.

Resultat 7:

Et inspirerende og engagerende hav, hvor samfundet forstår og værdsætter havet i relation til menneskelig trivsel og bæredygtig udvikling.

Handlingsrammen for havårtiet vil vejlede udformningen og gennemførelsen af initiativer i løbet af havårtiet. Denne ramme omfatter **havårtiets udfordringer**, som repræsenterer årtiets mest umiddelbare og presserende prioriteter, og

som kan udvikle sig i løbet af årtiet; **havårtiets mål**, som skal vejlede den proces, der kræves for at imødegå udfordringerne, så vi bevæger os fra “det hav, vi har” til “det hav, vi ønsker”; og **havårtiets handlinger**, dvs. konkrete initiativer og indsatser (programmer, projekter, aktiviteter og/eller bidrag), der skal gennemføres af en bred kreds af interessenter for at opfylde målene og håndtere udfordringerne.

De tre **procesmål for havårtiet** beskrives nedenfor. For hvert mål foreslås en ikke-udtømmende liste over **delmål** som vil være centrale for formulering, strukturering og gruppering af havårtiets handlinger.

Mål 1:

Identificere den viden, der er nødvendig for bæredygtig udvikling, og øge havforskningens

kapacitet til at levere nødvendige havdata og information.

Mål 2:

Opbygge kapacitet og skabe omfattende viden og forståelse af havet, herunder menneskelige interaktioner og interaktioner med atmosfæren, kryosfæren og grænsefladen mellem land og hav.

Mål 3:

Øge brugen af viden om og forståelse af havet og udvikle kapacitet til at bidrage til løsninger for bæredygtig udvikling.

Det første **delmål** under **Mål 3** beskrives nedenfor:

Delmål 3.1:

Formidle bredt og fremme havforskningens rolle for bæredygtig udvikling på tværs af forskellige interessentgrupper, herunder gennem formel og uformel uddannelse samt en udvidelse af havlitteracy-tilgange på tværs af interessentgrupper.

I denne sammenhæng er udviklingen af **havlitteracy** udtrykkeligt blevet anerkendt af De Forenede Nationer (FN) som et af de kritiske skridt mod en bæredygtig fremtid for havet.

A2. HAVLITERACYENS HISTORIE OG DENS PRINCIPPER

Dominika Wojcieszek

European Marine Science Educators Association, Belgium



BEHOVET FOR HAVLITERACY

Ifølge Cambridge Dictionary er en af betydningerne af **“literacy”** “viden om et bestemt emne eller en bestemt type viden”. I denne sammenhæng henviser **havliteracy** til forståelsen af havets indflydelse på os – og vores indflydelse på havet.

Havet er Jordens mest fremtrædende og synlige træk. Det dækker mere end 70 % af planetens overflade og indeholder 97 % af alt vand på Jorden. De første livsformer, der producerede ilt og dermed gjorde vores atmosfære åndbar og Jorden beboelig, opstod i havet. Som livets vugge rummer havet en ekstraordinær mangfoldighed af organismer, fra de mindste mikroskopiske encellede organismer til det største dyr, der nogensinde har levet på Jorden – blåhvalen.

Havbunden rummer planetens højeste bjerge, dybeste grave og største sletter samt det største system af vulkansk aktivitet. Havet regulerer planetens systemer. Det transporterer varme, vand og kuldioxid rundt på kloden og påvirker både det globale klima og det lokale vejr. Det giver menneskeheden fødevarer, ferskvand, medicin, transport, energi og råstoffer. Desuden understøtter havet menneskers sundhed, kultur og økonomier, hvilket gør forbindelsen mellem mennesker og havet uløselig.

På trods af sin enorme betydning er havet stadig i vid udstrækning udforsket – og kritisk underrepræsenteret i uddannelsessystemer verden over.

Rationalet bag havliteracy er enkelt: Når havet er det dominerende træk på vores planet, må vi forstå havet for virkelig at forstå Jorden. Denne viden er afgørende for planetens bæredygtighed og for menneskehedens trivsel.

Havliteracy hjælper med at skabe opmærksomhed om havets afgørende rolle i at opretholde liv og fremmer ansvarlig og bæredygtig brug af dets ressourcer. Efterhånden som havrelaterede udfordringer får større betydning inden for forskning, politik, uddannelse og civilsamfund, er havliteracy blevet et vigtigt redskab til at styrke engagement, ansvarligt forvalterskab og fælles ansvar.

I det seneste årti har havliteracy fået stigende opmærksomhed i Europa som en måde at bringe havspørgsmål tættere på offentligheden og fremme forståelse og opbakning til bæredygtig havforvaltning og bevarelse af marine ressourcer. Denne betydning anerkendes i globale og regionale initiativer. For eksempel sigter EU's mission [“Restore Our Ocean and Waters”](#) mod at mobilisere forskning, innovation, investeringer og borgerdeltagelse for at beskytte og genoprette akvatiske økosystemer. Tilsvarende omfatter [FN's årti for havforskning for bæredygtig udvikling](#) (2021–2030) Udfordring 10: “Genoprette samfundets forhold til havet”, som direkte stemmer overens med målene for havliteracy.

OPRINDELSEN TIL HAVLITERACY

Det moderne begreb havliteracy begyndte at tage form i begyndelsen af 2000'erne. På det tidspunkt identificerede en koalition af havforskere og undervisere i USA en tydelig mangel: havrelaterede emner var næsten helt fraværende fra formel uddannelse.

Som svar dannede en række organisationer – herunder [National Marine Educators Association](#) (NMEA), [Centers for Ocean Science Education Excellence](#) (COSEE), [National Geographic Society](#) og [National Oceanic and Atmospheric Administration](#) (NOAA) – arbejdsgrupper og udvalg i 2003 for at begynde at håndtere dette problem.

I 2004 tog initiativet fart. Et afgørende øjeblik kom i oktober 2004, da omkring 100 eksperter i havforskning, uddannelse og politik deltog i en virtuel workshop organiseret af [College of Exploration](#) (CoE). Deltagerne omfattede repræsent-

anter fra NOAA's Office of Education, Lawrence Hall of Science, COSEE, NOAA's Sea Grant Program og andre centrale institutioner.

Målet var at skabe en omfattende ramme for at integrere havvidenskab i nationale og statlige uddannelsesstandards. Resultatet blev **definitionen af havliteracy** og dens tagline, syv væsentlige **principper for havliteracy** (OLP) med **45 grundlæggende begreber**. Resultaterne af denne proces førte til udgivelsen af den første [Guide to Ocean Literacy](#) i 2005, som siden er blevet opdateret regelmæssigt. Dens primære formål var at give undervisere en praktisk og videnskabeligt præcis ressource til at integrere havindhold i undervisningsplaner på alle uddannelsesniveauer – fra børnehave til gymnasiet.

DEFINITION AF HAVLITERACY:

Havliteracy er forståelsen af grundlæggende begreber om, hvordan hav-atmosfære-Jord-systemet fungerer. En **person med havliteracy** erkender havets indflydelse på sin hverdag, kan kommunikere meningsfuldt om havspørgsmål og er i stand til at træffe informerede og ansvarlige beslutninger for at sikre, at havet fortsat kan understøtte liv på Jorden.

Tagline:

Forstå havets indflydelse på dig og din indflydelse på havet.

De syv **væsentlige principper for havliteracy**:

1. Jorden har ét stort hav med mange karakteristika.
2. Havet og livet i havet former Jordens karakteristika.
3. Havet har stor indflydelse på vejr og klima.
4. Havet gør Jorden beboelig.
5. Havet understøtter en stor mangfoldighed af liv og økosystemer.
6. Havet og mennesker er uløseligt forbundet.
7. Havet er i vid udstrækning udforsket.

Det supplerende **Ocean Literacy Scope and Sequence for Grades K-12** blev også udviklet

(<https://oceanliteracy.wp2.coexploration.org/ocean-literacy-framework/>). Ocean Literacy Scope and Sequence består af 28 konceptuelle flowdiagrammer. Der er ét konceptuelt flowdiagram for hvert princip for hvert klassetrin (K-2, 3-5, 6-8 og 9-12). Hvert flow viser én mulig måde at opdele og organisere de centrale begreber og understøttende idéer for hvert princip på et bestemt klassetrin. De kan bruges som foreslået undervisningsrækkefølge, idéorganisator og/eller indikator for læringsprogression.

DEN UDVIKLENDE FORSTÅELSE AF HAVLITERACY

Siden den tidlige udvikling har begrebet havliteracy løbende udviklet sig – særligt i den måde, det forstås som et redskab til bevarelse, beskyttelse og bæredygtig forvaltning af havet. De første definitioner og tilgange antog en lineær sammenhæng mellem øget viden om havet og miljøvenlig adfærd. Forskning har dog vist svage eller ikke-eksisterende sammenhænge mellem viden om havet og både miljøadfærd og holdninger.

Ved at bevæge sig væk fra denne forenklede model handler havliteracy ikke kun om, hvad vi ved, men også om, hvad vi føler (vores holdninger), hvordan vi handler (vores adfærd), og hvordan vi kommunikerer om havspørgsmål i både vores private og professionelle liv.

I 2019 foreslog Brennan et al. en ramme med seks dimensioner af havliteracy:

1. Opmærksomhed
2. Viden
3. Holdning
4. Kommunikation
5. Adfærd
6. Aktivisme

Denne ramme blev senere udvidet af McKinley et al. (2023), som tilføjede fire yderligere dimensioner for bedre at indfange hele spektret af engagement i havet:

7. Følelsesmæssig forbindelse
8. Adgang og erfaring
9. Tilpasningsevne
10. Tillid og transparens

Tilsammen afspejler disse dimensioner en helhedsorienteret forståelse af havliteracy – en forståelse, der anerkender kognitive, følelsesmæssige, adfærdsmæssige og sociale faktorer i måden, individer og fællesskaber relaterer sig til havet på. Nutidige definitioner fremhæver derfor havliteracy som et komplekst og flerdimensionelt begreb, der har til formål at styrke individer og samfund i at omsætte viden om havet til meningsfuld adfærdsændring og kollektiv handling for en mere bæredygtig fremtid.

Derudover er der i takt med udviklingen af havliteracy gjort forsøg på regionalt at tilpasse og tematisk specialisere de væsentlige principper og grundlæggende begreber for havliteracy. Særligt er følgende blevet udviklet: **Great Lakes Literacy**, **Mediterranean Sea Literacy**, **Estuarine Principles and Concepts**, og **Principles and Concepts about Seagrasses**.

A3. BEVARING AF HAVGRÆS

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

Paraskevi Malea

Aristotle University of Thessaloniki, Greece



Havgræsser, eller **marine dækfrøede planter**, er blomstrende planter, der lever nedsænket i lavvandede marine og estuarine miljøer. Omkring **halvfjerds arter** af marine dækfrøede planter er beskrevet og grupperet i 12 slægter. Marine dækfrøede planter er **meget udbredte** og forekommer i alle lavvandede kystområder, undtagen langs Antarktis' kyster. Der er defineret seks **bioregioner for marine dækfrøede planter** (Tropisk Atlanterhav, Tropisk Indo-Stillehav, Tempereret Nordatlantisk, Middelhavet, Tempereret Nord-Stillehav og Tempereret Sydlige Ocean), hver med særskilte floristiske karakteristika, hvor den tropiske Indo-Stillehavsregion har den største mangfoldighed af marine dækfrøede planter.

De fleste bestande af marine dækfrøede planter er begrænset til dybder under 20 m, men de er også registreret på langt dybere vand, helt ned til 90 m, og nogle arter tåler at blive udsat for luft og danner omfattende tidevandsbestande. Marine dækfrøede planter vokser normalt på sandede til mudrede sedimenter, men nogle arter kan vokse på hårde **substrater**. De fleste arter tåler et bredt spænd af **saltholdighedsværdier**. Derfor findes de ofte i flodmundinger. Marine dækfrøede planter danner **omfattende enge**, som udgør et unikt marint økosystem. De kan også vokse i isolerede, spredte og små områder eller som del af et habitatmosaik sammen med andre habitater, såsom koraller, mangrover, muslingerev eller vegetationsfrie sedimenter. Marine dækfrøede planter dækker et samlet areal svarende til omkring 10 % af kysthavet, og deres enge understøtter ofte høj **biomasse**.

Økosystemer med marine dækfrøede planter udfører **en mangfoldighed af funktioner** som er værdifulde for kystsystemernes samlede funktion. Disse marine planter er vigtige **primærproducenter** og leverer **organisk føde til en række fødenet**. Marine dækfrøede planter strukturerer havbunden som et komplekst miljø, der giver ekstra plads til mange organismer og fungerer som **habitat, opvækstområde og tilflugtssted** for en række hvirvelløse dyr, fisk og pattedyr. Økosystemer med marine dækfrøede planter skaber også **trofiske interaktioner** med andre vigtige marine økosystemer.

Den fysiske struktur hos marine dækfrøede planter stabiliserer **substratet**, dæmper bølge- og tidevandsenergi, øger sedimentation og forhindrer resuspension, hvilket reducerer **erosion og turbiditet i vandsøjlen**. Marine dækfrøede planter spiller en vigtig rolle i **kulstof- og næringsstofkredsløb**. Havgræsenge har høj kapacitet til optagelse og lagring af kulstof og udgør derfor en vigtig **kulstofdræn** på global skala (**blåt kulstof-lagring**). Som følge heraf bidrager marine dækfrøede planter til at afbøde klimaændringer og kan hæmme **havforsuring**, hvilket gavner organismer med kalkholdige strukturer, såsom koraller. Marine dækfrøede planter fungerer som et **filter for næringsstoffer** der kommer ind i kystmiljøet, fjerner **forurenende stoffer** fra vandsøjlen og sedimentet og frigiver **ilt** gennem fotosyntese og forbedrer dermed **vandkvaliteten**. Marine dækfrøede planter kan også fjerne **patogene marine bakterier** fra vandet, som forårsager sygdomme hos marine organismer.

Marine dækfrøede planter leverer en **række mil-**

jørmæssige, sociale, økonomiske og kulturelle tjenester til mennesker på global skala. De er værdifulde for **menneskelig trivsel**, fordi de understøtter marin biodiversitet, renser havvand, kontrollerer sygdom, producerer ilt, bidrager til det globale næringsstof- og kulstofkredsløb og afbøder klimaændringer og virkningerne af **havforsuring**. Marine dækfrøede planter beskytter også **kystlinjer** mod erosion, oversvømmelse og stormfloder, understøtter **verdens fiskeriproduktion**, anvendes til **materialer, medicin og fødevarer** og har potentiale til at blive brugt til **produktion af biobrændstoffer, biogas og biometan**. Havgræsenge leverer **kulturelle tjenester**, såsom muligheder for rekreative aktiviteter, og er **et vigtigt element i kulturarven** for mange folkeslag. Marine dækfrøede planter bruges også som **indikatorer** for menneskeskabte forstyrrelser i marine og estuarine miljøer. De mange fordele, som disse økosystemer leverer, placerer dem blandt **de mest værdifulde marine økosystemer**.

Der er dog dokumenteret en **global tendens til tab af marine dækfrøede planter**. Det anslås, at omkring tyve procent af den globale udbredelse af marine dækfrøede planter er gået tabt siden det 19. århundrede, mens tilstanden for mere end 22 arter forværres. Tabene skyldes samspillet mellem **menneskeskabte og naturlige faktorer**. Menneskelige trusler kan være **landbaserede, havbaserede** eller **klimarelaterede** og kan påvirke marine dækfrøede planter direkte eller indirekte. De vigtigste landbaserede trusler er industriel, landbrugsmæssig og urban afstrømning samt kystudvikling, mens havbaserede trusler omfatter ukontrolleret fiskeri og bådak-

tiviteter, uddybning, invasive arter og akvakultur. Uundgåeligt har globale tab betydelige konsekvenser for mennesker på grund af de vigtige økosystemtjenester, de leverer.

Marine dækfrøede planter står ikke centralt i **politiske og forvaltningsmæssige strategier**. Kun få lande har udviklet planer specifikt for beskyttelse af disse økosystemer, og kun en fjerdedel af det registrerede areal ligger inden for marine beskyttede områder. Dog kan **forvaltning, bevarelse og genopretning** af havgræsenge vende tabene. Derfor er der et presserende behov for udvikling og implementering af effektiv lovgivning, politikker og forvaltningsplaner.

Effektiv bevarelse, genopretning og forvaltning af økosystemer med marine dækfrøede planter kræver en **omfattende forståelse** af disse systemer. Havgræsenge har dog modtaget mindre **forskningsindsats** end andre kystøkosystemer, der leverer et lignende spektrum af økosystemtjenester, såsom koralrev. Viden om marine dækfrøede planter er udvidet betydeligt i det seneste århundrede med hurtige fremskridt i forskningen i disse marine planter. Alligevel består betydelige **videnshuller** om marine dækfrøede planter. Flere spørgsmål på tværs af et bredt spektrum af forskningsområder er blevet identificeret som prioriteter for fremtidig forskning. Kortlægning og overvågning af udbredelse og tilstand samt spørgsmål om forvaltning og genopretning indgår i disse prioriteter.

A4. HAVGRÆS LITERACY

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

Helena Barracosa

Algarve Centre of Marine Sciences, Portugal



Havgræsenge er **vitale, men undervurderede** marine økosystemer. Som nævnt tidligere står marine dækfrøede planter ikke centralt i politiske og forvaltningsmæssige strategier, selv om forvaltning, bevarelse og genopretning af havgræsenge kan vende tabene. Desuden er **samfundet i vid udstrækning uvidende** om marine dækfrøede planter og deres værdi. Undersøgelser af samfundets kendskab til marine dækfrøede planter i mange dele af verden har vist, at samfundet generelt ikke kender til dem og deres betydning. Det er rapporteret, at mange mennesker aldrig har hørt om marine dækfrøede planter eller forveksler dem med makroalger. Offentlighedens kendskab er særligt begrænset, når folk ikke har direkte erfaring med disse økosystemer, eller når de tjenester, økosystemerne leverer, er indirekte, fx støtte til fiskeriproduktion. Omvendt er anerkendelsen af deres betydning større i lokalsamfund, der er afhængige af dem for deres levebrød.

Derfor er **øget anerkendelse af værdien af marine dækfrøede planter** nødvendig for at presse beslutningstagere og politikere til at beskytte disse værdifulde økosystemer. Offentlig bevidsthed om marine dækfrøede planter er blevet anerkendt som afgørende for en bæredygtig fremtid for disse vigtige marine økosystemer. I denne sammenhæng blev den første FN-rapport om værdien af marine dækfrøede planter for nylig udgivet med det formål at informere offentligheden om deres betydning (United Nations Environment Programme, 2020. *Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people*. UNEP, Nairobi).

Ovenstående understreger behovet for at skabe **et samfund** der er **literat omkring marine dækfrøede planter**, og som er i stand til at træffe informerede og ansvarlige beslutninger om deres bæredygtighed. **Havgræs literacy** henviser til forståelsen af grundlæggende begreber relateret til havgræssets biologi og havgræsøkosystemers struktur, funktioner, tjenester, trusler og bevarelse samt evnen til at kommunikere om disse unikke marine planter og aktivt støtte deres beskyttelse og genopretning. For at opnå dette mål er den viden, en borger skal have for at blive betragtet som literat om marine dækfrøede planter, blevet identificeret. Specifikt er de **væsentlige principper og grundlæggende begreber om havgræs**, som udgør en tematisk tilpasning af principperne for havliteracy, blevet defineret (Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. *Principles and Concepts about Seagrasses: Towards a sustainable future for seagrass ecosystems*. Marine Pollution Bulletin 173, 112936). I alt er seks væsentlige principper om havgræs blevet identificeret. Hvert princip understøttes af et sæt grundlæggende begreber. Disse principper og begreber vedrører vigtige spørgsmål om havgræsbiologi (princip 1-4), værdi (princip 3-5), tab og beskyttelse (princip 5), men også den videnskabelige forskning i disse marine planter (princip 6).

De **principper og begreber om havgræs** er som følger:

Princip 1.

Havgræsser er unikke planter.

Princip 2.

Havgræsser danner omfattende undervandsenge.

Princip 3.

Havgræsser understøtter en stor mangfoldighed af liv.

Princip 4.

Havgræsser stabiliserer havbunden, forbedrer vandkvaliteten og lagrer kulstof.

Princip 5.

Havgræsser og mennesker er uløseligt forbundet.

Princip 6.

Havgræsser er i vid udstrækning udforskede.

Principperne og begreberne om havgræs kan fungere som en **vejledning** for forskere, politik- og beslutningstagere, NGO'er, interessenter og den blå økonomi, så de kan træffe informerede og ansvarlige beslutninger om marine dækfrøede planter. Disse principper og begreber kan også bruges til at informere offentligheden og indgå i kampagner i medier og sociale medier. Men først og fremmest kan de anvendes til **uddannelses formål**, både i formel og ikke-formel uddannelse. De kan integreres i undervisningsplaner for grundskole og ungdomsuddannelser, skolebøger og pædagogisk praksis sammen med de væsentlige principper og grundlæggende begreber for havliteracy. Initiativer for havgræsliteracy kan omfatte erfaringsbaserede læringstilgange såsom feltarbejde, modelleringsskaktiviteter, tværfaglige projekter og handlingsorienteret undervisning, som har vist sig at styrke forståelsen af økosystemers funktion og menneske-økosystem-interaktioner.

Inddragelsen af centrale spørgsmål om marine dækfrøede planter i undervisningsplaner og pædagogisk praksis er forenelig med UNESCO's ramme for uddannelse for bæredygtig udvikling. Den er også i overensstemmelse med en mellemstatsligt vedtaget erklæring ("Support plans to foster ocean-related education, for example as part of educational curricula, to promote ocean literacy and a culture of conservation, restoration and sustainable use of our ocean"), som var et resultat ("Call for Action", artikel 13.a) af FN's højniveaukonference 'Our Ocean' i 2017 til støtte for gennemførelsen af verdensmål 14 ("Conserve and sustainably use the Oceans, Seas and Marine Resources for sustainable development") i 2030-dagsordenen for bæredygtig udvikling. Havgræsliteracy bidrager til verdensmål 14, fordi det øger den videnskabelige viden om et af de vigtigste marine økosystemer. Undervisning om havgræsøkosystemer, deres økologiske rolle og sårbarhed forbedrer kvaliteten af undervisning i marin videnskab, styrker miljøbevidsthed, forbereder unge elever på at forstå og beskytte marint liv og opmuntrer dem til at blive fremtidige forskere og naturbeskyttere. Indarbejdelsen af havgræsrelaterede emner i undervisningsplaner og pædagogisk praksis er også i overensstemmelse med et delmål ("promotion of formal and informal education, including ocean literacy") under mål 3 i FN's årti for havforskning for bæredygtig udvikling.

B. SEAQUEST CURRICULUM

B1. FORMÅL OG MÅLSÆTNINGER

Theodora Boubonari

Democritus University of Thrace, Greece



OVERORD- NET FORMÅL

SEAQUEST-projektet har til formål at styrke havgræsliteracy blandt grundskoleelever i hele Europa og udvikle havborgere, der forstår havgræseskosystemers afgørende rolle i bevarelse af marin biodiversitet, klimaregulering og global miljømæssig bæredygtighed. Curriculumet skal fremme miljømæssigt forvalterskab i tråd med internationale bevaringsinitiativer og opbygge elevernes kapacitet til at blive informerede fortalere og aktive deltagere i beskyt-

telse og genopretning af havgræs. Gennem omfattende undervisning om havgræs udvikler eleverne den viden, de færdigheder og de værdier, der er nødvendige for at bidrage til bevarelse af marine økosystemer, samtidig med at de anerkender havgræsser som grundlæggende komponenter i sunde havsystemer, der understøtter både marint liv og menneskelig trivsel.

SPECIFIKKE MÅLSÆTNIN- GER VIDENSMÅL

Eleverne skal kunne:

- **Økologisk forståelse:**

Demonstrere omfattende viden om centrale spørgsmål i havgræsbiologi og havgræseskosystemers struktur og funktion

- **Miljømæssige sammenhænge:**

Analysere relationerne mellem havgræseenge og bredere marine og terrestriske økosystemer

- **Økosystemtjenester:**

Identificere de vitale tjenester, som havgræseskosystemer leverer til mennesker

- **Bevaringsbevidsthed:**

Identificere aktuelle trusler mod havgræshabitater og vurdere bevaringsstrategier i et bredere perspektiv af globale miljøudfordringer og løsninger

FÆRDIGHEDS MÅL

Eleverne skal kunne:

- **Videnskabelig undersøgelse:**

Design og gennemføre undersøgelser med videnskabelig metode til at studere havgræsesøkosystemer

- **Kritisk analyse:**

Vurdere miljødata og forskningsresultater for at drage evidensbaserede konklusioner

- **Kommunikation:**

Kommunikere videnskabelige begreber og bevaringsbudskaber effektivt til deres skoler og lokalsamfund

- **Digital literacy:**

Bruge digitale ressourcer til miljøforskning og præsentation

HOLDNINGS- OG VÆRDI MÅL

Eleverne skal kunne:

- **Miljømæssigt forvalterskab:**

Udvikle personligt ansvar for beskyttelse af marine økosystemer

- **Globalt medborgerskab:**

Demonstrere forståelse af deres rolle i håndteringen af globale miljøudfordringer

- **Kollektiv handling:**

Deltage i fælles miljøindsatser og lokalsamfundsbaseede bevaringsinitiativer

B2. PÆDAGOGISKE TILGANGE

Theodora Boubonari

Democritus University of Thrace, Greece



Curriculumet bygger på konstruktivistiske principper, hvor eleverne aktivt opbygger viden gennem praktiske erfaringer og forbinder nye begreber om havgræs med deres eksisterende forståelse af økosystemer og miljøvidenskab. De følgende tilgange anerkender, at meningsfuld læring opstår, når elever konstruerer deres egen forståelse gennem interaktion med deres miljø og sociale kontekster.

UNDERSØGELSESBASERET LÆRING

Eleverne deltager i autentiske videnskabelige undersøgelser, formulerer hypoteser om havgræsøkosystemer, indsamler og analyserer data og drager evidensbaserede konklusioner. Denne tilgang afspejler reelle forskningsprocesser og udvikler kritisk tænkning, samtidig med at den fremmer dyb begrebsforståelse.

PROBLEMBASERET LÆRING (PBL)

Virkelige udfordringer knyttet til bevaring af havgræs danner grundlag for læringsaktiviteter. Eleverne arbejder sammen om at løse autentiske problemer, såsom at designe genopretningsplaner eller udvikle kampagner for lokalsamfundet. Forskning viser, at PBL øger elevernes engagement og udvikler færdigheder til det 21. århundrede.

ERFARINGSBASERET LÆRING

Direkte kontakt med havgræsmiljøer gennem feltarbejde, laboratorieundersøgelser og virtual reality-oplevelser giver konkrete læringsmuligheder, der understøtter udviklingen af abstrakte begreber. Denne praktiske tilgang er særligt effektiv i miljøundervisning og naturfagslæring.

KOOPERATIV LÆRING

Strukturerede gruppeaktiviteter fremmer samspil mellem elever, fælles ansvar og kollaborativ videnskonsstruktion. Elever arbejder i mangfoldige teams for at undersøge forskellige aspekter af havgræsøkosystemer, hvilket forskning viser styrker både faglige resultater og sociale færdigheder.

TECHNOLOGY- ENHANCED LEARNING

Integration af digitale værktøjer, interaktive spil og virtual reality-oplevelser skaber engagerende, multimediale læringsmuligheder, der imødekommer forskellige læringsstile og præferencer. Nyere forskning understøtter effekten af immersive teknologier i miljøundervisning.

B3. KOMPETENCER

Theodora Boubonari

Democritus University of Thrace, Greece



SEAQUEST-curriculumet udvikler en omfattende række kompetencer, der gør eleverne i stand til at blive effektive miljøforvaltere og videnskabeligt literate borgere. Disse kompetencer integrerer viden, færdigheder og holdninger på tværs af flere domæner og sikrer, at eleverne udvikler både tekniske evner til at studere havgræskosystemer og kommunikationsfærdigheder til at tale for deres beskyttelse.

VIDENSKABELIG LITERACY KOMPETENCER

- Observere og registrere karakteristika ved havgræskosystemer systematisk
- Identificere nøglearter
- Dokumentere ændringer i havgræshabitater over tid
- Bruge videnskabelige værktøjer og instrumenter til dataindsamling
- Indsamle, organisere og analysere kvantitative og kvalitative miljødata
- Udarbejde grafer, diagrammer og visuelle repræsentationer af resultater
- Identificere mønstre og tendenser i data fra havgræskosystemer
- Drage evidensbaserede konklusioner fra forskningsresultater
- Præsentere forskningsresultater med passende videnskabeligt ordforråd
- Udarbejde rapporter, præsentationer og udstillinger
- Kommunikere bevaringsbudskaber effektivt

MILJØMÆSSIG LITERACY KOMPETENCER

- Forstå sammenhænge i havgræseskosystemer
- Analysere relationer mellem menneskelige aktiviteter og miljøpåvirkninger
- Identificere miljøudfordringer, der påvirker havgræshabitater
- Forstå principper for bæredygtig forvaltning
- Vurdere menneskelige praksisser, der påvirker havgræseskosystemer

DIGITALE KOMPETENCER

- Bruge digitale databaser og forskningsværktøjer effektivt
- Bruge digitale værktøjer til dataindsamling, analyse og præsentation
- Samarbejde ved hjælp af online platforme og kommunikationsværktøjer

SOCIALE OG CIVILE KOMPETENCER

- Arbejde effektivt i grupper om miljøprojekter
- Dele ansvar og bidrage til fælles mål
- Løse konflikter konstruktivt under gruppeaktiviteter
- Støtte og fremme læring blandt jævnaldrende
- Motivere andre til at deltage i bevaringsaktiviteter
- Tale for beskyttelse af havgræseskosystemer

B4. EVALUER- INGSSTRATEGIER OG VÆRKTØJER

Theodora Boubonari

Democritus University of Thrace, Greece



Evaluering i SEAQUEST-curriculumet anvender forskellige, autentiske strategier, der indfanger elevernes læring på tværs af alle kompetenceområder. Disse evalueringsformer omfatter både traditionelle faglige målinger og innovative præstationsbaserede vurderinger, der afspejler praksisser fra virkelig naturbevaring.

- **Artsidentifikationsudfordringer:**

Praktiske vurderinger af elevernes evne til at identificere og beskrive havgræsarter og tilknyttede organismer

- **Miljødataindsamling:**

Vurdering af elevernes færdigheder i at bruge videnskabelige instrumenter og indsamle præcise miljødata

- **Exit tickets:**

Korte skriftlige svar ved lektionens afslutning for at vurdere umiddelbar forståelse og identificere misforståelser

- **Digitale quizzer:**

Realtidsvurdering ved hjælp af undervisningsteknologiske platforme for at måle forståelse og justere undervisningen

- **Videnstest:**

Strukturerede vurderinger, der dækker faktuel viden om havgræsbiologi, økologi og bevarelse

- **Peerfeedback-sessioner:**

Strukturerede muligheder for, at elever kan give konstruktiv feedback på hinandens arbejde og idéer

- **Begrebskortlægning:**

Visuelle repræsentationer af elevers forståelse, der viser relationer mellem havgræsbegreber

- **Fortælling:**

Eleverne skaber præsentationer, der kombinerer videnskabeligt indhold med personlige fortællinger om bevaring af havgræs

- **Rollespilsscenerier:**

Eleverne indtager roller som forskellige interessenter i debatter om bevaring af havgræs

- **Præsentation for lokalsamfundet:**

Offentlige præsentationer, hvor elever deler deres læring og bevaringsanbefalinger med medlemmer af lokalsamfundet

- **Udvikling af digital portfolio:**

Omfattende samling af elevarbejde, der dokumenterer udvikling og resultater på tværs af flere kompetenceområder

- **Evalueringsrubrics og kriterier:**

Evalueringsrubrics omfatter flere dimensioner af elevpræstationer vedrørende videnskabelig nøjagtighed, kritisk tænkning, kommunikation og samarbejde

B5. TEMATISKE MODULER



B5.1

HAVET UNDERSTØTTER EN STOR MANGFOLDIGHED AF LIV EEEØKOSYSTEMER

Ana Alexandre

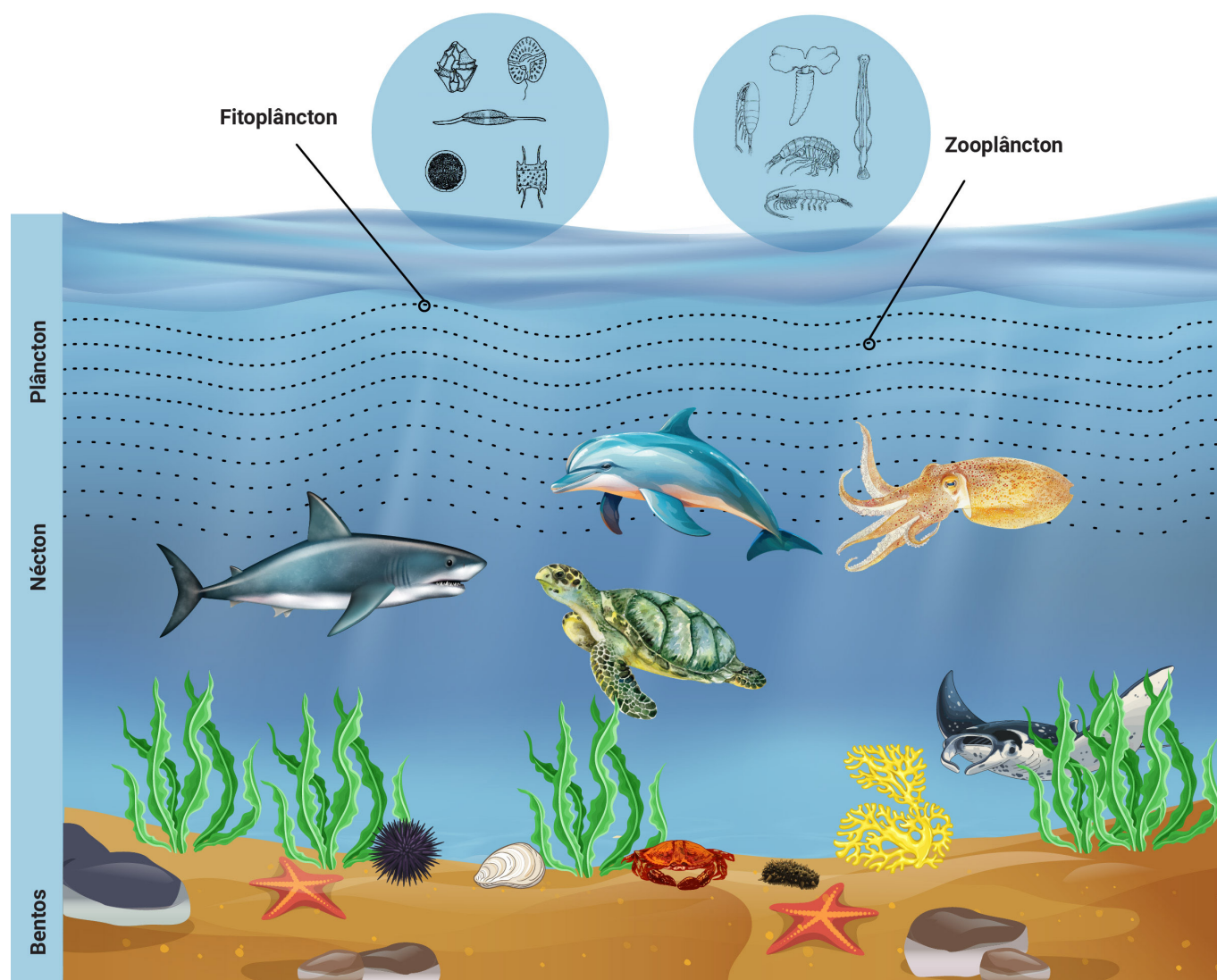
Algarve Centre of Marine Sciences, Portugal

B5.1.1 LIVETS MANGFOLDIGHED

Tusindvis af arter lever i verdens have, fra mikroskopiske organismer til det største dyr på Jorden (blåhvalen), fordelt fra overfladen til dybhavet, herunder polarområder. Det marine miljø rummer størstedelen af de 34 anerkendte dyrerækker, hvoraf mange udelukkende er marine, hvilket afspejler livets oprindelse i havet. Marine organismer klassificeres efter deres levevis i

plankton, nekton og **benthos** (se Fig. 1.1).

Plankton er små og fritsvævende organismer, for det meste mikroskopiske, som lever i vandsøjlen. De kan ikke svømme mod de dominerende vandstrømme og føres derfor med dem. De opdeles i fytoplankton, zooplankton og bakterio-plankton. Størstedelen af **biomassen** i havene

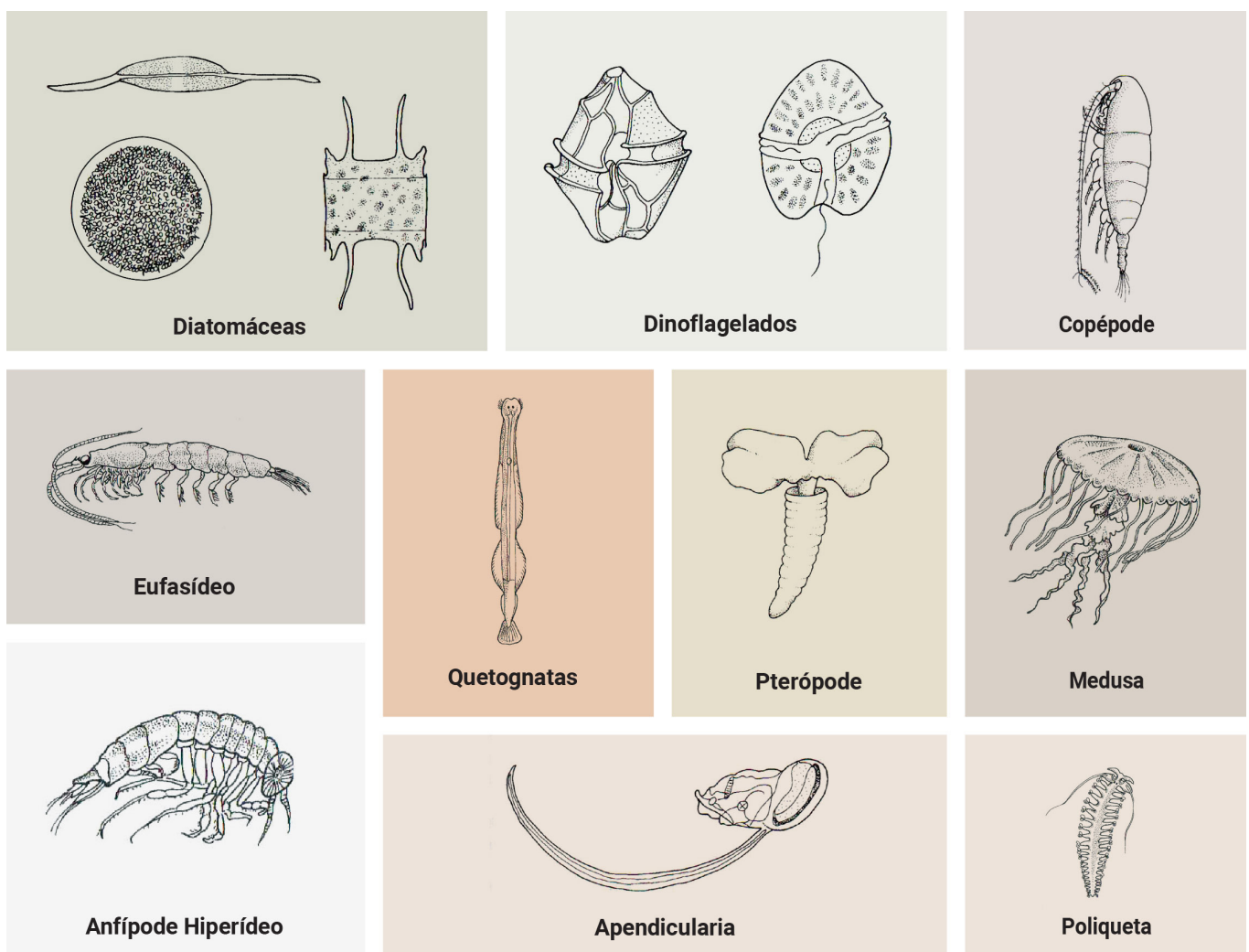


Figur 1.1

Skematisk fremstilling af klassificeringen af marine organismer efter deres levevis i plankton, nekton og benthos (ikke i målestok)

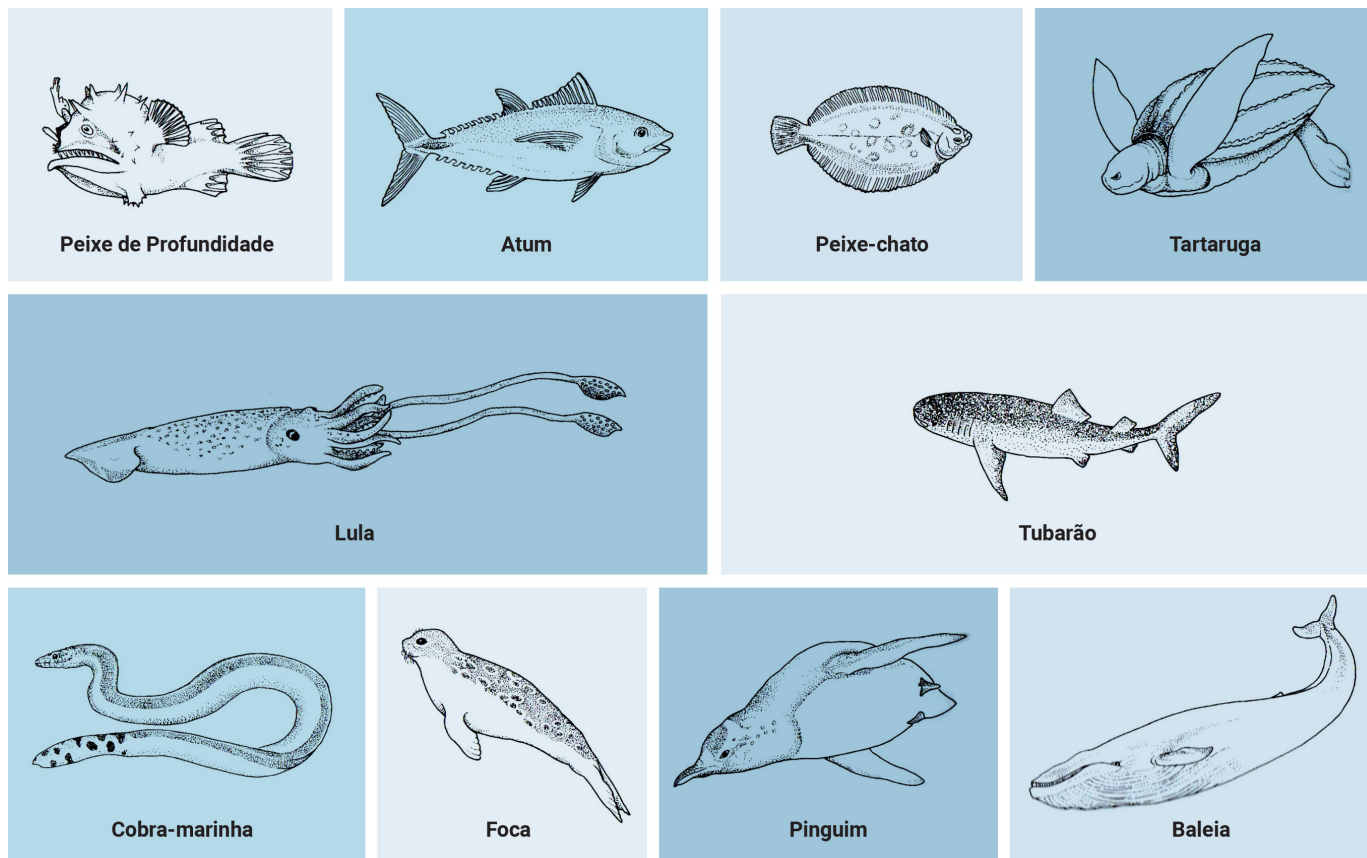
består af planktoniske organismer.

- **Fytoplankton** er mikroskopiske autotrofe organismer, der producerer energi gennem fotosyntese og danner grundlaget for mange akvatiske **fødenet** (f.eks. diatomeer og dinoflagellater) (se Fig. 1.2). De står for omkring halvdelen af den globale fotosyntetiske aktivitet.
- **Zooplankton** er for det meste små dyr, herunder larver af større marine dyr som krabber og søstjerner, der lever af fytoplankton (Fig. 1.2). Krill, dvs. små krebsdyr, der fungerer som føde for bardehvaler, udgør en vigtig del af zooplanktonet. Vandmænd betragtes som planktoniske dyr på grund af deres begrænsede evne til at modstå stærke strømme.
- **Bakterioplankton** er autotrofe og heterotrofe encellede organismer, som er mikroskopiske i størrelse, men ofte meget talrige (millioner eller milliarder af celler pr. milliliter vand). De udfører vigtige biogeokemiske funktioner såsom næringsstofkredsløb og nedbrydning af organisk materiale.



Figur 1.2.

Skematiske diagrammer over repræsentative medlemmer af diatomeer, dinoflagellater og zooplankton (ikke i målestok, modificeret efter Barnes and Hughes, 1999. An introduction to marine ecology, 3rd edition, Blackwell Science)



Figur 1.3

Skematiske diagrammer over repræsentative medlemmer af nekton (ikke i målestok, modificeret efter Barnes and Hughes, 1999. An introduction to marine ecology, 3rd edition, Blackwell Science)

Nekton er en gruppe organismer, der har udviklet evnen til at svømme og bevæge sig mod vandstrømme. De bevæger sig i vandsøjlen, men bruger også havbunden til at skjule sig, søge føde og yngle. Nektonorganismer opdeles i:

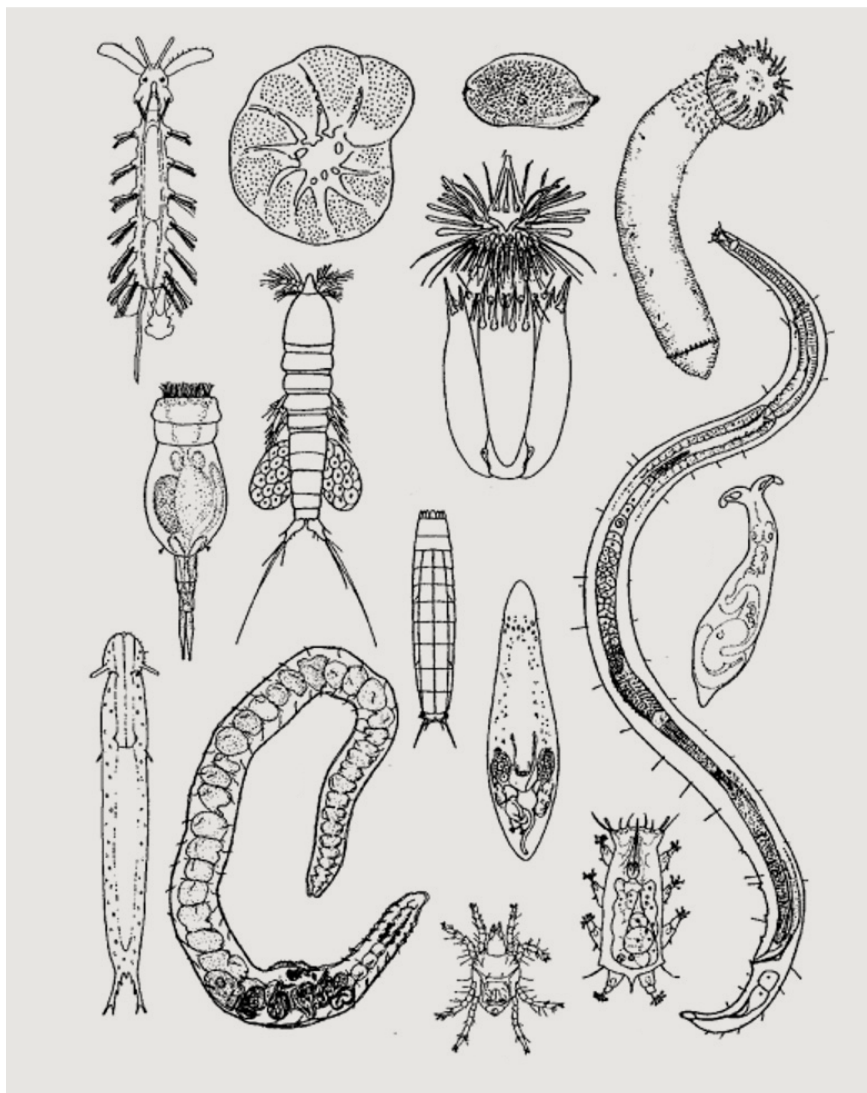
- Bløddyr (f.eks. blæksprutter)
- Krebsdyr (f.eks. rejer og krabber)
- Benfisk og bruskfisk (f.eks. laks og hajer)
- Krybdyr (f.eks. havskildpadder)
- Fugle (f.eks. pingviner)
- Havpattedyr (f.eks. hvaler og søløver)

Skematiske diagrammer over repræsentative

medlemmer af nekton vises i Fig. 1.3.

Benthos er en gruppe organismer, der lever på, i eller nær havbunden. De udgør mere end 98 % af de 250.000 kendte marine arter. Benthiske organismer opdeles i:

- **Mikrobenthos** er organismer på under 0,1 mm og omfatter sedimentbakterier, cyanobakterier og diatomeer.
- **Meiobenthos** er organismer på 0,1 mm til 0,5 mm og omfatter dyr sammen med enkelte store **protister** (Fig. 1.4).
- **Makrobenthos** er dyr på over 0,5 mm, der le-



Figur 1.4

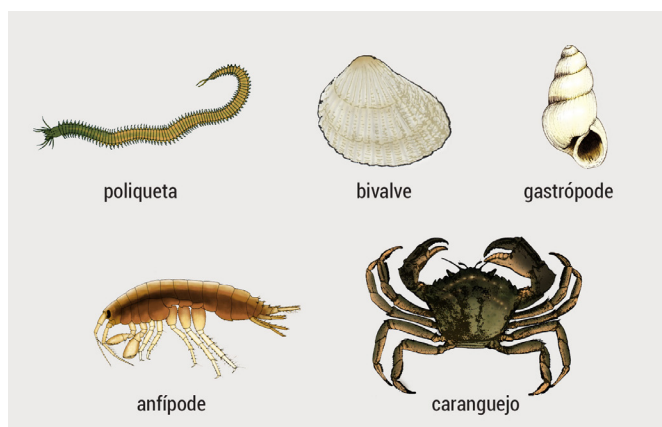
Skematiske diagrammer over repræsentative meiobentiske dyr (ikke i målestok, modificeret efter Higgins, R.P. and H. Thiel, 1988. Introduction to the Study of Meiofauna. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.)

ver på havbundens overflade (f.eks. søstjerner, krabber og koraller) eller i sedimenterne (f.eks. orme og muslinger). Specialiserede fisk med kropsformer som fladfisk og rokker, eller hvirvelløse dyr som blæksprutter og sepiaer, betragtes som bentiske organismer, fordi de lever i direkte kontakt med havbunden. Fast-siddende bentiske organismer mangler egen bevægelse og er permanent fastgjort til en anden organisme eller et **substrat**. Eksempler er rankefødde, østers og muslinger. Skematiske diagrammer over repræsentative mak-

robentiske dyr vises i Fig. 1.5.

- **Marin bentisk flora** omfatter **havgræsser** og **makroalger** (eller **tang**). Makroalger opdeles i grønne (Chlorophyta), røde (Rhodophyta) og brune alger (Phaeophyta), herunder de store kelparter. Skematiske diagrammer over en havgræsart og makroalger vises i Fig. 1.6.

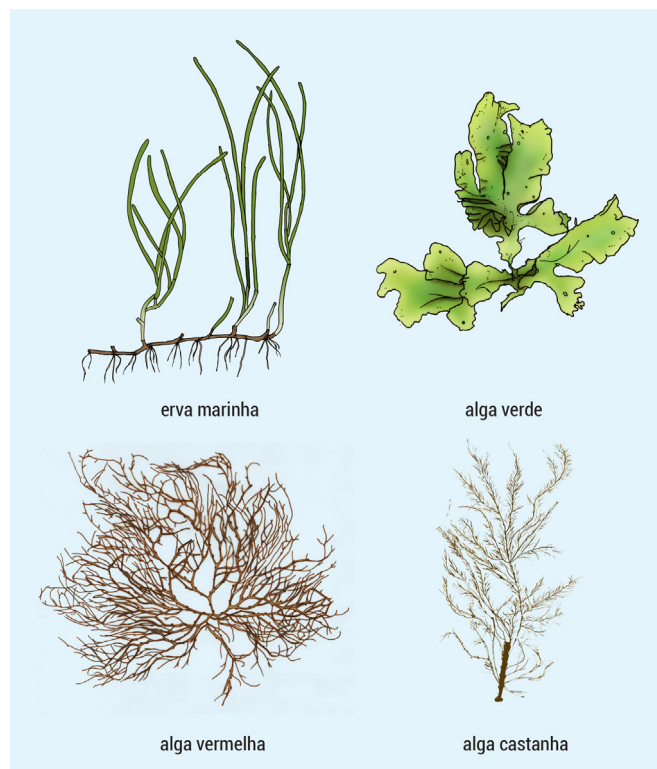
Marine organismer har særlige tilpasninger til livet i havet. Dybtdukkende dyr (havskildpadder eller søelefanter) kan holde vejret fra minut-



Figur 1.5

Skematiske diagrammer over makrobentiske dyr

ter til timer. Dyr, der er tilpasset det høje tryk ved bunden, kan ikke overleve i havets overfladelag. Mange bentiske arter har planktoniske stadier i deres livscyklus som en spredningsmekanisme, hvorefter de slår sig ned og metamorfoserer til en anden voksen form (søstjerner, vandmænd og koraller). Fordi lyd bevæger sig effektivt i vand, bruger mange marine dyr, herunder hvaler, delfiner, fisk og krebsdyr, undervandslyde til at kommunikere, navigere og finde føde. Polare havpattedyr har et tykt fedtlag under huden, kaldet



Figur 1.6

Skematiske diagrammer over en havgræsart og makroalger

spæk, som isolerer mod koldt vand. Søhestehannernes udelukkende reproduktive rolle, hvor de bliver gravide og føder ungerne, er unik blandt alle kendte dyrearter.

B5.1.2

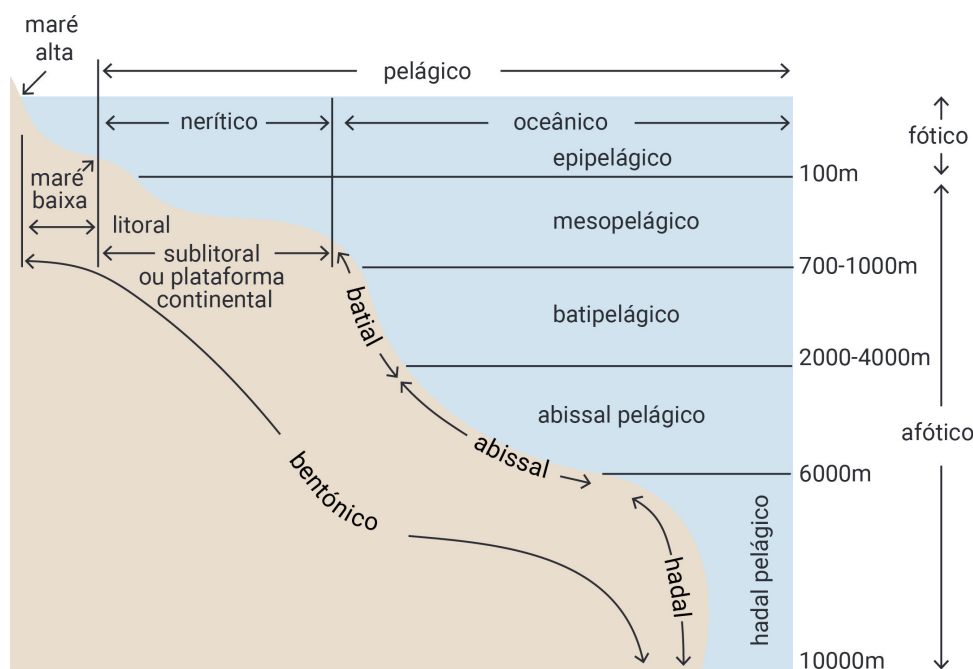
MANGFOLDIGHED AF ØKOSYSTEMER

Marine økosystemer formes af en række miljøfaktorer og af de organismer, der lever i dem. Centrale abiotiske faktorer omfatter temperatur, **saltholdighed**, adgang til lys, ilt og næringsstoffer, afstand til land og dybde; biotiske faktorer omfatter planter, dyr, mikrober og deres interaktioner. Fordi sollys er den vigtigste abiotiske faktor, opdeles havet i hovedlyszoner: den **fotiske** zone (ned til 100-200 meters dybde), hvor sollys trænger ned til fotosyntese; den **dysfotiske** zone (mellem 200 og 1000 meter), hvor der findes noget lys, men ikke nok til fotosyntese; og den **afotiske** zone (> 1000 meter), en fuldstændig mørk zone uden sollys (Fig. 1.7). Den fotiske zone er centrum for primærproduktion og understøtter de største populationer af marint liv.

Der findes tre hovedtyper af marine økosystem-

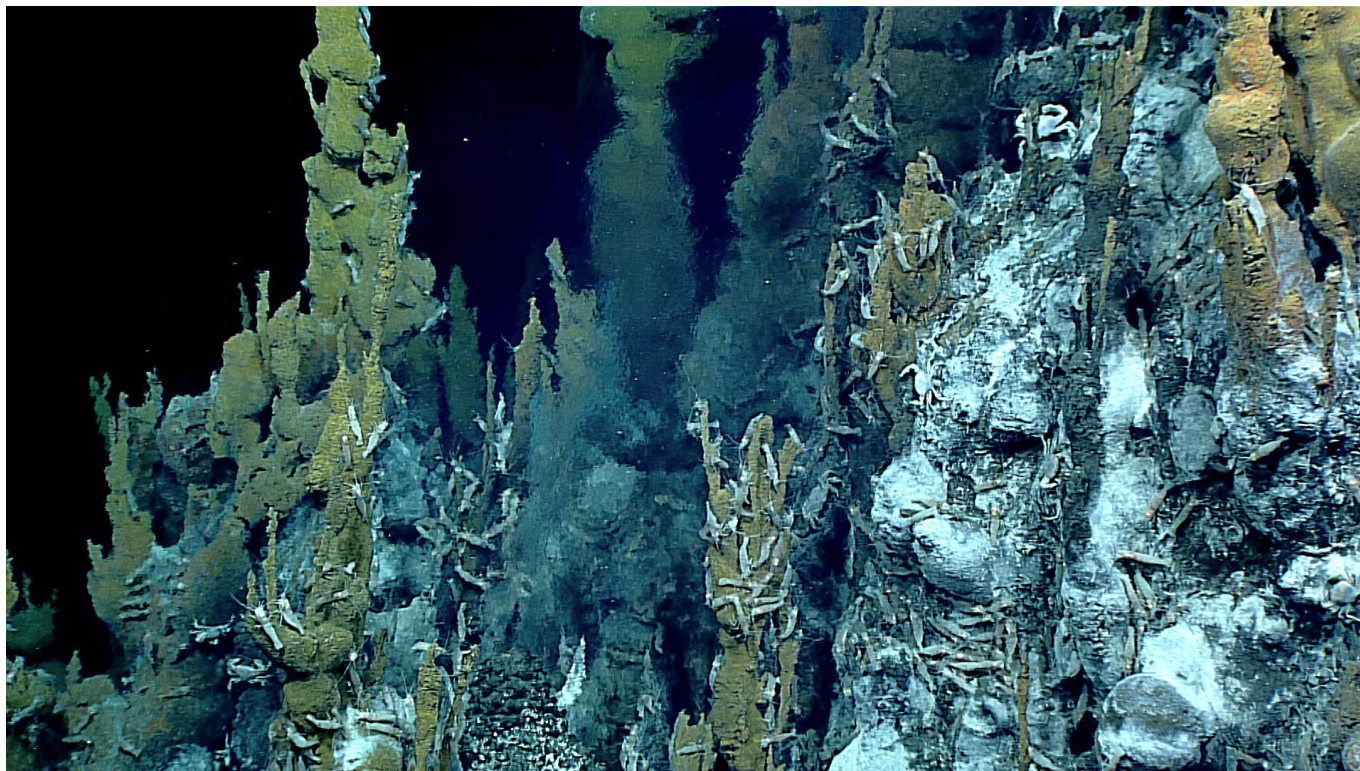
er: **dybhavet**, det **åbne hav** og **kyst- og nærområderne**, som er forbundet gennem komplekse **fødenet**, ofte med flere niveauer end terrestriske økosystemer.

Dybhavet er kendetegnet ved fuldstændigt mørke, ekstremt tryk og lave temperaturer. Kun få, meget specialiserede dybhavsorganismer (f.eks. havtaske og kæmperørorme) lever i denne havzone og er afhængige af kemisk energi til at producere organisk materiale (kemosyntese) eller af organismer, der synker ned fra den fotiske zone som føde. Eksempler på dybhavshabitater er **hydrotermiske væld** (Fig. 1.8) og **kolde udsivninger**.



Figur 1.7

Hovedopdelinger af verdenshavet (ikke i målestok, modificeret efter J.W. Nybakken, Marine Biology: An Ecological approach. 5th Edition, Benjamin Cummings)



Figur 1.8

Skorsten ved hydrotermisk væld. Vældvæsken ser ud som mørk røg på grund af de høje niveauer af mineraler og sulfider i væsken; skorstenen er dækket af rejer og krabber (billedkredit: NOAA Ocean Exploration, 2016 Deep water Exploration of the Marianas)



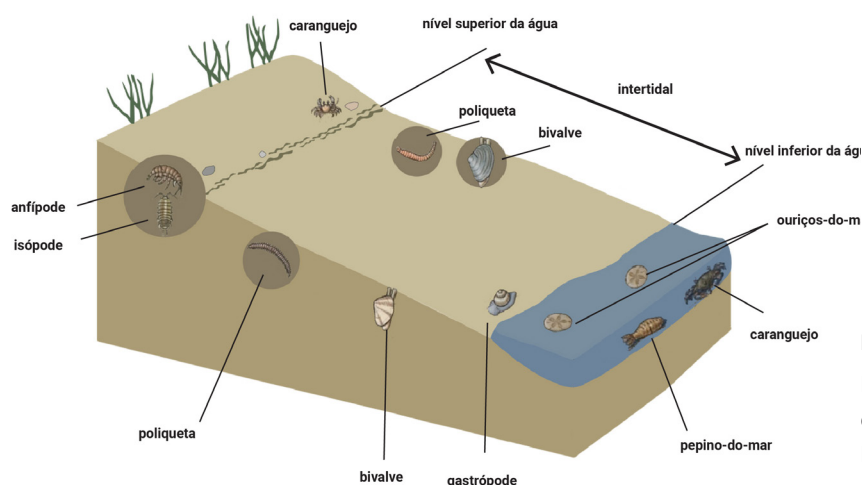
Figur 1.9

Kelpskov på klipperev, South Australia (fotokredit: Stefan Andrews / Ocean Image Bank)

Det åbne hav begynder ved kontinentalsoklens kant og dækker omkring 70 % af Jordens overflade. I dette enorme og dybe habitat er dyr tilpasset svømning over lange afstande og overlevelse. Uden nærliggende land til at tilføre næringsstoffer er produktiviteten generelt lav, undtagen i områder med **opvelling** nær vestkyster. I disse områder erstatter vinddrevne strømme og **Corioliseffekten** (afvigelse mod højre på den nordlige halvkugle) varmere og næringsfattigt overfladevand med koldere og næringsrigt dybvand. **Kelpskove** dannet af store brunalger (Fig. 1.9) trives i **opvellingsområder**.

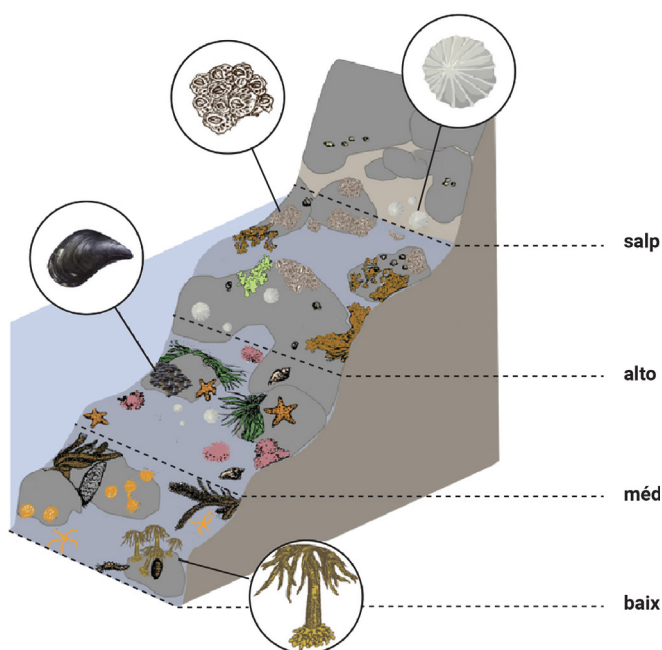
Kyst- og nærområdene økosystemer er blandt de mest produktive og biologisk rige på planeten. De ligger ved grænsen mellem land og hav og omfatter en bred vifte af miljøer med stor artsdiversitet, såsom sand- og klippekyster, estuarier, mangrover, saltmarsker, koralrev og havgræsenge.

- **Sandkyster** er hjemsted for krebsdyr og muslinger, som ofte graver sig ned for at undgå fysisk stress og rovdyr (Fig. 1.10); **klippekyser** er organiseret i lodrette zoner (supralittoral- eller sprøjtezonen, høj intertidal,



Figur 1.10

Mønster for zoner på sandstrand (modificeret efter P. Castro and M. Huber, Marine Biology, 11th Ed., Mc Graw-Hill Education)



Figur 1.11

Skematisk fremstilling af et typisk mønster for zoner på klippekyst (modificeret efter J. McCrae and L. Osis, Plants and animals of Oregon's rocky intertidal habitat, Oregon Department of Fish and Wildlife). Mønstret kan variere fra område til område

mellem intertidal og lav intertidal) baseret på deres eksponering for luft, lys og bølger (Fig. 1.11).

- **Estuarier, mangrover** (Fig. 1.12) og **saltmarsker** ligger i overgangszonen mellem fersk- og saltvand og oversvømmes af tidevand.
- **Koralrev** (Fig. 1.13) er kolonier af marine dyr tilhørende rækken Cnidaria, som ofte findes i næringsfattige og varme farvande i tropiske områder (selvom nogle koraller lever i kolde og dybe farvande); koraller har et symbiotisk forhold til encellede fotosyntetiske alger (zooxantheller), der lever i korallernes væv.
- **Havgræsenge** (Fig. 1.14), dannet af marine blomsterplanter, forekommer typisk i lav-

vandede kystområder; disse meget produktive økosystemer giver habitat, skjul og føde til marint liv, beskytter kyster og lagrer store mængder kulstof i sedimenterne.

Eksempler på havhabitater vises på <https://encounteredu.com/cpd/subject-updates/all-about-ocean-habitats>.

Menneskelige aktiviteter som kystudvikling, overfiskeri og forurening samt **klimaændringer** ændrer miljøforholdene og forårsager negative påvirkninger på marine organismer og biodiversitet.



Figur 1.12

Mangrover i Raja Ampat, Indonesien (fotokredit: The Ocean Agency / Ocean Image Bank)



Figur 1.13

Koralrev i Sharm el Sheikh, Egypten
(fotokredit: Renata Romeo / Ocean Image Bank)

Figur 1.14

Havgræs, Isles of Scilly, Cornwall, UK
(fotokredit: Michiel Vos / Ocean Image Bank)



B5.2

HAVGRÆSSER ER UNIKKE PLANTER

Paraskevi Malea Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Theodoros Kevrekidis
Democritus University of Thrace, Greece

B5.2.1
HAVGRÆSLITERACY
PRINCIP 1:
HAVGRÆSSER
ER UNIKKE PLANTER

B5.2.2

GRUNDLÆGGENDE BEGREBER

- a. Havgræsser er blomsterplanter, som vokser helt nedsænket og rodfæstet i marine og estuarine miljøer.
- b. Havgræsser gennemfører hele deres livscyklus under vand, herunder bestøvning, frøspiring og etablering samt udvikling og vækst af rhizomer og rødder.
- c. Havgræsser udviklede sig for omkring 100 millioner år siden og har en polyfyletisk oprindelse. Mulige forfædre til havgræsser er ferskvandshydrofytter og kystplanter.
- d. Havgræsser er en økologisk gruppe på omkring halvfjerds arter, der er samlet i tolv slægter. Tre af slægterne (*Halophila*, *Zostera* og *Posidonia*) omfatter de fleste havgræsarter.
- e. Havgræsser er meget udbredte. De forekommer i alle verdens kystområder undtagen langs de antarktiske kyster.
- f. Der er defineret seks havgræsregioner, to tropiske og fire tempererede, hver med særlige florakarakteristika. Den største artsdiversitet af havgræs findes i Sydøstasien.

B5.2.3 INDHOLDSVI- DEN: HAVGRÆS KARAKTERISTIKA, TAKSONOMI, OPRINDELSE OG EVOLUTION, GLOBAL UDBREDELSE

A. HAVGRÆSSETS KARAKTERISTIKA

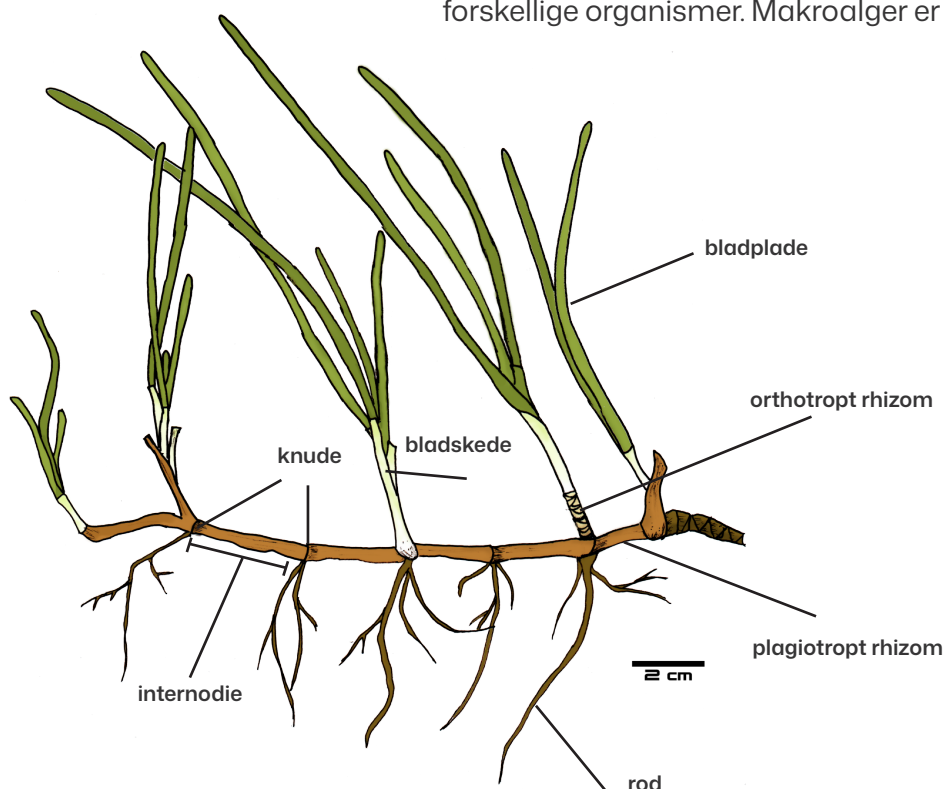
Havgræsser eller **marine angiospermer** er **blomstrende karplanter** med **rødder** og et internt transportsystem, som vokser helt nedsænket i marine og estuarine miljøer. Havgræsser har organer og væv, der ligner dem hos terrestriske blomsterplanter. De har dog også flere morfologiske og anatomiske tilpasninger til det marine miljø, som adskiller dem fra landplanter.

Havgræsser har tydelige **under substrat-dele** og **dele over substratet** (Fig. 2.1). **Delene under substratet** består af **rhizomer** til forankring og **rødder**, som er vigtige i processer for overførsel af næringsstoffer. Havgræsser har et veludviklet krybende **rhizom (vandret eller plagiotropt rhizom)** som vokser langs eller under substratet. Rhizomer består af led. Ved hvert ledskifte, kaldet en **knude**, eller ved bestemte knuder, findes en

eller flere forgrenede eller uforgrenede **rødder**, og et **skud**. Rhizomstykket mellem to knuder kaldes et **internodie**.

Mange havgræsarter har, ud over vandrette rhizomer, også **lodrette (ortotrope) rhizomer**, som typisk bærer kortere internodier. **Delene over substratet** udgøres af **skud** med blade. Begrebet **skud** betegner blade plus rhizom, vandret eller lodret. Havgræsser har specialiserede blade med en meget reduceret kutikula og en epidermis uden spalteåbninger. Et blad har normalt en basal **bladskede** til at beskytte de udviklende blade og en distal **bladplade** til fotosyntese.

Havgræsser forveksles ofte med **makroalger**. Havgræsser og makroalger er imidlertid meget forskellige organismer. Makroalger er især meget

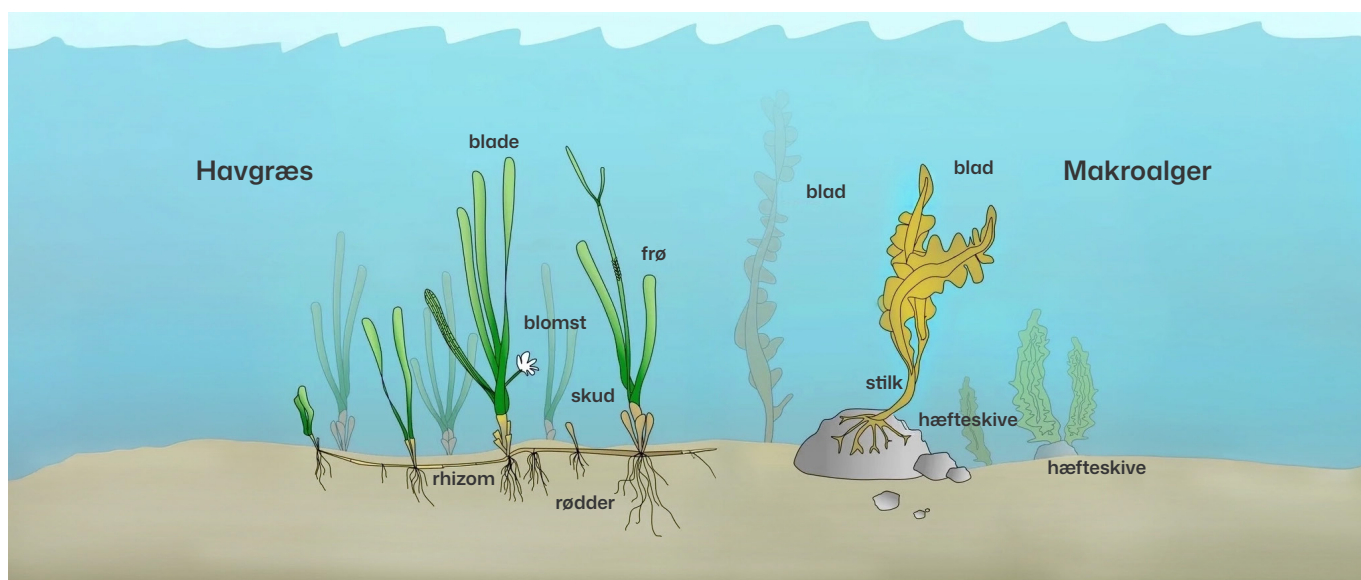


Figur 2.1

En skematisk fremstilling af de grundlæggende bestanddele af en typisk havgræsplante

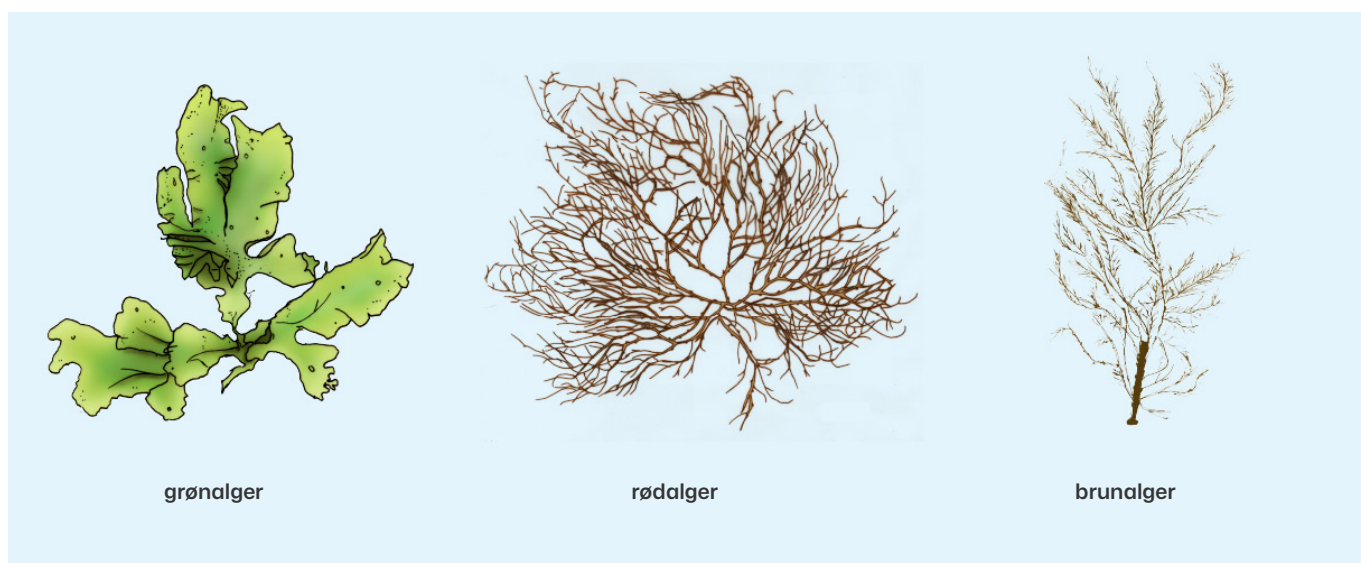
enklere organismer end havgræsser (Fig. 2.2). Makroalger, også kendt som **tang**, er multicellulære og makroskopiske autotrofe organismer. I modsætning til havgræsser har tang ikke et egentligt rodsystem, men simple **hæfteskiver** til at fastholde sig på hårdt **substrat** såsom sten eller skaller. Tang har ikke ledningsstreng, der transporterer molekyler rundt i planten, sådan som havgræsser har; de optager mineraler og næringsstoffer fra vandsøjlen. Fotosyntese hos tang foregår i alle celler, mens den hos

havgræsser er begrænset til bladceller. Formering hos tang sker ikke via blomster, frugter og frø som hos havgræsser, men via sporer. Makroalger inddeles taksonomisk i tre forskellige grupper baseret på farven af deres **thallus**, nemlig **Chlorophyta** (grønalger), **Rhodophyta** (rødalger) og **Phaeophyta** (brunalger) (Fig. 2.3). Ud over farven adskiller disse tre grupper sig dog betydeligt i mange ultrastrukturelle og biokemiske egenskaber.



Figur 2.2

Skematiske diagrammer over et havgræs og makroalger (modificeret efter Seagrass-Watch <https://www.seagrasswatch.org/>).



Figur 2.3

Skematiske diagrammer over grønne, røde og brune makroalger

B. LIVSCYKLUS OG SPREDNING

Havgræsser gennemfører hele deres livscyklus under vand eller, i særlige tilfælde, på vandoverfladen, herunder seksuel reproduktion (bestøvning), frøspiring og etablering (Fig. 2.4 og 2.5) samt skud/rhizom- og rodudvikling og vækst. Især har alle havgræsarter, undtagen *Enhalus acoroides*, hydrofil bestøvning, hvor pollenkor frigives i vandsøjlen for at befrugte hunblomsten. *Enhalus acoroides* er den eneste havgræsart med overfladebestøvning. Dens pollenkor frigives ved højvande og transporteres på overfladen for at befrugte hunblomsten ved lavvande.

Forlængelse og forgrening af havgræssets rhizomer er den vigtigste mekanisme, hvormed

havgræsser optager habitatplads. Denne vegetative vækst er en afgørende proces for, at havgræsenge kan bestå og brede sig. Vedligeholdelse og udbredelse af havgræsenge afhænger også af seksuel reproduktion, som er den vigtigste mekanisme, der regulerer dannelsen af havgræs-pletter.

Væksthastigheden varierer meget mellem havgræsarter. Denne variation afhænger i høj grad af forskelle i plantestørrelse; mindre havgræsarter har tendens til at vokse hurtigere end større. For eksempel varierer væksthastigheden for havgræssets vandrette (plagiotrope) rhizomer fra 2 cm om året hos arten *Posidonia oceanica* til mere end 2 m om året hos arten *Cy-*

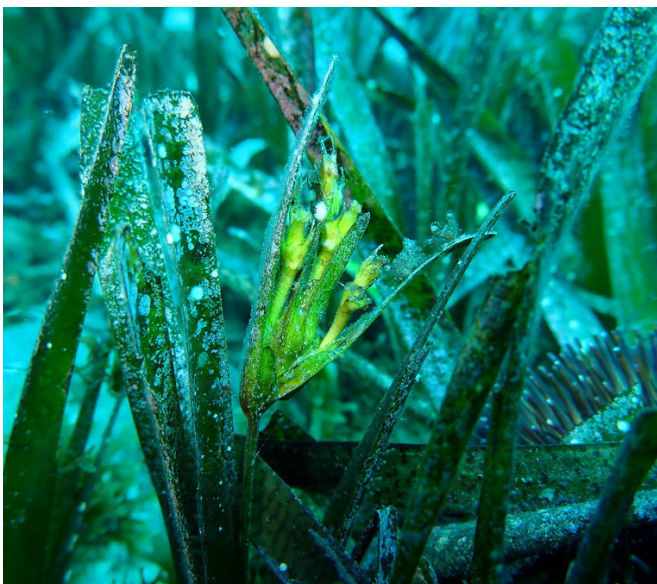
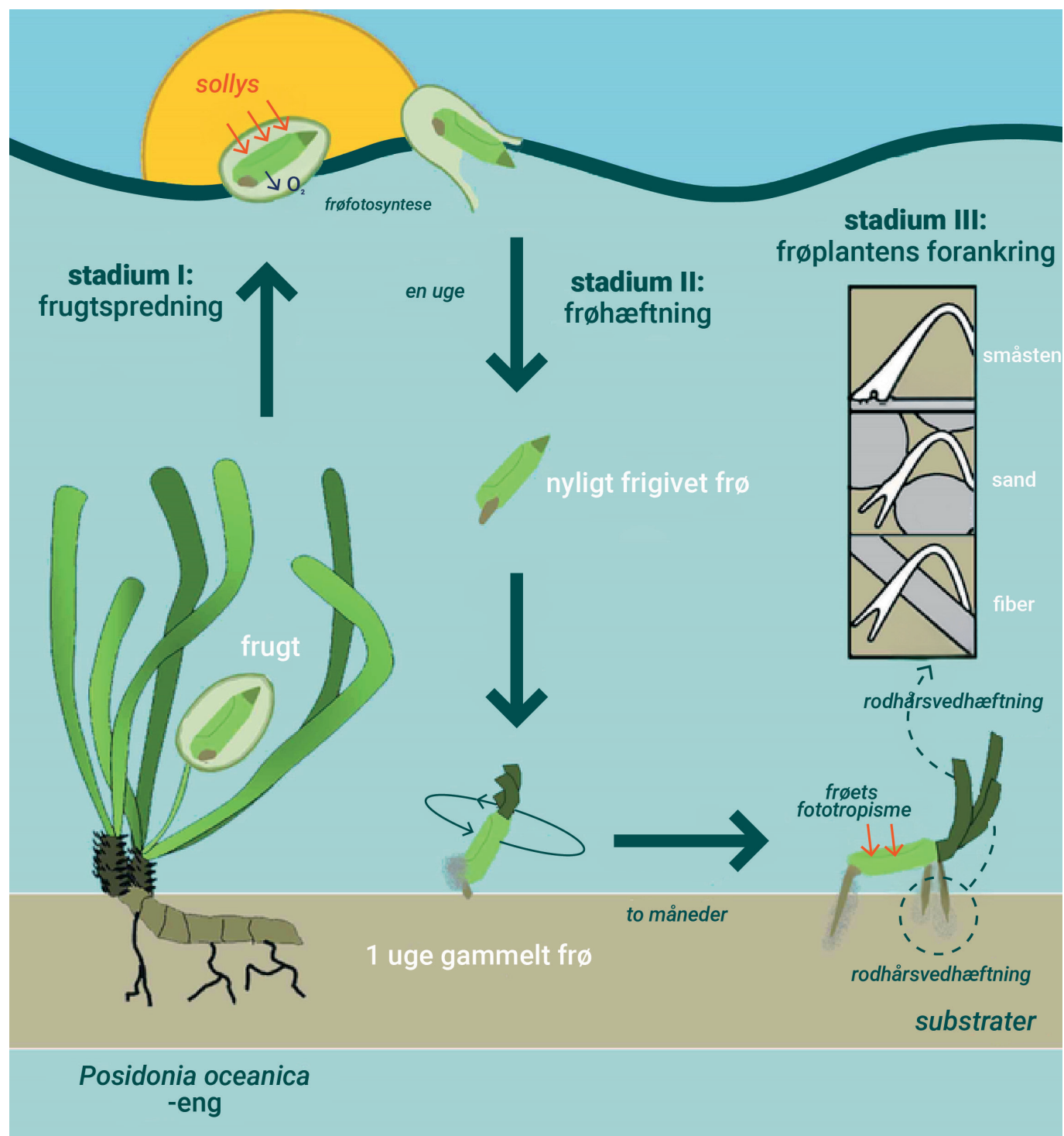


Figure 2.4

Flowers (left) and fruit collected at the beach (right) of the seagrass *Posidonia oceanica* (photo credit Maria Altamirano Jeschke (left) and Eduardo Infantes Ordas (right)/AlgaeBase)

modoccea nodosa. *Posidonia oceanica* er en langlivet og meget langsomt voksende havgræsart. Den langsomme vandrette rhizomforlængelse hos *Posidonia oceanica* forklarer dens ekstremt langsomme spredning og peger på langsomme

tidsskalaer for genopretning for denne art (fra århundreder til årtusinder). Omvendt viser de målte hastigheder for vandret rhizomudvidelse og forgreningsfrekvens hos de øvrige havgræsarter i Europas kystfarvande genopretningstidsskalaer på årtier.



Figur 2.5

Skematisk fremstilling af de seksuelle rekrutteringsstadier hos havgræsset *Posidonia oceanica* (modificeret efter Guerrero-Meseguer L, Sanz-Lázaro C, Marín A (2018). PLoS ONE 13(11): e0207345)

C.TAKSONOMI

Havgræsser er en biologisk gruppe, der består af nedsænkede marine blomsterplanter. Alle havgræsser er **enfrøbladede** og tilhører ordenen **Alismatales**, som overvejende består af akvatiske planter. Der er rapporteret omkring halvfjerds havgræsarter, som er samlet i tolv slægter fordelt på fire familier. Tre af de fire familier, nemlig Hydrocharitaceae, Cymodoceaceae og Zosteraceae, er repræsenteret i varme tempererede og tropiske farvande, mens familien Posidoniaceae kun findes i tempererede farvande.

Familien **Hydrocharitaceae** omfatter havgræsslægterne *Enhalus*, *Thalassia* og *Hal-*

ophila (Fig. 2.6a), familien **Cymodoceaceae** slægterne *Cymodocea* (Fig. 2.6b), *Thalassodendron*, *Amphibolis*, *Syringodium* og *Halodule*, familien **Posidoniaceae** slægten *Posidonia* (Fig. 2.6c), og familien **Zosteraceae** slægterne *Phyllospadix*, *Zostera* (Fig. 2.6d) og *Heterozostera*.

Det skal bemærkes, at slægten *Heterozostera* i øjeblikket indgår i *Zostera*. På den anden side anerkender flere forfattere tre slægter, *Zostera*, *Nanozostera* og *Heterozostera*.

Tre af slægterne, nemlig *Halophila*, *Zostera* og *Posidonia*, omfatter de fleste havgræsarter, mens



Figur 2.6

Arter af slægterne *Halophila* (a), *Cymodocea* (b), *Posidonia* (c) og *Zostera* (d)

(fotokredit Katrin Østerlund (a), Isabel Rubio Perez (b), Eduardo Infantes Ordas (c) og Ignacio Barbara (d)/AlgaeBase)

slægten *Enhalus* kun er repræsenteret af én art (*Enhalus acoroides*) (Fig. 2.7).

Det er værd at bemærke, at nogle forfattere inkluderer arter af slægterne *Ruppia* (familien

Ruppiaceae) og *Lepilaena* (familien Potamogetonaceae) i havgræsgruppen. Begge familier, Ruppiaceae og Potamogetonaceae, tilhører også ordenen Alismatales.



Figur 2.7

Enhalus acoroides

(fotokredit Steven Victor/AlgaeBase)

D.OPRINDELSE OG EVOLUTION

Havgræsser stammer alle fra én enkelt orden af blomsterplanter, den enfrøbladede planteorden Alismatales. Ordenen Alismatales, som overvejende består af akvatiske planter i alle former – emergente, nedsænkede, **ferskvands**, estuarine og marine – opstod tidligt i udviklingen af de **enfrøbladede**. Denne gruppe udviklede sig sandsynligvis for mere end 100 millioner år siden. Selvom alle havgræsser stammer fra ordenen Alismatales, har de ikke én fælles evolutionær oprindelse, men udgør en **polyfyletisk gruppe**. Der findes flere uafhængigt udviklede linjer af havgræsser. Særligt indeholder Alismatales **fire polyfyletiske linjer** med havgræsser. Moderne

havgræsfamilier begyndte at divergere for mere end 70 millioner år siden. De forskellige moderne familielinjer af havgræs varierer dog i alder, og de fleste er betydeligt yngre.

De **fire linjer** er (1) en marin gruppe af Hydrocharitaceae, herunder *Enhalus*, *Halophila* og *Thalassia*, (2) tre familier, der samlet omtales som Cymodoceaceae-”komplekset”, herunder Cymodoceaceae, Ruppiaceae og Posidoniaceae, (3) Zosteraceae, der omfatter *Zostera* (inklusive *Heterozostera* og *Nanozostera*) og *Phyllospadix*, og (4) nogle få arter af *Lepilaena* i Potamogetonaceae.

E. GLOBAL UDBREDELSE

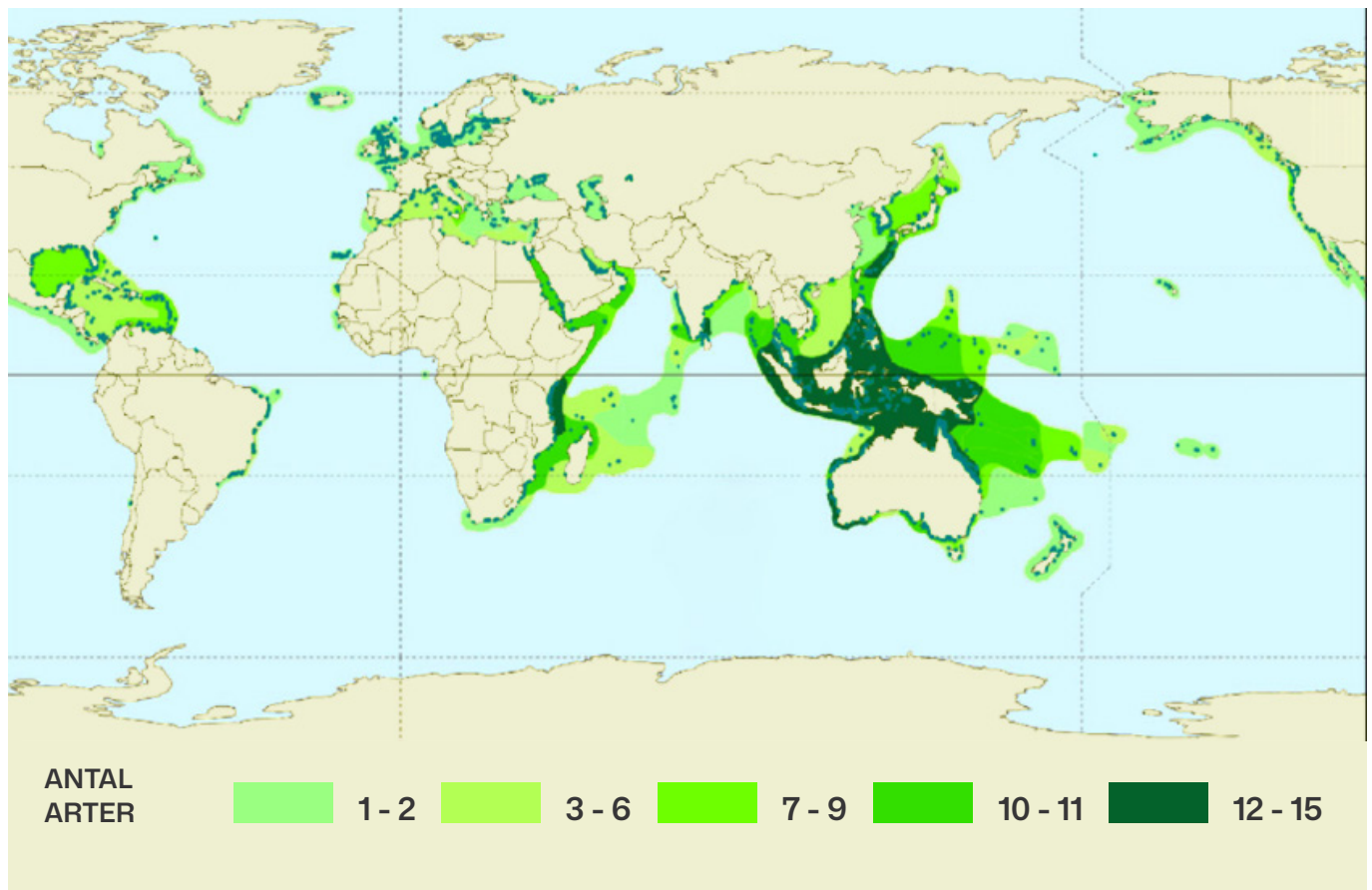
Havgræsser er **meget udbredte**. De forekommer i alle verdens kystområder undtagen langs de antarktiske kyster. Havgræsforekomster er især registreret i mere end 160 lande.

Havgræsslægter opdeles ofte i **tempererede** og **tropiske slægter**. Syv slægter, nemlig *Thalassia*, *Halophila*, *Syringodium*, *Halodule*, *Cymodocea*, *Thalassodendron* og *Enhalus*, synes primært at være udbredt langs tropiske kyster. Fem slægter, nemlig *Zostera*, *Phyllospandix*, *Heterozostera*, *Posidonia* og *Amphibolis*, er primært udbredt langs tempererede kyster. Den koldt-tempererede art *Zostera marina* krydser polarcirklen i Europa og i det nordlige Stillehav. Antarktiske kyster mangler havgræsser, muligvis på grund af isskuring, som i høj grad skader havgræsser.

Der er dog mange undtagelser fra opdelingen af havgræsarter i tempererede og tropiske slægter. For eksempel betragtes slægten *Cymodocea* som en tropisk slægt, men arten *Cymodocea nodosa* er udbredt langs de tempererede kyster i Middelhavet, Atlanterhavskysterne i det sydlige

Portugal og Nordvestafrika. Derudover betragtes slægten *Zostera* som en tempereret slægt, men arter af *Zostera* forekommer også langs tropiske kyster.

Der er udarbejdet udbredelseskort for alle havgræsarter. Ved at sammenlægge artskortene blev der desuden udviklet et **globalt kort over havgræsbidiversitet** (se Fig. 2.8 og <https://data-gis.unep-wcmc.org/portal/home/web-scene/viewer.html?layers=917c4dc3350e4ef-7bffd8ef583247e6d>). Dette kort viser antallet af havgræsarter i forskellige dele af verden. Det globale kort over havgræsbidiversitet viser de tre centre for høj diversitet. Alle disse centre ligger på den østlige halvkugle; det største ligger over det ø-insulære Sydøstasien, mens de to andre centre ligger tæt på denne region, men er særskilte: Japan/Republikken Korea og det sydvestlige Australien. Andre områder med betydelig havgræsdiversitet omfatter det sydlige Indien og Østafrika.



Figur 2.8

Global havgræsdiversitet og -udbredelse. Grønne nuancer angiver antallet af arter rapporteret for et område; blå punkter og polygoner angiver dokumenterede rapporter om havgræsforekomst (Short et al. 2007, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350: 3-20)

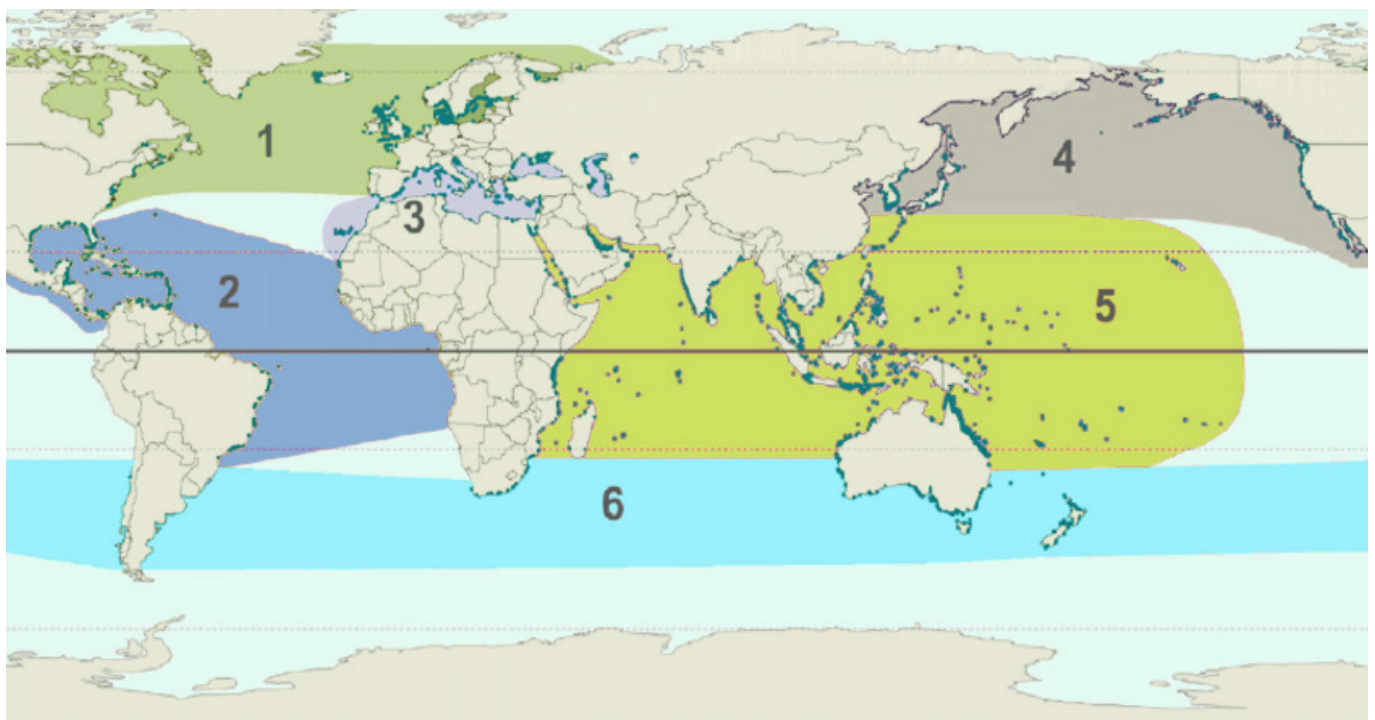
F.HAVGRÆSBIOREGIONER

Havgræs-**bioregioner** er udviklet for at beskrive havgræssets udbredelse og artssammensætninger (dvs. grupper af forskellige arter, som findes samme sted på samme tid). Der er især defineret seks globale bioregioner, fire **tempererede** og to **tropiske** (Fig. 2.9). De tempererede bioregioner er **Temperate North Atlantic**, **Temperate North Pacific**, **Mediterranean** og **Temperate Southern Oceans**. De tropiske bioregioner omfatter **Tropical Atlantic** og **Tropical Indo-Pacific**.

De seks bioregioner og deres beskrivelse præsenteres nedenfor:

1. *Temperate North Atlantic* (North Carolina, USA til Portugal). Tempererede havgræsser med lav diversitet (5 arter), primært i estuarier og laguner. Den vigtigste art er *Zostera marina*.

2. *Tropical Atlantic* (herunder Det Caribiske Hav, Den Mexicanske Golf, Bermuda, Bahamas og begge tropiske kyster af Atlanterhavet). Tropiske havgræsser med høj diversitet (10 arter), som vokser på bagrev og lavvandede banker i klart vand. Området domineres af *Thalassia testudinum*, og slægten *Halophila* rummer det største antal arter.



Figur 2.9

Global havgræsudbredelse vist som blå punkter (data fra 2005 UNEP-WCMC) og geografiske bioregioner: 1. Temperate North Atlantic, 2. Tropical Atlantic, 3. Mediterranean, 4. Temperate North Pacific, 5. Tropical Indo-Pacific, 6. Temperate Southern Oceans (modificeret efter Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., Waycott, M., 2007. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 3–20)

Tabel 2.1

Havgræsarter, der kan forventes i havgræsbioregion 1 og 3*

Bioregion 1: <i>Temperate North Atlantic</i> (5 arter).	
Nordamerikansk kyst:	<i>Zostera marina</i> (dominerende), <i>Ruppia maritima</i> , <i>Halodule wrightii</i> – kun North Carolina.
Europa:	<i>Zostera marina</i> (dominerende), <i>Zostera noltei</i> , <i>Ruppia maritima</i> , <i>Cymodocea nodosa</i> .
Bioregion 3: <i>Mediterranean</i> (9 arter).	
Middelhavet:	<i>Posidonia oceanica</i> (dominerende), <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Ruppia cirrhosa</i> , <i>Ruppia maritima</i> , <i>Zostera marina</i> , <i>Zostera noltei</i> , <i>Halophila stipulacea</i> (introduceret).
Atlantisk Nordvestafrika, Kanariske Øer:	<i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Halodule wrightii</i> , <i>Halophila decipiens</i> , <i>Zostera noltei</i> .
Sortehavet:	<i>Zostera marina</i> , <i>Zostera noltei</i> , <i>Ruppia maritima</i> , <i>Ruppia cirrhosa</i> .
Det Kaspiske Hav og Aralsøen:	<i>Zostera noltei</i> .

Note: *Ruppia cirrhosa* forveksles ofte med *Ruppia maritima* og er i øjeblikket under taksonomisk revision.

*Based on Short et al., 2007. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 350, 3–20

3. *Mediterranean* (herunder Middelhavet, Sortehavet, Det Kaspiske Hav og Aralsøen samt Nordvestafrika). Omfattende dybe enge med moderat diversitet og en tempereret/tropisk blanding af havgræsser (9 arter), som vokser i klart vand. Området domineres af dybtvoksende *Posidonia oceanica*.

4. *Temperate North Pacific* (Korea til Baja, Mexico). Høj diversitet af tempererede havgræsser (15 arter) i estuarier, laguner og kystnære brændingszoner. Arter af slægten *Zostera* findes i estuarier og laguner, og arter af slægten *Phyllospadix* i brændingszonen.

5. *Tropical Indo-Pacific* (Østafrika, Sydasiens og tropisk Australien til det østlige Stillehav). Den største bioregion med højest diversi-

tet; tropiske havgræsser (24 arter), hovedsageligt på revflader, men også på dybt vand, hvor mange ofte græsses af megaherbivorer. Slægten *Halophila* rummer det største antal arter.

6. *Temperate Southern Oceans* (New Zealand og tempereret Australien, Sydamerika og Sydafrika). Omfattende enge med lav til høj diversitet af tempererede havgræsser (18 arter), som ofte vokser under ekstreme forhold. Området domineres af forskellige arter af *Posidonia* og *Zostera*.

Navnene på havgræsarter, der kan forventes i bioregion 1 og 3, præsenteres i Tabel 2.1.

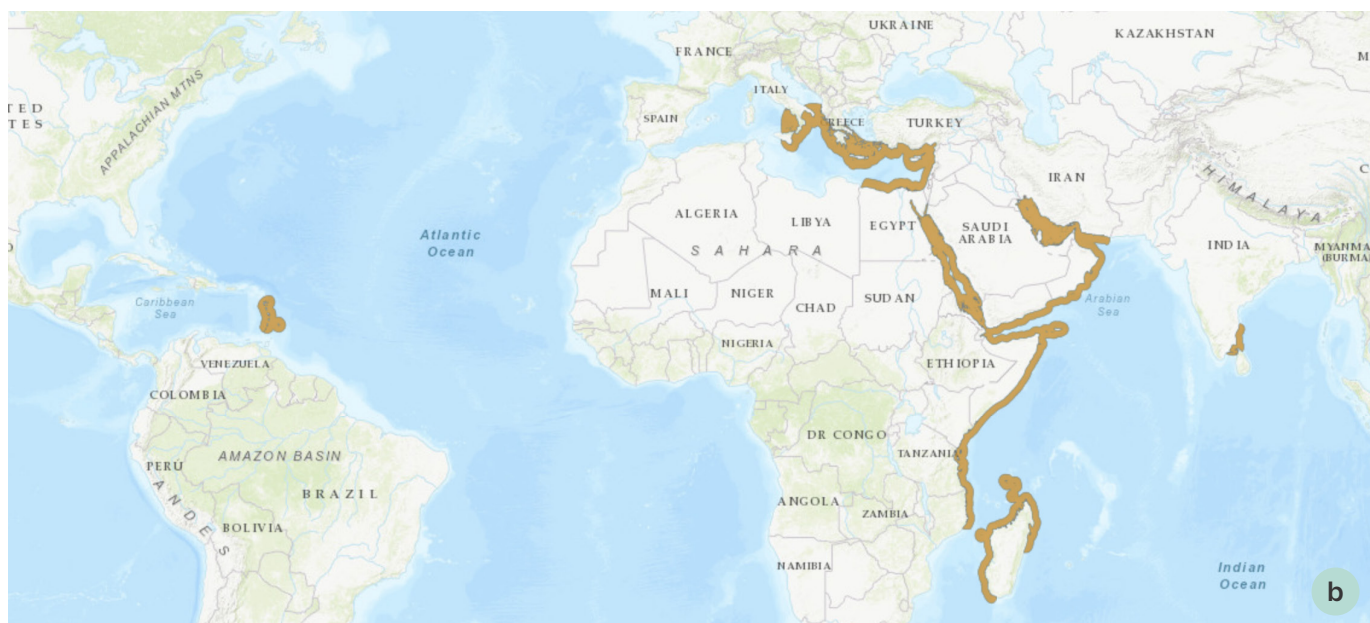
G. HAVGRÆSARTER I EUROPAS KYSTFAR- VANDE

Fem arter af havgræs findes i Europas kystfarvande, nemlig *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* og *Zostera noltei* (dette navn betragtes i øjeblikket som et synonym for *Nanozostera noltei*). For nylig blev en population af arten *Halophila decipiens* identificeret i Den Saroniske Bugt, Det Ægæiske Hav.

Hvad angår **brakvands**angiospermer af slægten *Ruppia*, rapporterede nogle forfattere kun én art, *Ruppia maritima*, i europæiske habitater, mens andre anerkendte to arter, *Ruppia maritima* og *Ruppia cirrhosa*. I Middelhavsområdet er tre arter blevet rapporteret *Ruppia maritima*, *Ruppia*

cirrhosa og *Ruppia drepanensis*, sidstnævnte anerkendt som en varietet (*Ruppia cirrhosa* var. *drepanensis*). Faktisk forveksles *Ruppia cirrhosa* ofte med *Ruppia maritima* og er i øjeblikket under taksonomisk revision.

Den geografiske udbredelse af arterne *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Ruppia maritima* (Europa-vurdering), *Zostera marina* og *Zostera noltei* vises i Fig. 2.10 og 2.11. Desuden vises en beskrivelse af disse arters geografiske udbredelse, herunder en detaljeret udbredelse i Europas kystfarvande, i Tabel 2.2.



Figur 2.10

Geografisk udbredelse af arterne (a) *Cymodocea nodosa*, (b) *Halophila stipulacea* og (c) *Posidonia oceanica* (fra Short et al., 2010. The IUCN Red List of Threatened Species 2010, og Pergent et al., 2016. The IUCN Red List of Threatened Species 2016)



Figur 2.11

Geografisk udbredelse af arterne (a) *Ruppia maritima* (Europa-vurdering), (b) *Zostera marina* og (c) *Zostera noltei* (fra Lansdown, 2011. The IUCN Red List of Threatened Species 2011, og Short et al., 2010. The IUCN Red List of Threatened Species 2010)

Table 2.2

Range description of seagrass species occurring in Europe's coastal waters*

Udbredelsesbeskrivelse	
Cymodocea nodosa	findes i hele Middelhavet og strækker sig ud i Atlanterhavet mod nord til midten af Portugal og mod syd til Madeira og De Kanariske Øer og Kap Verde-øerne samt til Mauretanien og Senegal på Afrikas kyst. <i>Detaljeret udbredelse på atlantiske øer og i Europa:</i> <i>Atlantiske øer:</i> De Kanariske Øer, Madeira. <i>Europa:</i> Balearerne, Korsika, Kroatien, Frankrig, Frankrig (Middelhavet), Grækenland, Italien, Malta, Middelhavet, Venediglagunen.
Halophila stipulacea	findes fra Den Persiske Golf til Det Røde Hav og ned langs Østafrikas kyst til Mozambique. Den forekommer omkring størstedelen af Madagaskar og omkring øerne i det vestlige Indiske Ocean. Den er også rapporteret fra det østlige Indien. I Middelhavet forekommer <i>Halophila stipulacea</i> fra Egypten til Syditalien og Tunesien, og den kan være blevet introduceret gennem Suezkanalen. I Det Caribiske Hav er <i>Halophila stipulacea</i> for nylig blevet indsamlet i Vestindien på øerne Grenada, Dominica og St. Lucia. <i>Detaljeret udbredelse i Europa:</i> <i>Europa:</i> Albanien, Cypern, Grækenland, Italien, Malta.
Posidonia oceanica	findes i hele Middelhavsbassinet med undtagelse af store estuarier og koldere dele af Middelhavet, såsom størstedelen af Lionbugten, den nordlige del af Adriaterhavet og den vestligste del af Alb-oranhavet tæt ved Gibraltarstrædet. Desuden synes dens fravær i den ekstreme sydøstlige del af bassinet at være direkte knyttet til miljøforhold med meget høje vandtemperaturer om sommeren. Arten findes også langs den østlige ægæiske kyst fra Alanya-provinsen til Dardanellerstrædet og i Marmarahavet. <i>Detaljeret udbredelse i Europa:</i> <i>Europa:</i> Albanien, Kroatien, Cypern, Frankrig (Middelhavet - fastland, Korsika), Gibraltar, Grækenland, Italien (fastland, Sardinien, Sicilien), Malta, Monaco, Montenegro, Slovenien; Spanien (Balearerne, fastland), Türkiye-in-Europe.
Ruppia maritima	er en cirkumglobal art, udbredt i tempererede og tropiske områder. <i>Detaljeret udbredelse i Europa:</i> <i>Europa:</i> Østersøen, Krim, Frankrig, Frankrig (Middelhavet), Tyskland, Grækenland, Norge, Spanien, Sverige, Veneto. <i>Som Ruppia cirrhosa:</i> <i>Europa:</i> Balearerne, Østersøen, Sortehavet, Korsika, Krim, Frankrig, Tyskland, Grækenland, Norge, Spanien, Veneto, Venediglagunen.
Zostera marina	er udbredt og cirkumglobal på nordlige breddegrader og findes i hele Nordatlanten og det nordlige Stillehav samt i Middelhavet og Sortehavet. <i>Zostera marina</i> strækker sig ind i Arktis i Alaska, Canada, Grønland og Nordeuropa og til troperne i Baja California, Mexico. <i>Zostera marina</i> er en almindelig havgræsart i det vestlige Middelhav, men den synes at være sjælden i det østlige Middelhav, hvis den overhovedet findes der. <i>Detaljeret udbredelse på atlantiske øer og i Europa:</i> <i>Atlantiske øer:</i> Grønland, Island. <i>Europa:</i> Østersøen, Sortehavet, Storbritannien, Kanaløerne, Krim, Danmark, Finland, Frankrig, Frankrig (Atlanterhavet), Frankrig (Breizh), Tyskland, Irland, Italien, Nederlandene, Norge, Polen, Portugal, Rumænien, Rusland (Europa), Spanien, Sverige, Veneto.
Zostera noltei	forekommer i det østlige Atlanterhav samt i Østersøen, Middelhavet, Sortehavet, Det Kaspiske Hav og Aralsøen. <i>Zostera noltei</i> forekommer også i det vestlige Afrika i Mauretanien og på De Kanariske Øer og Kap Verde-øerne. <i>Detaljeret udbredelse på atlantiske øer og i Europa:</i> <i>Atlantiske øer:</i> De Kanariske Øer. <i>Europa:</i> Balearerne, Østersøen, Belgien, Sortehavet, Storbritannien, Krim, Kroatien, Danmark, Frankrig, Frankrig (Atlanterhavet), Frankrig (Breizh), Frankrig (Middelhavet), Tyskland, Grækenland, Italien, Middelhavet, Nederlandene, Norge, Portugal, Rumænien, Slovenien, Spanien, Sverige, Veneto.

*Based mainly on IUCN Red List of Threatened Species (<https://www.iucnredlist.org/>) and AlgaeBase (<https://www.algaebase.org/>)

H.VEGETATIV MORFOLOGI HOS HAVGRÆSARTER I EUROPAS KYSTFARVANDE

Zostera-arter har kun vandrette rhizomer, mens *Cymodocea nodosa* og *Posidonia oceanica* har både vandrette og lodrette rhizomer. *Zostera*-arter bærer et blad-skud på hver knude på det vandrette rhizom, mens *Posidonia oceanica* og *Cymodocea nodosa* bærer blade på knuderne af både vandrette og lodrette rhizomer.

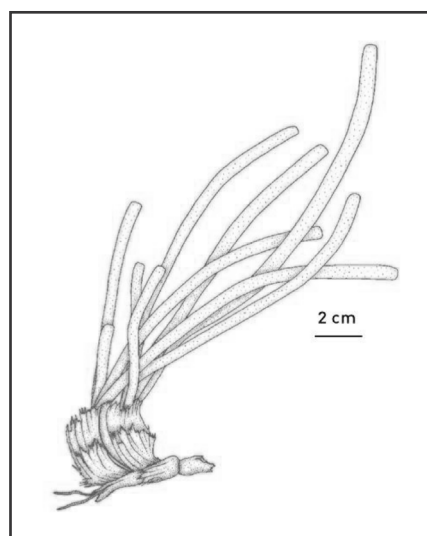
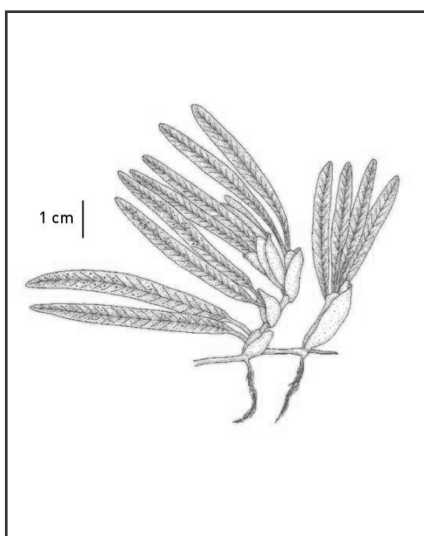
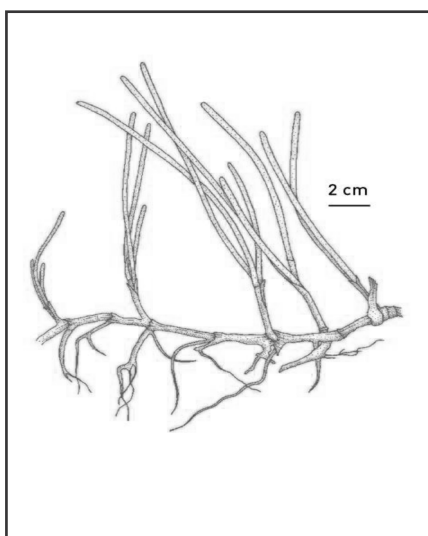
Posidonia, *Cymodocea* og *Zostera*-arter har lange og relativt smalle båndformede blade, der varierer i størrelse fra de små blade hos *Zostera noltei* til de store blade hos *Posidonia oceanica*. Bladene findes ofte i bundter på skud, med op til 8 blade pr. skud hos *Posidonia oceanica*, 2 til 5 blade hos *Cymodocea nodosa* og *Zostera noltei*, og 3 til 7 blade hos *Zostera marina*.

Halophila stipulacea har ikke båndformede blade og adskiller sig markant fra *Posidonia*, *Cymodocea* og *Zostera*-arter. Dens krybende rhizom har

lange internodier og et ekstremt kort opret side-skud og én uforgrenet rod ved hver knude. Hvert side-skud har 2 skeder ved basis og et par stilkede blade øverst. Det krybende rhizom ender i et apikalt skud med 3 bladpar.

Havgræsblomster, frø og frugter varierer meget i størrelse fra de meget små blomster hos *Zostera noltei* til de store blomsterstande hos *Posidonia oceanica*, som giver store frugter kendt som havoliven.

Fotografier og skematiske fremstillinger af *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina*, *Zostera noltei* og *Ruppia maritima* vises i Fig. 2.12 - 2.17. Desuden vises en mere detaljeret beskrivelse af disse arters vegetative træk i Tabel 2.3.



Figur 2.12

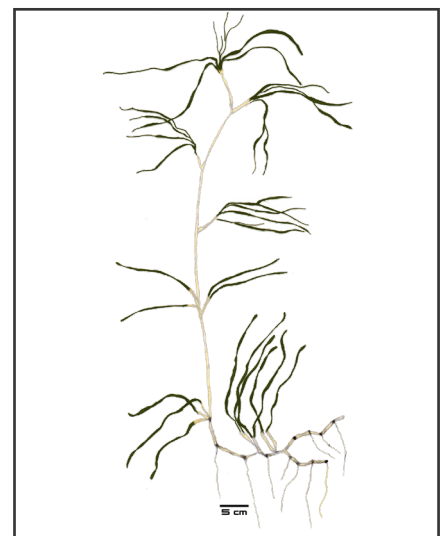
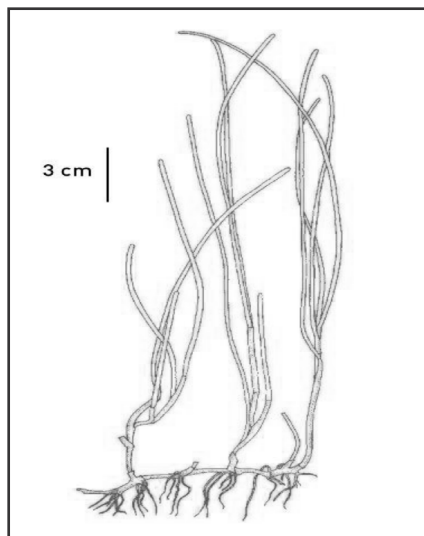
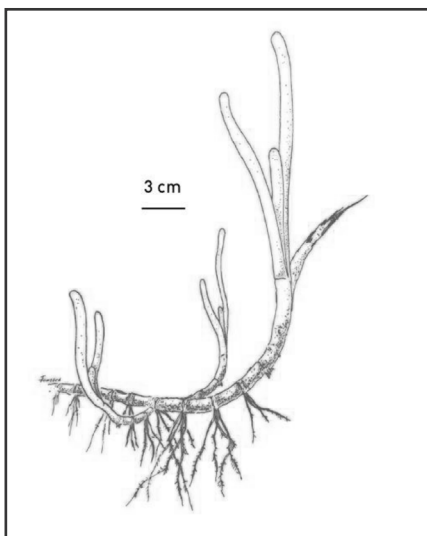
Cymodocea nodosa (fotokredit Paraskevi Malea; skematisk fremstilling fra Green E.P. and Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA)

Figur 2.13

Halophila stipulacea (fotokredit Paraskevi Malea; skematisk fremstilling fra Green E.P. and Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA)

Figur 2.14

Posidonia oceanica (fotokredit Paraskevi Malea; skematisk fremstilling fra Green E.P. and Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA)



Figur 2.15

Zostera marina (fotokredit Michael Guiry/AlgaeBase; skematisk fremstilling fra Green E.P. and Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA)

Figur 2.16

Zostera noltei (fotokredit Ignacio Barbara/AlgaeBase; skematisk fremstilling fra Green E.P. and Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA)

Figur 2.17

Ruppia maritima (fotokredit Paraskevi Malea; skematisk fremstilling fra T. Kevrekidis et al., 2024. Exploring the coastal lagoons, Hellenic Foundation for Research and Innovation)

Tabel 2.3

Vegetativ morfologi hos havgræsarter i Europas kystfarvande*

<i>Cymodocea nodosa</i>	Krybende, tyndt rhizom med en diameter på op til 4 mm og sidegrene; ved hver knude én stærkt forgrenet rod og en kort opret stængel med 2-5 blade. Bladskeden er lineær til let omvendt kegleformet og efterlader ved afkastning et lukket cirkulært ar på den oprette stængel. Bladpladerne er lineære, normalt op til 40 cm lange og 2-4 mm brede, med 7-9 længdegående nerver; spidsen er afrundet, undertiden let indskåret. Arten kendes bedst på sine lodrette rhizomer (oprette stængler) og de lange, hvide eller lyserøde internodier på de vandrette rhizomer.
<i>Halophila stipulacea</i>	Adskiller sig markant fra <i>Posidonia</i> , <i>Cymodocea</i> og <i>Zostera</i> -arter med hensyn til blade, rhizom og rodsystem. Krybende rhizom med lange internodier og et ekstremt kort opret sideskud og én uforgrenet rod ved hver knude. Hvert sideskud har 2 skeder ved basis og et par stilkede blade øverst. Apikalt skud med 3 bladpar. Skederne er store, elliptiske eller omvendt ægformede, gennemsigtige, 12-17 mm lange og 6-10 mm brede, foldet ved rhizomknuderne og dækker de korte bladstilke. Bladpladerne er lineære til aflange, elliptiske, op til 60 mm lange og 10 mm brede; randen er fint savtakket; midterribben og de intramarginale sidenerver er forbundet af tværnerver. Det mest karakteristiske træk er et par store, vedvarende, gennemsigtige skeder, der dækker de korte bladstilke.
<i>Posidonia oceanica</i>	Lodrette rhizomer er fastgjort til vandrette rhizomer, som forgrener sig og udvider sig ved terminale spidser. Rhizomets internodier er korte (0,5 til 2 mm), hvilket afspejler plantens langsomme vandrette vækst, og rhizomernes tykkelse varierer mellem 5 og 10 mm. Rødderne er 3-4 mm tykke, op til 40 cm lange og rigt forgrenede. Denne havgræsart har bladbunter bestående af 5 til 10 blade fastgjort til et lodret rhizom. Den har båndformede blade 5-12 mm brede og 40-50 cm lange, men de kan blive op til 1 m, med 13-17 længdegående nerver; spidsen er stump til indskåret. <i>Posidonia oceanica</i> er den mest robuste havgræsart i Middelhavsområdet og kan let identificeres på de mange brune, fibrøse rester af gamle skeder, der dækker rhizomerne som en pensel.
<i>Ruppia maritima</i>	Meget slanke stængler, op til 0,4 m lange, sparsomt til rigt forgrenede. Bladene er lysegrønne, 0,4-1,0 mm brede og 20-115 mm lange, med spidse (akutte), let tandede spidser. Bladene sidder i membranøse skeder, 5-22 mm lange ved basis. Et system af fine, slanke rhizomer (bredde 0,8-1,0 mm) og fine rødder fastholder planterne i substratet. Vækstformen er meget variabel og omfatter lange, høje planter i relativt dybere vand eller tæt forgrenede korte planter i lavt, klart vand. Dværgformer er også observeret.
Slægten <i>Zostera</i>	Planter med krybende urteagtigt rhizom, der ved hver knude bærer 1 til flere rødder og et skud med 2-7 blade. Skeden er åben eller lukket, bladpladen lineær, flad, med 3-11 længdegående nerver, og spidsen varierer i form.
<i>Zostera marina</i>	En mellemstor til robust art med et krybende rhizom med 1-3 cm lange internodier. Bladpladerne er normalt 30 til 60 cm lange og 3-12 mm brede; 5-11 længdegående nerver; bladspidsen er afrundet til let mucronat. Bladskeden er lukket. Arten kan let identificeres ved terminale skud på kun vandrette rhizomer.
<i>Zostera noltei</i>	Bladplader op til 30 cm lange og 0,5 til 1,5 mm brede med 3 længdegående nerver; spidsen er ofte asymmetrisk indskåret. Bladskeden er åben.

*Based mainly on Kuo, J. and den Hartog, C., 2001. Seagrass taxonomy and identification key. In: Global seagrass re-search methods, F.T. Short and R.G. Cole (Eds). Elsevier Science B.V., and Borum, J. and Greve, T.M., 2004. The four European seagrass species. In: European seagrasses: an introduction to monitoring and management. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen and TM Grev (Eds.). The M&MS project.

Artsforveksling*

- Under processen med **foreløbig identifikation** af havgræsarter kan der opstå forveksling mellem visse arter. For at lette processen gives der nedenfor nogle nyttige oplysninger.
- Unge eksemplarer af *Zostera marina* kan forveksles med *Zostera noltei* i overgangszonen mellem det intertidale og det subtidale område. Bladene hos *Zostera noltei* er dog smallere end bladene hos *Zostera marina*.
- Hvor *Zostera marina* og *Cymodocea nodosa* forekommer i blandede bestande, kan deres blade være vanskelige at skelne, men *Cymodocea nodosa* identificeres let ved de lange hvide til lyserøde internodier på de vandrette rhizomer og de lodrette rhizomer med sammenpressede internodier.
- *Zostera marina* kan forveksles med unge eksemplarer af ferskvandsplanten *Potamogeton pectinatus* som vokser i brakvand. *Potamogeton pectinatus* kendetegnes dog ved vækst fra en krybende stolon, der danner dikotomt cylindrisk forgrenede stængler og blade. Den danner kun rødder fra forbindelsen mellem stolon og stængel.
- *Zostera noltei* kan vokse i de samme intertidale habitater som *Ruppia*-arter. Selvom *Ruppia*-arter også har smalle blade, kan de identificeres ved deres lange hvide rhizominternodier. Hver knude danner en bladbunt og én lang rod.

*Baseret på Borum, J. and Greve, T.M., 2004. The four European seagrass species. In: European seagrasses: an introduction to monitoring and management. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen and TM Grev (Eds.). The M&MS project.

B5.3 HAVGRÆSSER DANNER OMFATTENDE UN- DERVANDSENGE

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

Paraskevi Malea Aristotle University of Thessaloniki, Greece

B5.3.1 HAVGRÆSLITERACY

PRINCIP 2:

HAVGRÆSSER DANNER OMFATTENDE UNDERVANDS ENGE

B5.3.2

GRUNDLÆGGENDE BEGREBER

- a. Havgræssets vækst og udbredelse påvirkes af forskellige fysisk-kemiske faktorer, herunder lys, vanddybde, tidevand og vandbevægelse, substratets egenskaber, saltholdighed og temperatur. Havgræsser kræver først og fremmest et marint miljø, tilstrækkelig nedsænkning i havvand, passende adgang til lys og et egnet substrat for at kunne vokse.
- b. Havgræsser vokser typisk i lavvandede kystområder, hvor de er rodfæstet i sandede til mudrede sedimenter. Havgræsser findes også på meget dybere vand, mens enkelte arter er almindelige i den intertidale zone. Havgræsarter forekommer ofte i estuarier.
- c. Havgræsser kan danne omfattende enge. De fleste havgræsenge er monospecifikke, men tropiske og subtropiske enge kan rumme mere end ti havgræsarter. Havgræsser danner også isolerede pletter eller "mosaik"-habitater sammen med andre marine habitater såsom muslingerev, klippebund, mangrover, korraller eller bare sedimenter.
- d. Havgræsser dækker et samlet globalt areal, der omtrent svarer til 10 % af kysthavet. Havgræsenge understøtter ofte en høj biomasse.

B5.3.3

INDHOLDSKENDSKAB:

HAVGRÆSSETS ØKOLOGI

A. HAVGRÆSSETS HABITAT

Havgræsser indtager et veldefineret **marint habitat**. En række parametre er afgørende for, om havgræs kan forekomme langs en given kyststrækning. Disse omfatter fysiske parametre, der regulerer havgræssets fysiologiske aktivitet, såsom **saltholdighed**, temperatur, dybde, **substrat**, bølger og strømme, samt naturlige forhold, der begrænser havgræssets fotosyntetiske aktivitet, såsom lys, næringsstoffer og **epifytter**. Kombinationer af disse parametre kan muliggøre, fremme eller udelukke havgræs fra et bestemt marint område.

Frem for alt kræver havgræsser et **marint miljø**, **tilstrækkelig nedsænkning** i havvand, **passende lystilgængelighed** og et **egnet substrat** for at kunne vokse.

Havgræsser kræver især et **marint miljø** for at vokse (Fig. 3.1). Havvand er rent vand, hvori en række faste stoffer og gasser er opløst. En prøve på 1000 g havvand indeholder omkring 35 g opløste forbindelser. Den samlede mængde opløste forbindelser betegnes **saltholdighed**. Hvis en typisk havvandsprøve har 35 g opløste forbindelser i 1000 g, har den en **saltholdighed** på



Figur 3.1

Cymodocea nodosa i 8-9 m dybde i Den Pagasetiske Bugt, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland
(fotokredit Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figur 3.2

Luftfoto af en kystlagune (Fleet Lagoon, England) med *Zostera* og *Ruppia*-arters subtidale bede
(fotokredit Matt Doggett/<https://www.flickr.com/photos/naturalengland/52993194113/in/photostream/>)

35. **Saltholdigheden** i forskellige dele af det åbne hav, væk fra kystområder, varierer inden for et snævert interval, normalt fra **34 til 37**. Forskelle i **saltholdighed** skyldes forskelle i fordampning og nedbør. I kystnære områder og delvist lukkede have er **saltholdigheden** mere variabel og kan være tæt på 0, hvor store floder udleder **ferskvand** (**saltholdighed** typisk under 0,5), og tæt på 40 i Det Røde Hav og Den Persiske Golf. Ændringer i **saltholdighed** fra fuldt havvand ned til **ferskvand** forekommer langs gradienten fra det åbne hav ind i beskyttede estuarier og videre op ad **ferskvands**floder.

De fleste havgræsarter kan tåle et bredt interval af **saltholdighed**, fra fuldt havvand (**saltholdighed** omkring 35) til enten **brakvand** (**saltholdighed**

0,5 til 30) eller **hypersalint vand** (**saltholdighed** højere end 40). Derfor forekommer havgræsarter ofte i estuarier og kystlaguner (Fig. 3.2). Ved lav eller høj **saltholdighed** udsættes havgræsvæv dog for osmotisk stress, hvilket medfører tab af funktion, og vævet bliver til sidst nekrotisk og dør. Havgræsser vokser ofte i estuarier i kontakt med brakvandsangiospermer såsom arter af slægten *Ruppia*, som kan findes fra **ferskvand** til havvand og endda **hypersalint vand**.

Havgræsser kræver også **tilstrækkelig nedsenkning** i havvand for at vokse. Nogle havgræsarter kan dog udvikle bestande i den **intertidale zone**, dvs. kystområdet mellem højeste og laveste tidevand. Den lavvandede kant af en havgræseng i den **intertidale zone** bestemmes af



Figur 3.3

Zostera noltei voksende i den nedre intertidale zone, Ría de Arousa, Galicien, Spanien (fotokredit Ignacio Barbara/AlgaeBase)



Figur 3.4

Havgræs, der vokser under forhold med passende lystilgængelighed (fotokredit Michiel Vos/Ocean Image Bank)



Figur 3.5

Havgræs, der vokser på sandede sedimenter (fotokredit Lilly Palmer/Ocean Image Bank)

den stress, planterne udsættes for ved lavvande, herunder udtørring, solskoldning, UV-B-skader og frost. Det er dog ikke alle havgræsarter, der er almindelige i den **intertidale zone**. Blandt havgræsarter er *Zostera noltei* udbredt i den **intertidale zone** langs kysterne i Vesteuropa og Nordvestafrika (Fig. 3.3), arter af slægten *Phyllospandix* udvikler sig intertidalt langs klippekyster i det nordlige Stillehav, mens arter af slægten *Halophila* danner store intertidale enge på mudderflader i Indo-Stillehavsområdet.

Havgræsser kræver også **passende lys tilgængelighed** for at vokse (Fig. 3.4). Fotosyntese giver planterne kemisk bundet energi og kulstofskeletter til en række biosyntetiske processer, der er knyttet til planters vækst og funktion. Lysets gennemtrængning gennem naturlige vande er mindst tre størrelsesordener lavere end gennem luft. Derfor falder lysintensiteten hurtigt med vanddybden, og selv i klart havvand kan næsten ingen fotosyntetisk aktiv stråling trænge dybere end 200 m. Ud over absorption af selve vandet

svækkes lyset også af opløst organisk materiale, partikler, plankton og epifytter på havgræsbladene.

Som følge heraf bestemmes den maksimale dybdegrænse for havgræsser i høj grad af den dybde, hvor tilstrækkelig lysintensitet til at opretholde havgræsvækst når havbunden. Havgræssets minimale lyskrav er fundet til 10-20 % af overfladelyset, hvilket er højere end for andre marine fotosyntetiske organismer (makroalger og mikroalger). Forskellige havgræsarter har forskellige lyskrav, og derfor varierer dybdeudbredelsen mellem arterne. Den dybeste registrerede dybde for havgræs tilhører slægten *Halophila*, og er 90 meter. De fleste havgræsenge er dog begrænset til dybder på under 20 meter.

Havgræssets vertikale og horisontale udbredelse begrænses af **tilgængeligheden af egnet substrat** til vækst. Havgræsvækst er især ofte begrænset, fordi pladsen optages af andre **biotiske samfund**. Hvor der er plads til rådighed, kan havgræsbestande kun vokse, hvis **substratet** er egnet. De fleste havgræsarter vokser på blødt **substrat**, især sandede til mudrede sedimenter (Fig. 3.5), som havgræs-rødder let kan trænge ned i. Nogle havgræsarter, såsom *Phyllospadix*-arter, kan dog vokse på klippe (hårdt **substrat**) (Fig. 3.6). Disse havgræsarter kendetegnes ved kraftige rødder, der trænger ind i sprækker i klipperne og forankrer planten.

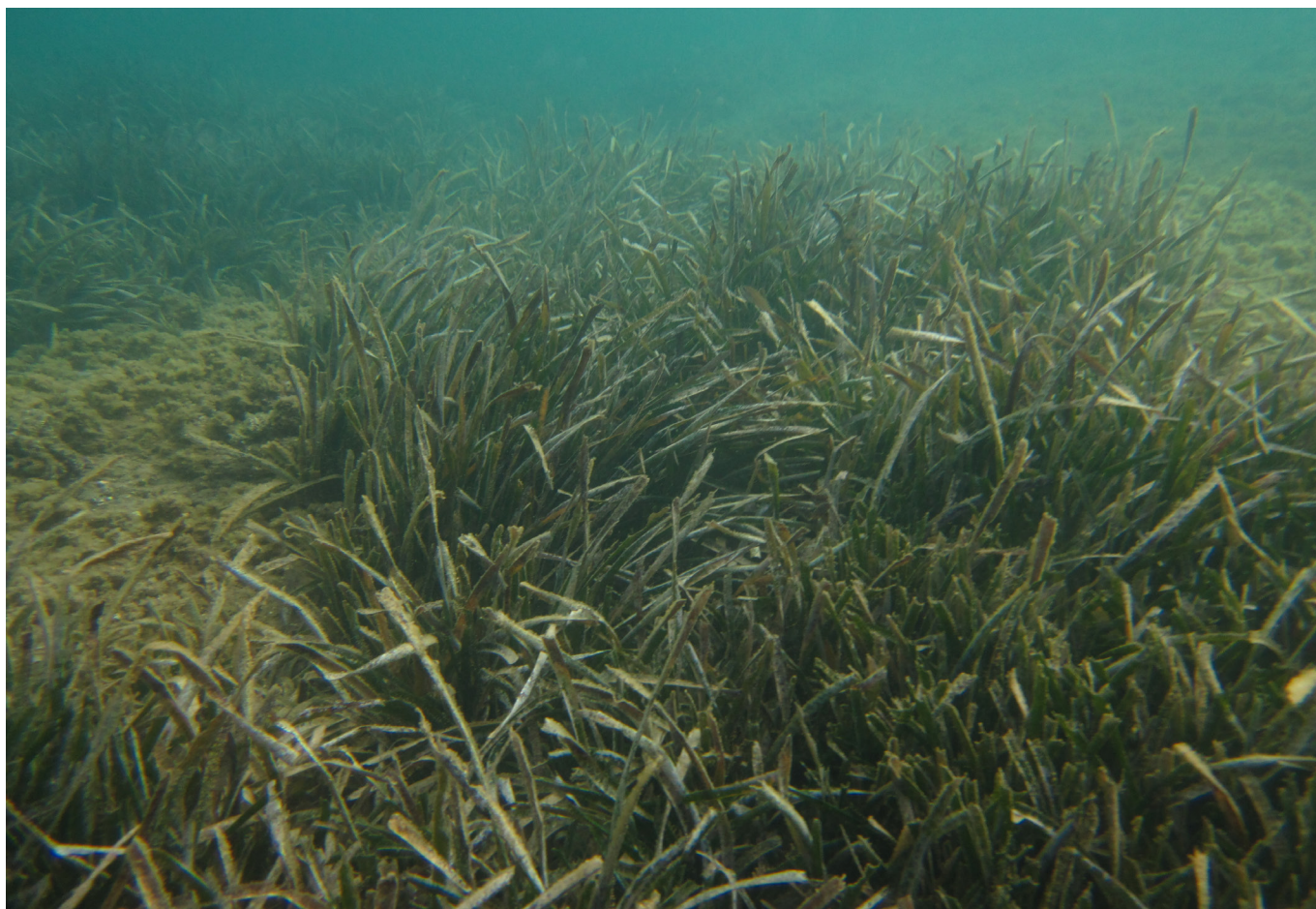


Figur 3.6

Phyllospadix iwatensis voksende på intertidale platforme, Sotogawa-cho, Choshi, Chiba-præfekturet, Japan (fotokredit Hideki Haga/AlgaeBase)

B.

HAVGRÆS ØKOSYSTEM



Figur 3.7

Posidonia oceanica -eng i kystvandet ud for Thrakien, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland
(fotokredit Stavros Bachtsevanidis/Theodoros Kevrekidis)

Havgræsser kan danne omfattende og tætte **undervandsøkosystemer**, som kaldes **havgræsenge** eller **havgræs bede** (Fig. 3.7 og 3.8). Havgræsenge udgør et unikt marint økosystem. De fleste havgræsenge er monospecifikke, dvs. de består kun af én havgræsart, især i tempererede områder. Dette gælder dog også tropiske og subtropiske områder med multispecifikke havgræsfloraer. De enge med det højeste antal

havgræsarter findes i Indo-Stillehavsområdet og Det Røde Hav, hvor blandede enge er almindelige og kan indeholde op til 12 samtidig forekommende havgræsarter. Havgræsser kan også forekomme som isolerede små, uregelmæssige **pletter**, eller som del af en habitatmosaik med andre habitater såsom koraller (Fig. 3.9), mangrover, muslingerev, klippebund eller bare sedimenter.



Figur 3.8

Cymodocea nodosa -eng i Den Pagasetiske Bugt, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland
(fotokredit Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figur 3.9

Havgræs og koralrev, Lord Howe Island, Australien
(fotokredit Matt Curnock/Ocean Image Bank)

C.

HAVGRÆSSETS FOREKOMST

Estimer af havgræssets globale rumlige udbredelse varierer betydeligt i den publicerede litteratur, fra 160.000-180.000 til 600.000 km². Generelt dækker havgræsser et samlet globalt areal, der omtrent svarer til op til 10 % af kysthavet. Det samlede globale havgræsareal er bemærkelsesværdigt sammenligneligt med arealet af tangskove, mangrover og koralrev. Desuden understøtter havgræsbede ofte en høj **biomasse**.

En gennemsnitlig havgræsengs **biomasse** på omkring 460 g tørvægt pr. m² er estimeret på grundlag af en sammenstilling af data fra havgræsbede over hele verden. Særligt har bede af *Amphibolis*, *Phyllospadix* og *Posidonia*-arter tendens til at understøtte en høj **biomasse**. I modsætning hertil viser bede af *Halophila*-arter, som har små blade, sjældent en høj **biomasse**.

D.

HAVGRÆSENGE I EUROPAS KYST FARVANDE

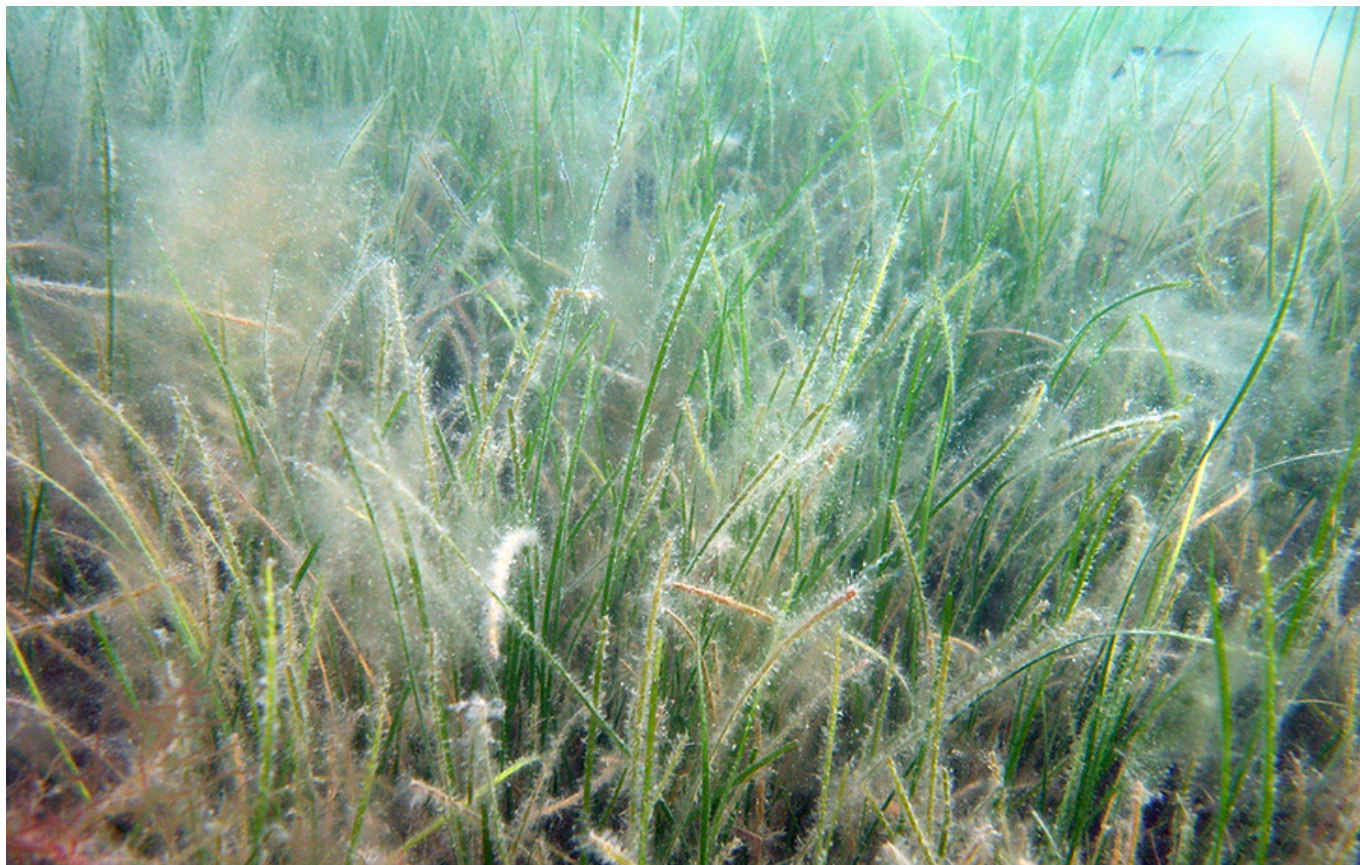
Zostera marina (almindelig ålegræs) er vidt udbredt i Europas kystfarvande. Ålegræs forekommer i subarktiske og tempererede områder, fra de arktiske farvande ved Norge til Middelhavet, Sortehavet og Azovhavet. *Zostera marina* lever primært i den subtidale zone (Fig. 3.10), typisk

ned til 10-15 meters dybde, afhængigt af vandets klarhed. Den kan også forekomme i den intertidale zone. Den foretrækker sandede eller mudrede substrater og beskyttede kystmiljøer såsom lavvandede bugter, vige, estuarier og kystlaguner.



Figur 3.10

Zostera marina-eng i øvre subtidalzone, Ría de Camariñas, Galicien, Spanien
(fotokredit Ignacio Barbara/AlgaeBase)



Figur 3.11

Zostera noltei-eng i øvre subtidalzone, Ría de Ares, Galicien, Spanien
(fotokredit Ignacio Barbara/AlgaeBase)

Særligt forekommer *Zostera marina* i arktiske farvande langs den nordnorske kyst, hvor den kan overleve flere måneders isdække. Den er udbredt i Nordsøen og langs Atlanterhavskysterne ned til det nordlige Spanien. Ålegræs er også meget udbredt i Østersøen, hvor den danner omfattende enge. I det vestlige Middelhav danner *Zostera marina* flerårige enge fra den **intertidale zone** til få meters dybde. Den kan vokse på sandet og mudret **substrat** og forekommer også i kystlaguner. I Sortehavet forekommer *Zostera marina* i enkeltartsbede og også i blandede samfund fra 0,5-15 m dybde på silt-sandede **substrater**.

Zostera noltei (dværgålegræs) forekommer langs Europas kyster (Fig. 3.11). Den findes i den **intertidale zone**, ofte sammen med *Zostera ma-*

rina, som strækker sig ned på større dybder. Dværgålegræs findes i Østersøen, Vadehavet, Storbritannien, Irland, Morbihanbugten og Arcachon-bassinet, hvor den danner omfattende enge på tidevandsflader. I Middelhavet findes *Zostera noltei* fra intertidale flader til dybder på 1-2 meter og forekommer sammen med *Cymodocea nodosa* og *Zostera marina*. *Zostera noltei* forekommer også i Sortehavet, Azovhavet, Det Kaspiske Hav og Aralsøen, hvor den vokser i lavvandede bugter og vige, men også ned til dybder på op til 10 meter.

Cymodocea nodosa (slankt havgræs) findes i hele Middelhavet og strækker sig ind i Atlanterhavet nordpå til Portugal og sydpå til Senegal; den er også almindelig på De Kanariske Øer.



Figur 3.12

Cymodocea nodosa-eng i Den Pagasetiske Bugt, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland
(fotokredit Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figur 3.13

Posidonia oceanica-eng i kystvandet ud for Thrakien, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland
(fotokredit Stavros Bachtsevanidis/Theodoros Kevrekidis)



Figur 3.14

Halophila stipulacea-eng i Den Pagasetiske Bugt, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland
(fotokredit Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)

Cymodocea nodosa sammen med *Posidonia oceanica* er de mest udbredte havgræsarter i Middelhavet. *Cymodocea nodosa* findes fra den **intertidale zone** til dybder på 33-35 m og kan forekomme fra groft sand til mudrede sediment-er. Denne havgræsart kan kolonisere forskellige miljøtyper, såsom åbne kystfarvande, estuarier og kystlaguner, og danner monospecifikke bede (Fig. 3.12) og blandede bede. *Cymodocea nodosa* har en høj evne til at tilpasse sig miljømæssig variation og dermed en høj evne til at kolonisere nye **substrater**. Denne evne forklarer, at *Cymodocea nodosa* erstatter *Posidonia oceanica* i områder, hvor miljøforholdene er ugunstige for sidstnævnte art.

Posidonia oceanica (Neptungræs) er en endemisk middelhavshavgræsart, som er vidt udbredt langs Middelhavets kyster. Særligt er *Posidonia oceanica* den mest almindelige havgræsart i Middelhavet (Fig. 3.13). Denne art danner sammenhængende enge fra 0,5 til 45 m dybde, men i uklart vand ligger engens nedre grænse omkring 9 m. *Posidonia oceanica* er almindelig på forskellige **substrater**, fra klipper til sandbund. Arten synes ikke at tåle mindre udsving i **saltholdighed**, uklarhed og øget sedimentationsrate. Derfor findes den ikke i estuarier, hvor tilførslen af ferskvand og fine sedimenter er for høj til dens vækst. *Posidonia oceanica* danner oftest monospecifikke enge, men kan også danne blandede enge. Be-

mærkelsesværdigt betragtes *Posidonia oceanica*-enge som et af Middelhavets kystområders **klimateksystem**. Enge af *Posidonia oceanica* er meget tætte.

Posidonia oceanica er en stor, langlivet, men meget langsomt voksende havgræsart. Denne arts **skud** kan leve i mindst 30 år. Disse **skud** produceres langsomt fra rhizomer, der vokser horisontalt med kun få centimeter om året. Den horisontale og vertikale vækst af *Posidonia oceanica*-rhizomer og den langsomme nedbrydning af disse rhizomer resulterer i dannelsen af en biogen struktur kaldet "matte". Denne struk-

tur vokser op fra bunden til flere meters højde og kan være tusinder af år gammel. Når døde blade og rhizomer af *Posidonia oceanica* skylles i land, danner de strandvolde eller "banquettes", som spiller en vigtig rolle for kystdynamik og biodiversitet.

Halophila stipulacea er en havgræsart hjemmehørende i Det Indiske Ocean og Det Røde Hav, som er blevet introduceret i Middelhavet. Arten er også invasiv i Det Caribiske Hav. I Middelhavet forekommer *Halophila stipulacea* fra Egypten til det sydlige Italien og Tunesien. *Halophila stipulacea* er en hurtigt voksende havgræsart og kan



Figur 3.15

Halophila stipulacea-eng i Den Pagasetiske Bugt, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland
(fotokredit Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)



Figur 3.16

Ruppia maritima-bed i Monolimni-lagunen, Evrosflodens estuarier, Grækenland
(fotokredit Theodoros Kevrekidis)

derfor hurtigt brede sig fra små bestande. *Halophila stipulacea*-enge findes på lavt vand. Arten forekommer dog også, omend sjældent, på meget dybere vand, endda dybere end 50 m. I det østlige Middelhav er *Halophila stipulacea* begrænset til bløde **substrater**. Denne havgræsart kan danne tætte bestande (Fig. 3.14 og 3.15).

Ruppia maritima (havkrans) har en bred tolerance over for **saltholdighed**. Denne brakvandsangiosperm har faktisk den bredeste kendte toler-

ance over for **saltholdighed** blandt nedsænkede angiospermer. *Ruppia maritima* kan overleve ved **saltholdighed**sværdier fra 0 til 70. Derfor forekommer arten i ferskvand, **brakvand**, marine miljøer og kan også være almindelig under hypersaline forhold. *Ruppia maritima* kan forekomme i en meget bred vifte af habitater, herunder estuarier, kystlaguner, fiskedamme og saltmarsker (Fig. 3.16).

B5.4

HAVGRÆSSER UNDERSTØTTER EN STOR MANGFOLDIGHED AF LIV

Paraskevi Malea

Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

B5.4.1

HAVGRÆSLITERACY

PRINCIP 3:

HAVGRÆSSER

UNDERSTØTTER EN STOR

MANGFOLDIGHED AF LIV

B5.4.2

GRUNDLÆGGENDE BEGREBER

- a. Havgræsser er vigtige primærproducer.
- b. Havgræsser leverer organisk føde til en række afhængige fødenet.
- c. Havgræsser strukturerer havbunden til et komplekst miljø, der fungerer som habitat, opvækstområde og refugium for

et væld af hvirvelløse dyr, fisk og pattedyr. Havgræssets vegetationsstruktur giver plads til epifytter og epifauna.

- d. Havgræsøkosystemer skaber trofiske forbindelser med andre marine økosystemer såsom saltmarsker, muslingerev, mangrover og koralrev.

B5.4.3

INDHOLDSKENDSKAB: HAVGRÆSØKOSYSTEMETS FUNKTION OG VÆRDI FOR MILJØETS - UNDERSTØTTENDE VÆRDI

A.

PRIMÆR PRODUKTION

Havgræsser er vigtige primære **producenter**, dvs. disse marine planter omdanner effektivt sollys og kuldioxid til organisk materiale. Den gennemsnitlige **nettoproduktion** i havgræsenge er estimeret til omkring 1012 g tørvægt/m²/år (eller 2,7 g tørvægt/m²/dag). Dette tal er meget højt for marine samfund, da den gennemsnitlige **net-**

toproduktion for tangsamfund er estimeret til 1 g tørvægt/m²/dag og for fytoplankton til 0,35 g tørvægt/m²/dag. Samlet set placerer dette tal for den gennemsnitlige netto **primærproduktion** i havgræsenge dem blandt biosfærens mest produktive økosystemer.

B.

FØDEGRUNDLAG FOR ANDRE MARINE ORGANISMER

Havgræsser leverer organisk føde til en række afhængige **fødenet**. Havgræsser spiller en afgørende rolle som føde for mange planteædere såsom dugonger, søkøer, skildpadder, fisk, vandfugle m.m. Især i tropiske habitater kan en betydelig del af havgræsproduktionen blive direkte konsumeret af planteædere (Fig. 4.1). For eksempel spiser en voksen dugong omkring 28-40 kg havgræs om dagen, mens en voksen grøn havskildpadde kan spise omkring 2 kg om dagen. I tempererede

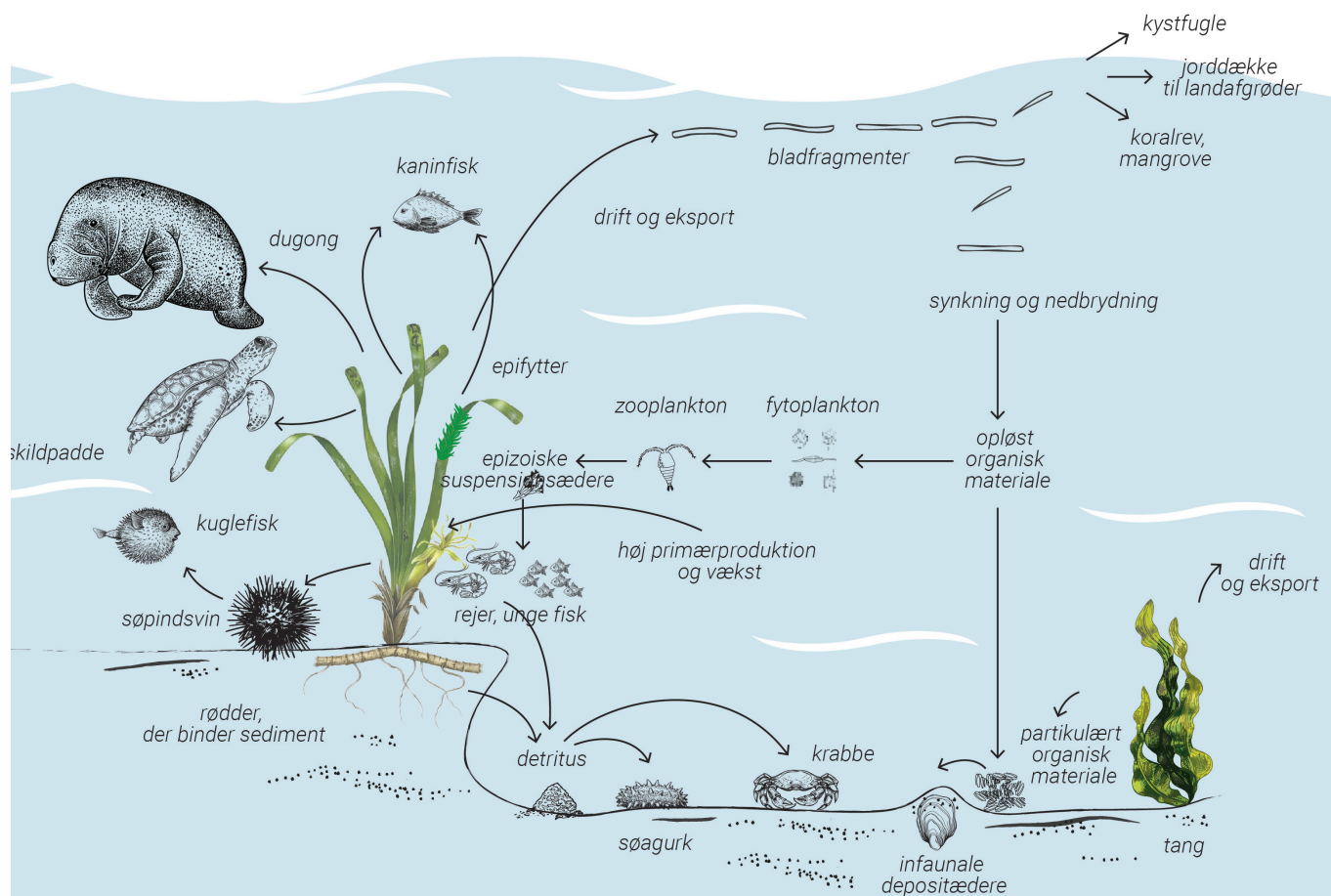
kystfarvande sker det meste græsning først på havgræssets ældre planter sent i vækstsæsonen. Hvirvelløse dyr som snegle og krebsdyr æder **epifytter** på overfladen af havgræsbladene. Disse hvirvelløse dyr ædes igen af større krebsdyr, fisk og fugle og udgør vigtige led i kystens **fødenet**.

Blandt havgræsarter bliver *Zostera marina* ofte græsset af isopode krebsdyr og snegle. Den ædes også af fugle, især knopsvaner (*Cygnus*



Figur 4.1

Søko, der æder ølegræs i Crystal River, Florida
(kredit: David Schrichte/Ocean Image Bank)



Figur 4.2

Diagram, der illustrerer det komplekse fødenet, som en tropisk havgræseng understøtter

(modificeret efter Fortes, M.D. 1989. ICLARM Education Series 5, 46p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines)

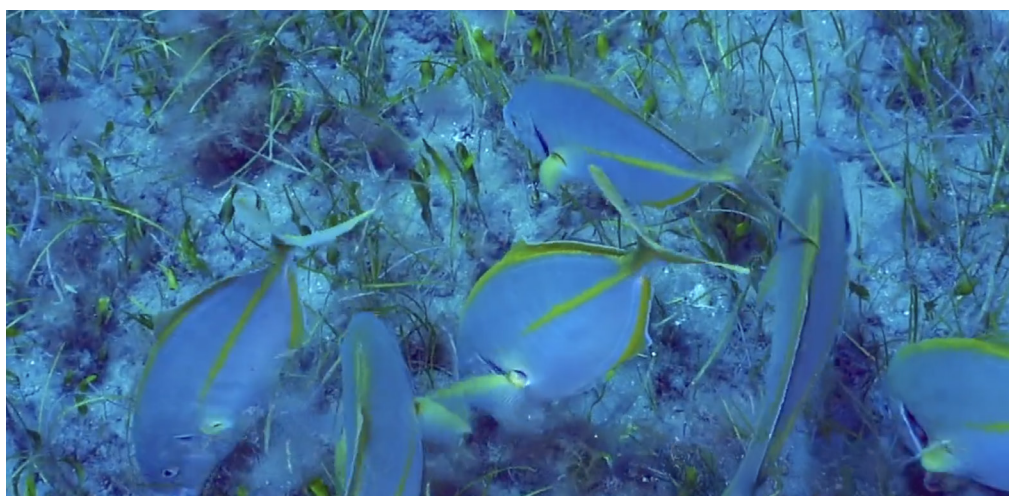
olor) i lavvandede kystlaguner. *Posidonia oceanica* græsses af den grønne havskildpadde og fisken *Sarpa salpa*. *Halophila stipulacae* er en vigtig fødekilde for dugonger i Det Indiske Ocean og også for grønne havskildpadder i hele dens udbredelsesområde.

Dog indgår en stor del af havgræssets **biomasse** i marine fødekæder som **detritus**. Det organiske materiale fra havgræsrodder, rhizomer og blade

kan forblive bundet i sedimentet eller ophobes på nærliggende kyststrækninger eller andre habitater og dermed understøtte andre **fødenet**. Mange havgræsøkosystemer er nettoeksportører af organisk materiale og understøtter produktivitet ved kysten og offshore.

Et diagram, der illustrerer det komplekse **fødenet** som en tropisk havgræseng understøtter, vises i Fig. 4.2.

C. TILVEJEBRINGELSE AF HABITAT



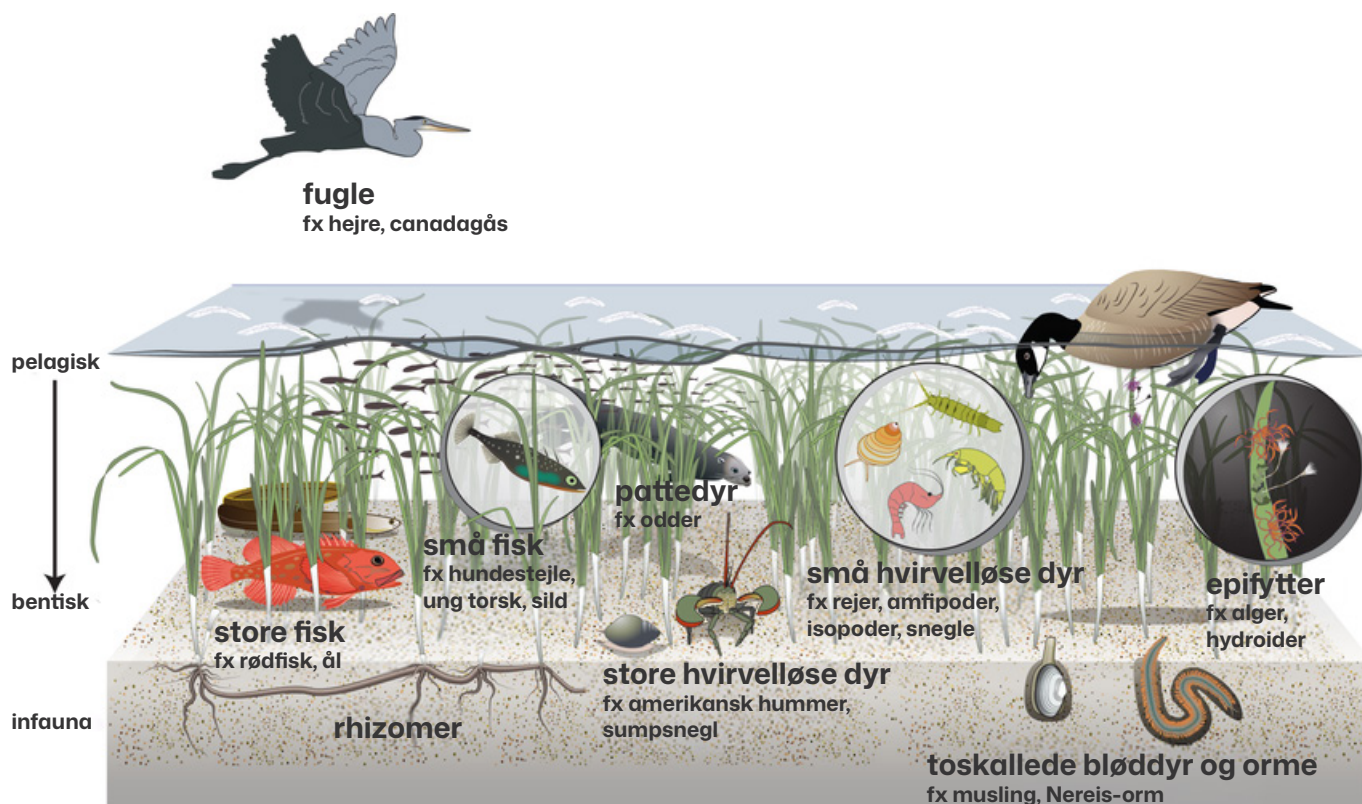
Figur 4.3

Havgræsøkosystemet understøtter vigtig biodiversitet (fra Rafa Herrero/dokumentaren "Isora, story of a pod of pilot whales", finansieret af Canarian Foundation Mapfre Guanarteme og produceret af Aquawork Productions)

Det komplekse samfund i havgræsøkosystemet understøtter vigtig biodiversitet. Havgræs-er strukturerer havbunden, hvor de vokser, til et komplekst miljø, der giver plads til mange organismer. Havgræssets vækststrukturer danner især et **komplekst tredimensionelt miljø**, der bruges som **habitat, refugium** og **opvækstområde** for talrige arter, herunder kommercielt vigtige skaldyr og fisk (se Fig. 4.3).

Det store overfladeareal på den over-sub-stratære havgræsvegetation giver **plads** til **epifytter** og **epifauna**, hvilket understøtter høj **sekundær produktivitet**. Særligt vokser mange arter af bakterier, mikroalger, tang og hvirvelløse dyr på levende havgræsblade. Andre hvirvelløse dyr som svampe, søanemoner, børsteorme og

muslinger vokser mellem havgræsbladene eller i **sedimentet**. Havgræssets bladdække giver skjul for hvirvelløse dyr såsom rejer og krabber, små fisk og juvenile individer af større fiskearter. Havgræssets vegetative struktur og forekomsten af mange mindre organismer på og mellem havgræsbladene samt på sedimentet tiltrækker større dyr. Havgræsenge kan derfor rumme mange større hvirvelløse dyr såsom sepiaer, blæksprutter og tiarmede blæksprutter, mange fiskearter, skildpadder, marine pattedyr som dugonger og søkøer m.m. Flere af disse organismer er permanente beboere i havgræsenge, mens andre er midlertidige besøgende. Der er ofte titals til hundredvis flere marine dyr i en havgræseng end på nærliggende bare sandarealer. En generaliseret illustration af en havgræseng i et tem-



Figur 4.4

Generaliseret illustration af en havgræseng i et tempereret område med forenklete artsgrupper, herunder epifytiske samfund, små mobile hvirvelløse dyr, små pelagiske og bentiske fisk, større bentiske fisk og hvirvelløse dyr, sedimentinfauna samt pattedyr og fugle (modificeret efter Murphy et al., 2021. FACETS 6: 139-179)

pereret område med forenklede artsgrupper, herunder epifytiske samfund, små mobile hvirvelløse dyr, små pelagiske og bentiske fisk, større bentiske fisk og hvirvelløse dyr, sedimentinfauna samt pattedyr og fugle, vises i Fig. 4.4. Billeder af nogle organismer, der findes i havgræsenge, vises i Fig. 4.5.

Blandt havgræsarter er *Posidonia oceanica* en vigtig habitatdannende art, der giver habitat til mange marine arter. Denne art giver opvækstområder for juvenile individer af mange kommercielt vigtige fisk. *Cymodocea nodosa* giver især vigtigt habitat for søheste.

Foto Dimitris Poursonidis



Foto Matt Curnock



Foto Michiel Vos



Foto Jeff Hester



Foto Michele Roux

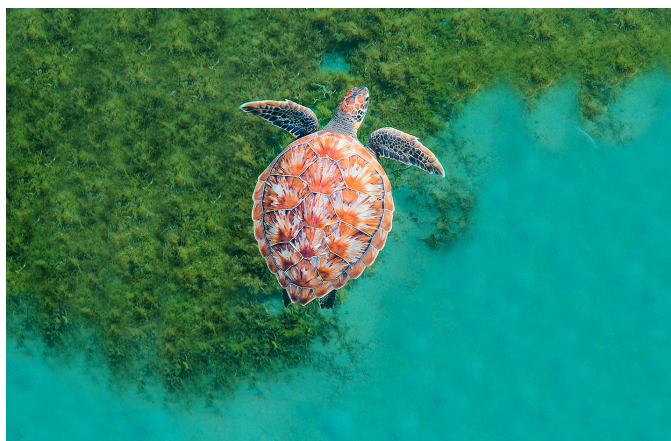


Foto Shannon Moran



Figur 4.5

Biota i havgræsenge (Kilde: Ocean Image Bank)

D.

TROFISKE INTERAKTIONER MED ANDRE MARINE ØKOSYSTEMER

Havgræsenge yder stor støtte til både **nære** og **fjerne områder** gennem eksport af partikulært organisk materiale samt plante- og dyrebio-**masse**. Havgræsbede har stærke forbindelser til andre **kysthabitater** såsom koralrev (se Fig. 4.6 og 4.7), mangrover, saltmarsker, mudderflader og østersrev. Strukturen og funktionen i koral-

revssamfund forbedres, når de ligger tæt på og er forbundet med havgræsenge. Havgræsbede er også forbundet med andre kysthabitater gennem fødesøgende fisk, såsom saltmarsker i tempererede områder og mangrover i tropiske områder. Havgræsenge eksporterer også store mængder plante- og dyrebio**masse** til **offshore**



Figur 4.6

En kobberbåndet sommerfuglefisk (*Chelmon rostratus*) jager hvirvelløse dyr på havgræsblade i skumringen (øverst), mens voksne på koralrev æder orme om dagen (nederst) i Trat, Thailand (fra Du et al., 2020. Ecosystem Health and Sustainability 2020, 6, 1, 1812433/fotokredit: Jianguo Du)



Figur 4.7

En plettet geddefisk (*Upeneus tragula*) søger føde efter infaunale byttedyr i sandbunden i havgræsenge om natten (øverst) og søger skjul på koralrev om dagen (nederst) i Trat, Thailand (fra Du et al., 2020. Ecosystem Health and Sustainability 2020, 6, 1, 1812433/fotokredit: Jianguo Du)

områder. En stor **biomasse** af havgræs**detritus** kan også nå det **dybe hav**, hvor det udgør en permanent og vigtig fødekilde for konsumenter.

Havgræsbede har også stærke forbindelser til **strande** samt **kystnære** og **indre områder**.

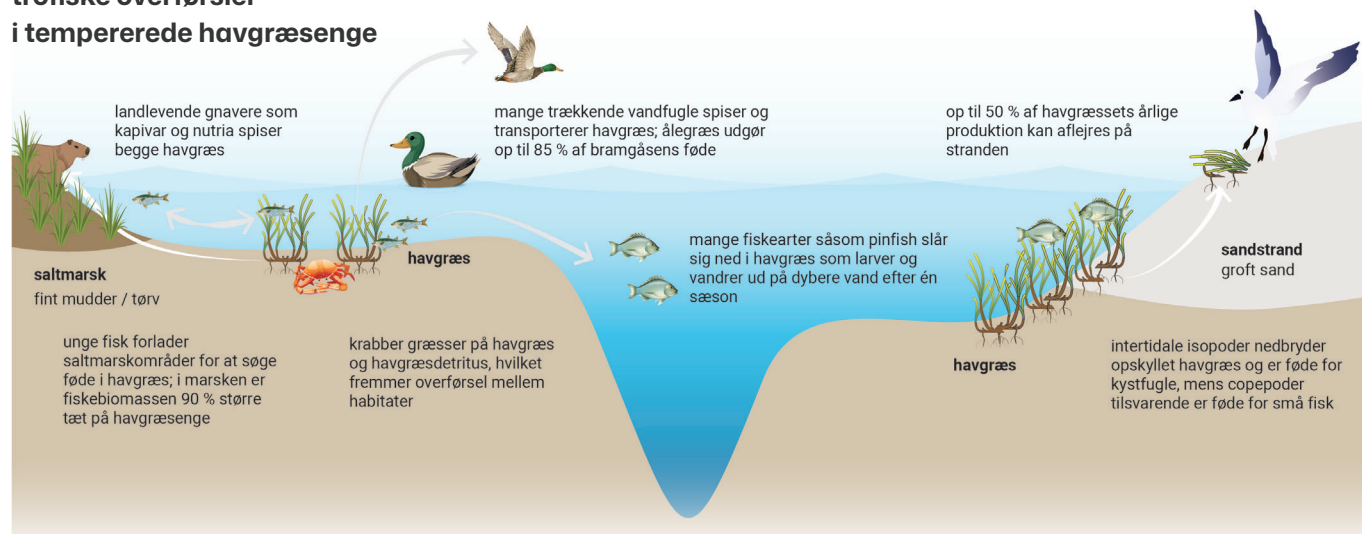
Havgræs**detritus**, der skylles op på kysten, giver habitat og føde til hvirvelløse konsumenter og kan indirekte understøtte fisk, vadefugle og trækfugle samt nogle pattedyr. De mest omfattende overførsler af havgræs**biomasse** fra hav til land

involverer trækkende vandfugle. Havgræsser giver føde til store antal gæs, ænder og svaner, som opbygger energireserver ved at æde intensivt af havgræsser inden deres flyvning til yngleområder.

Et konceptuelt diagram, der illustrerer trofiske overførsler fra havgræsenge og forbindelser mellem havgræsenge samt marine og terrestriske habitater i (a) tempererede og (b) tropiske områder, vises i Fig. 4.8.

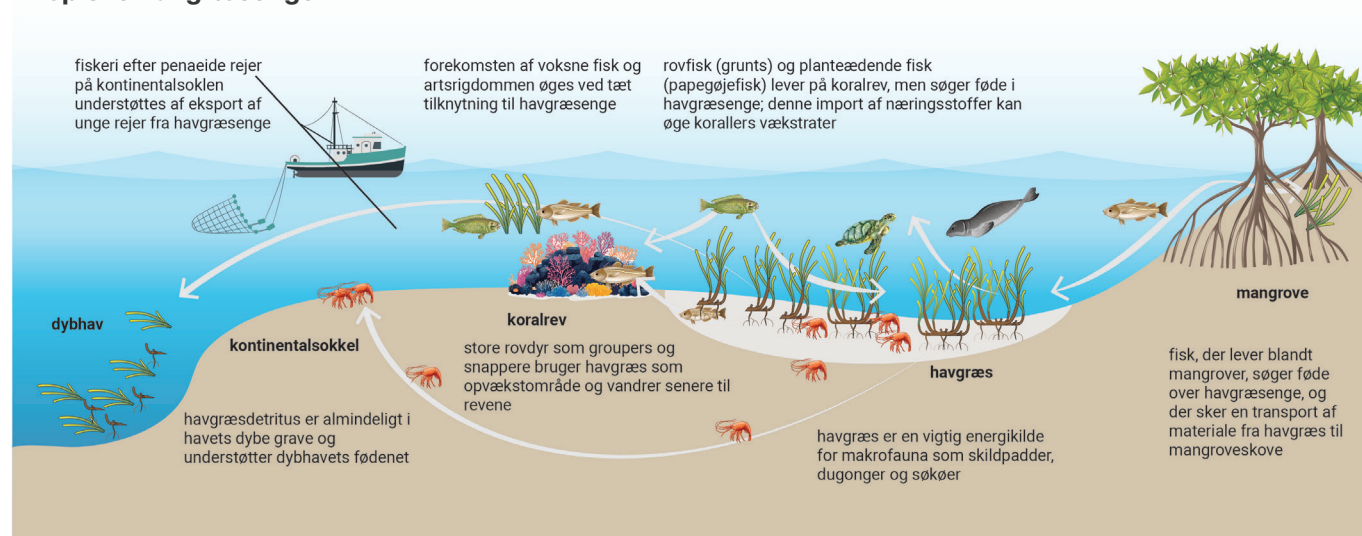
trofiske overførsler

i tempererede havgræsenge



trofiske overførsler

i tropiske havgræsenge



Figur 4.8

Konceptuelt diagram, der illustrerer trofiske overførsler fra havgræsenge og forbindelser mellem havgræsenge og marine samt terrestriske habitater i tempererede og tropiske områder (modificeret efter Heck et al., 2008. Ecosystems 11: 1198-1210)

B5.5

HAVGRÆSSER STABILISERER HAVBUNDEN, FORBEDRER VANDKVALITETEN OG LAGRER KULSTOF

Paraskevi Malea Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Theodoros Kevrekidis
Democritus University of Thrace, Greece

B5.5.1

HAVGRÆSLITERACY

PRINCIP 4:

HAVGRÆSSER STABILISER-
ER HAVBUNDEN, FORBEDRER
VANDKVALITETEN OG LAGRER
KULSTOF

B5.5.2 GRUNDLÆGGENDE BEGREBER

- a. Havgræssets fysiske struktur stabiliserer substratet og dæmper bølge- og tidevandsenergi, hvilket reducerer erosion og uklarhed i vandsøjlen.
- b. Havgræsser producerer ilt gennem fotosyntese og understøtter dyresamfund.
- c. Havgræsser påvirker markant næringsstofkredsløbene i kystvande. De fungerer som filtre for næringsstoffer, der kommer ind i kystmiljøet, og forbedrer dermed vandkvaliteten.
- d. Havgræsser absorberer og tilbageholder forurenende stoffer og fjerner patogene marine bakterier fra vandet, hvilket forbedrer vandkvaliteten.
- e. Havgræsenge har en høj kapacitet til kulstofoptag og -lagring og fungerer derfor som vigtige kulstofdræn.

B5.5.3

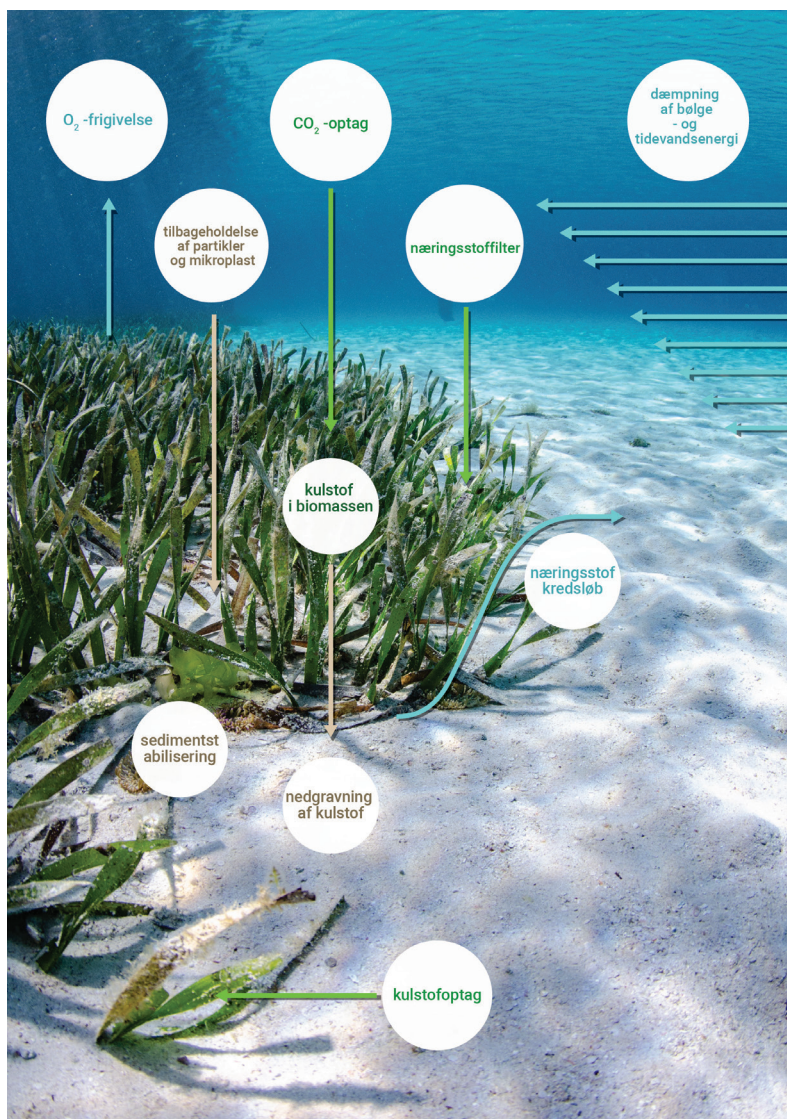
INDHOLDSKENDSKAB:
HAVGRÆSØKOSYSTEMETS
FUNKTION OG VÆRDI
FOR MILJØET -
REGULERENDE VÆRDI

A.

SUBSTRAT STABILISERING

Havgræssets fysiske struktur **stabiliserer substratet** og **dæmper bølge- og tidevandsenergi** (se Fig. 5.1), hvilket reducerer erosion og uklarhed i vandsøjlen. Især de komplekse og ofte dybe strukturer af havgræssets rødder og rhizomer spiller en central rolle i at binde sedimenter. Havgræssets fysiske struktur dæmper også bølge- og tidevandsenergi, hvilket øger aflejring og nedgravning af suspendede partikler. Derudover hjælper havgræssets bladdække med at fremme sedimentaflejring og forhindre resuspension. Ophobning af havgræsrester, især *Posidonia oceanica*-rester på strande (se Fig. 5.2), giver også meget effektiv beskyttelse mod kysterosion.

Som følge af alt dette hjælper havgræsser med at forbedre **vandets klarhed** og kvalitet, reducere erosion og beskytte kystlinjer mod storme.



Figur 5.1

Fremstilling af havgræsøkosystemets regulerende funktioner
(fotokredit Lilly Palmer/Ocean Image Bank)



Figur 5.2

En strandvold dannet på en strand af døde *Posidonia oceanica*-blade

(Mesi Beach, kystvandet ud for Thrakien, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland; fotokredit Paraskevi Malea)

B. ILT PRODUKTION

Havgræsser producerer ilt gennem fotosyntese. Den ilt, der frigives ved fotosyntese (se Fig. 5.1), hjælper med at forbedre vandkvaliteten og understøtte dyresamfund i havgræsbede og tilstødende habitater. Havgræsser er kendt som **“havets lunger”** fordi én kvadratmeter havgræsbede kan producere 10 liter ilt hver dag gennem fotosyntese. Særligt producerer *Posidonia oceanica*-enge på 10 m dybde mere end 14 liter ilt pr. dag pr. m².

C. NÆRINGSSTOF KREDSLØB

Havgræsser påvirker i høj grad **næringsstofkredsløb** i kystvande. I næringsfattige områder hjælper havgræsplanterne selv med næringsstofkredsløbet ved at optage næringsstoffer fra sedimentet og frigive dem til vandet gennem bladene (se Fig. 5.1), hvorved de fungerer som en næringsstofpumpe. Dermed understøtter havgræsser økosystemets samlede produktivitet.

Havgræsser fungerer også som filtre for næringsstoffer, der tilføres kystmiljøet, og forbedrer dermed vandkvaliteten. Havgræsøkosystemer fjerner næringsstoffer fra vandsøjlen gennem relativt hurtig optagelse af næringsstoffer både i havgræsser og deres **epifytter** (se Fig. 5.1). Når disse næringsstoffer er fjernet, kan de kun langsomt frigives gennem nedbrydning og konsum. På denne måde kan havgræsser reducere problemer med **eutrofiering**.

D.

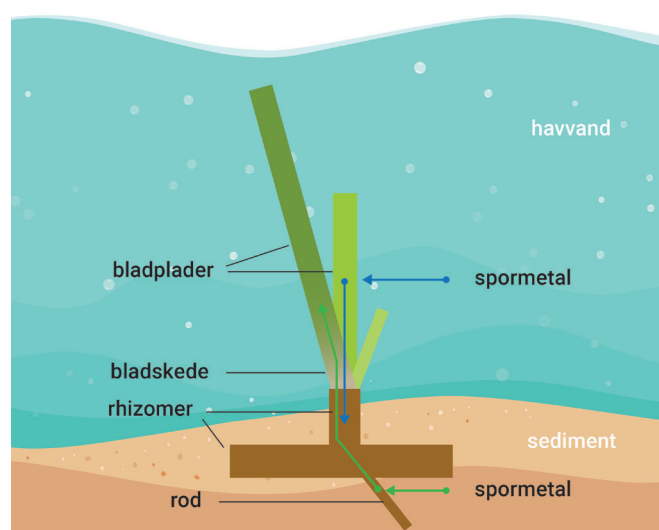
ABSORPTION OG TILBAGEHOLDELSE AF FORURENENDE STOFFER, FJERNELSE AF PATOGENE BAKTERIER

Havgræsser absorberer og tilbageholder **forurenende stoffer**, hvilket forbedrer vandkvaliteten. Særligt gennem relativt hurtig optagelse af forurenende stoffer såsom spormetaller fjerner havgræsøkosystemer forurenende stoffer fra sedimentet og vandsøjlen. Metaloptag i havgræsser kan ske ad to veje: fra det omgivende vand til bladene og derefter rhizomerne, eller ved translokation fra **interstitielt** vand i sedimentet til rødder, rhizomer og blade (se Fig. 5.3). Når disse forurenende stoffer er fjernet, kan de kun langsomt frigives gennem nedbrydning og konsum. På denne måde kan havgræsser reducere forurening og forbedre vandkvaliteten.

Havgræsser fremmer også ophobning af **mikroplast** og nedgravning i sedimentet, hvorved mikroplast fjernes fra det pelagiske **fødenet**. Særligt fremmer havgræsbede fangst af mikroplast ved, at partikler hæfter sig til bladdækket, og ved at fremme mikroplastens bundfældning på sedimentet (se Fig. 5.1).

Havgræsenge reducerer mængden af **bakterielle patogener** der skader både marine organismer og mennesker. Sedimenttilbageholdelse

i havgræsbede kan spille en vigtig rolle i denne reduktion. Fenoler frigivet fra havgræs til havvand er blevet knyttet til undertrykkelse af patogener. Desuden er havgræssets mikrobiom, især bladenes **epifytter**, også blevet foreslået at hæmme vandbårne patogener.



Figur 5.3

Skematisk fremstilling af optagelse af spormetaller i havgræs. Spormetaloptag kan ske ad to veje: fra det omgivende vand til blade og derefter rhizomer eller ved translokation fra interstitielt vand i sedimentet til rødder, rhizomer og blade (modificeret efter Malea, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Science of the Total Environment 686, 63-74)

E.

KULSTOF BINDING OG LAGRING

Havgræsenge spiller sammen med mangrover og saltmarsker en central rolle i at opfange og lagre **atmosfærisk kulddioxid**. Disse økosystemer (**blå kulstoføkosystemer**) optager mere kulstof, end de frigiver, og er derfor betydelige kulstofdræn og vigtige for at afbøde **klimaændringer** og modvirke **havforsuring**.

Havgræsser optager kulstof fra havvandet for at opbygge deres vegetative struktur (f.eks. rødder, rhizomer og blade) (se Fig. 5.1). Da de er flerårige strukturer, kan havgræsenge lagre store mængder kulstof i levende væv, dødt plantemateriale og sedimenter over lange tidsrum.

B5.6

HAVGRÆSSER OG MENNESKER ER ULØSELIGT FORBUNDET

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

Paraskevi Malea Aristotle University of Thessaloniki, Greece

B5.6.1
HAVGRÆSLITERACY
PRINCIP 5:
HAVGRÆSSER
OG MENNESKER
ER ULØSELIGT
FORBUNDET

B5.6.2

GRUNDLÆGGENDE BEGREBER

- a. Havgræsser påvirker alle menneskers liv. De bidrager globalt til menneskers velfærd ved at understøtte marin biodiversitet og truede arter, rense havvand, kontrollere sygdomme, producere ilt, bidrage til globale næringsstof- og kulstofkredsløb samt afbøde klimaændringer og virkningen af havforsuring.
- b. Havgræsser beskytter kystområder mod erosion, oversvømmelser og stormfloder og understøtter verdens fiskerier. De leverer føde, medicin og materialer og kan bruges som energiressourcer.
- c. Havgræsser rummer kulturelle værdier og muligheder for rekreative aktiviteter og bidrager til kystsamfunds identitet og kulturarv.
- d. Havgræsser er under pres fra menneskelige aktiviteter og klimaændringer. Beskyttelse, forvaltning og genopretning af havgræsenge er derfor afgørende.
- e. Øget offentlig bevidsthed og havgræsliteracy er nødvendig for at fremme informerede beslutninger og ansvarlig handling.
- f. Havgræsser giver vigtige økosystemtjenester, men samfundet er stadig i høj grad uvidende om deres værdi.
- g. Bevarelse af havgræs kræver samarbejde mellem forskere, politiske beslutningstagere, lokalsamfund, skoler og borgere.

B5.6.3

INDHOLDSKENDSKAB:

ØKOSYSTEMTJENESTER, TRUSLER, TAB, BEVARELSE, BEVIDSTHED

A.

ØKOSYSTEM TJENESTER

Økosystemer leverer mange vitale tjenester til mennesker. **Økosystemtjenester** er de fordele, mennesker får fra økosystemer, ifølge Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005). Økosystemtjenester inddeles af System of Environmental Economic Accounting (SEEA) i tre brede kategorier, nemlig forsynende tjenester, regulerende og vedligeholdende tjenester samt kulturelle tjenester. **Forsynende tjenester** er de økosystemtjenester, der repræsenterer bidrag til goder, som

udvindes eller høstes fra økosystemer (f.eks. vildtfangede fisk). **Regulerende og vedligeholdende tjenester** er de økosystemtjenester, der skyldes økosystemers evne til at regulere biologiske processer og påvirke klima, hydrologiske og biokemiske kredsløb og dermed opretholde miljøforhold, der er gavnlige for individer og samfund (f.eks. klimaregulering og regulering af vandstrømme). **Kulturelle tjenester** er de erfaringsmæssige og immaterielle tjenester knyttet til



Figur 6.1

Havgræsøkosystemers økosystemtjenester (fotokredit Christos Zoumbos/Theodoros Kevrekidis)

økosystemer, hvis eksistens og funktion bidrager til en række kulturelle goder (f.eks. forbedret sundhed og rekreation).

Havgræsser leverer en **række økosystemtjenester** på globalt plan (Fig. 6.1). Havgræsser **understøtter menneskers velfærd** ved at understøtte marin biodiversitet og truede arter, rense havvand, kontrollere sygdomme, producere ilt, bidrage til globale næringsstof- og kulstofkredsløb samt afbøde **klimaændringer** og virkningen af **havforsuring**. Som tidligere nævnt er havgræsser kendt som “**blå kulstoføkosystemer**”, da de er betydelige kulstofdræn og derfor vigtige for at afbøde **klimaændringer** og modvirke **havforsuring**.

Havgræsser **beskytter også kystlinjen** mod erosion, oversvømmelser og stormfloder, **understøtter verdens fiskeriproduktion**, anvendes til **materialer, medicin og fødevarer**, og har potentiale til anvendelse til **biobrændstof, biogas** og **biometanproduktion**. Havgræsenge giver **muligheder for rekreative aktiviteter** såsom snorkling, dykning, fiskeri og fuglekiggeri; de er en **kilde til inspiration** og **opdagelse** og udgør et væsentligt **element i mange folks kulturarv**. Marine angiospermer bruges også som **indikatorer** for **menneskeskabte forstyrrelser**. De mange fordele, som havgræsøkosystemer leverer, placerer dem blandt de mest **værdifulde**

marine økosystemer. Især er de tjenester, som globale havgræsser leverer, blevet anslået til 19.004 amerikanske dollars (USD 1994) pr. hektar pr. år.

Konkret er der identificeret mere end 25 økosystemtjenester fra havgræsøkosystemer. Disse tjenester omfatter både velkendte tjenester, såsom habitat for hvirvelløse dyr, og i vid udstrækning ukendte tjenester, såsom brugen af havgræsser til medicin. Havgræsser i bioregionerne Tropisk Indo-Stillehav (V) og Tempereret Nordatlanten Øst (III) er blevet vurderet til at levere det største antal økosystemtjenester.

Ikke desto mindre er det også påvist, at havgræsser i Europas kystvande leverer omfattende økosystemtjenester. For eksempel er havgræsser i Det Forenede Kongeriges kystvande (*Zostera marina* og *Zostera noltei*) blevet identificeret som leverandører af mindst 24 økosystemtjenester, og *Posidonia oceanica* i Middelhavet 27 økosystemtjenester. Særligt for *Posidonia oceanica* er der identificeret 4 forsynende, 14 regulerende og vedligeholdende samt 9 kulturelle økosystemtjenester (se tabel 6.1).

Tabel 6.1

Økosystemtjenester fra *Posidonia oceanica**

Kategori	Opdeling	Økosystemtjenester
Forsynende tjenester	Materiale	Døde blade anvendt som materiale: tagisolering, absorberende materiale til industrielt spildevand
		Døde blade som foder til husdyr og kompost
		Potentiel anvendelse af levende og døde plantedele til medicinproduktion
	Bioindikator	Anvendelse af <i>Posidonia oceanica</i> som bioindikator
Regulerende og vedligeholdende tjenester	Mediation af affald, giftstoffer og andre gener	Vandrensning ved filtrering
		Tilbageholdelse af næringsstoffer og forurenende stoffer ved <i>Posidonia oceanica</i>
		Tilbageholdelse af næringsstoffer og forurenende stoffer ved organismer, der lever i og på <i>Posidonia oceanica</i> -enge og døde eller levende organismer i sedimentet fanget i matten
		Reduktion af bølgestøj takket være <i>Posidonia oceanica</i> -strandvolde og enge nær kystlinjen
	Mediation af strømme	Beskyttelse mod kysterosion ved <i>Posidonia oceanica</i> -strandvolde
		Reduktion af bølgeenergi og strøm i <i>Posidonia oceanica</i> -bede
	Opretholdelse af fysiske, kemiske og biologiske forhold	Habitat for mange arter: levested, opvækstområde, gydeplads, beskyttelsesområde mod rovdyr, jagtområde, fødekilde
		Habitat for beskyttede arter
		Begrænsning af invasive arter som <i>Caulerpa taxifolia</i> takket være <i>Posidonia oceanica</i>
		Stabilisering/konsolidering af havbunden og/ved sedimentaflejring: dannelse af matte
		Øget faunadiversitet og mikroorganismer og dermed øgede fysisk-kemiske processer i substratet
		Iltning af vand
		Næringsstofkredsløb
		Kulstofdræn og kulstoflagring i planterne, matten og de fangede sediment
Kulturelle tjenester	Fysisk og intellektuel interaktion	Besøg i <i>Posidonia oceanica</i> -enge: snorkling og undervandsobservationsbåd
		Fiskeri efter blæksprutte og lystfiskeri i <i>Posidonia oceanica</i> -enge
		Forskningsemne
		Uddannelsesmuligheder
		Kulturel værdi og kulturarv
		Kunstnerisk inspiration: teater, maleri, skulptur
	Spirituelle, symboliske og andre interaktioner	Emblematisk art for Middelhavet
		Glæde ved vilde og karismatiske eksisterende arter
		Vilje til at bevare for fremtidige generationer

*Modificeret efter Campagne et al., 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. Marine Pollution Bulletin 97: 391-400

B.

HAVGRÆS TAB

På trods af havgræssets store værdi for miljøet og mennesker er der dokumenteret en **global tendens til tab af marine angiospermer**. Det er anslået, at omkring tyve procent af den globale udbredelse af marine angiospermer er gået tabt siden det 19. århundrede, mens status for mere end 22 marine angiospermarter forværres. Denne tendens forventes at fortsætte. Uundgåeligt har globale tab af havgræs betydelige konsekvenser for mennesker på grund af de vigtige økosystemtjenester, de leverer.

Konkret er der rapporteret en samlet tilbagegang i havgræs i alle syv havgræsbioregioner med et globalt nettotab på 5602 km² (19,1 % af det undersøgte engareal) siden 1880. De største nettotab af areal er forekommet i fire havgræsbioregioner, nemlig Tropisk Atlanterhav, Tempereret Nordatlanten Øst, Tempererede sydlige oceaner og Tropisk Indo-Stillehav, mens tendenserne i nogle bioregioner for nylig er stabiliseret eller vendt (se tabel 6.2).

For Europas havgræsareal er der rapporteret et tab på en tredjedel fra 1869 til 2016 som følge af sygdom, forringet vandkvalitet og kystudvikling, med de største tab i 1970'erne og 1980'erne. Siden

da er tabsraterne faldet for de fleste havgræsarter, og hurtigtvoksende arter er kommet sig lokalt, mens langsomtvoksende arter stadig viser langvarige tab.

Med hensyn til status for havgræsarter, der forekommer i Europas kystvande, vurderes de samlede populationer af *Zostera marina*, *Zostera noltei* og *Posidonia oceanica* at være faldende. Især er der dokumenteret et globalt fald i arealet dækket af *Zostera marina* på 1,4 % om året. Denne art er primært gået tilbage i udviklede og befolkede områder i Europa og Nordamerika. *Zostera noltei* er kendt for at være i tilbagegang i Sortehavet, Det Kaspiske Hav og Aralsøen. I Det Forenede Kongeriges kystvande, hvor to havgræsarter forekommer (*Zostera marina* og *Zostera noltei*), er der fremlagt dokumentation for katastrofalt havgræstab. Mindst 44 % af Storbritanniens havgræsser er gået tabt siden 1936 og 39 % siden 1980'erne. Over længere tidsrum kan tabene dog være helt op til 92 %.

Hvad angår *Posidonia oceanica*, anslås det, at mellem 13 % og 50 % af arealet for denne havgræsart i Middelhavet er gået tabt, og de tilbageværende enge kan have fået reduceret

skudtætheden med 50 % i perioden 1990-2010 og er blevet mere fragmenterede. Derudover anslås ca. 6,9 % af den potentielle *Posidonia oceanica*-vegetation at være gået tabt årligt over de seneste ca. 50 år.

På den anden side vurderes den samlede population af *Cymodocea nodosa* at være stabil. *Cymodocea nodosa* findes i kystområder med

et højt niveau af menneskelig forstyrrelse. Den er dog en relativt modstandsdygtig art. Derudover vurderes den samlede population af den hurtigt-voksende art *Halophila stipulacea* at være stabil eller stigende. For *Ruppia maritima* er den globale populationstendens ukendt, men sandsynligvis stabil.

Tabel 6.2

Nettoændring i det samlede undersøgte havgræsareal globalt, udtrykt som % af det maksimale samlede areal undersøgt i hver bioregion og som absolut areal (km²)*

Bioregion	Nettoændring (%)	Nettoændring (km ²)	Tidsrum
Tempereret Nordatlanten Øst	-69.0	-420	1900-2016
Tropisk Atlanterhav	-32.3	-3301	1880-2013
Tempererede sydlige oceaner	-22.4	-326	1930-2013
Tropisk Indo-Stillehav	-16.2	-96	1945-2016
Middelhavet	-9.9	-1477	1900-2012
Tempereret Nordpacifik	0.6	6	1955-2013
Tempereret Nordatlanten Vest	2.3	11	1960-2015
Globalt	-19.1	-5602	1880-2016

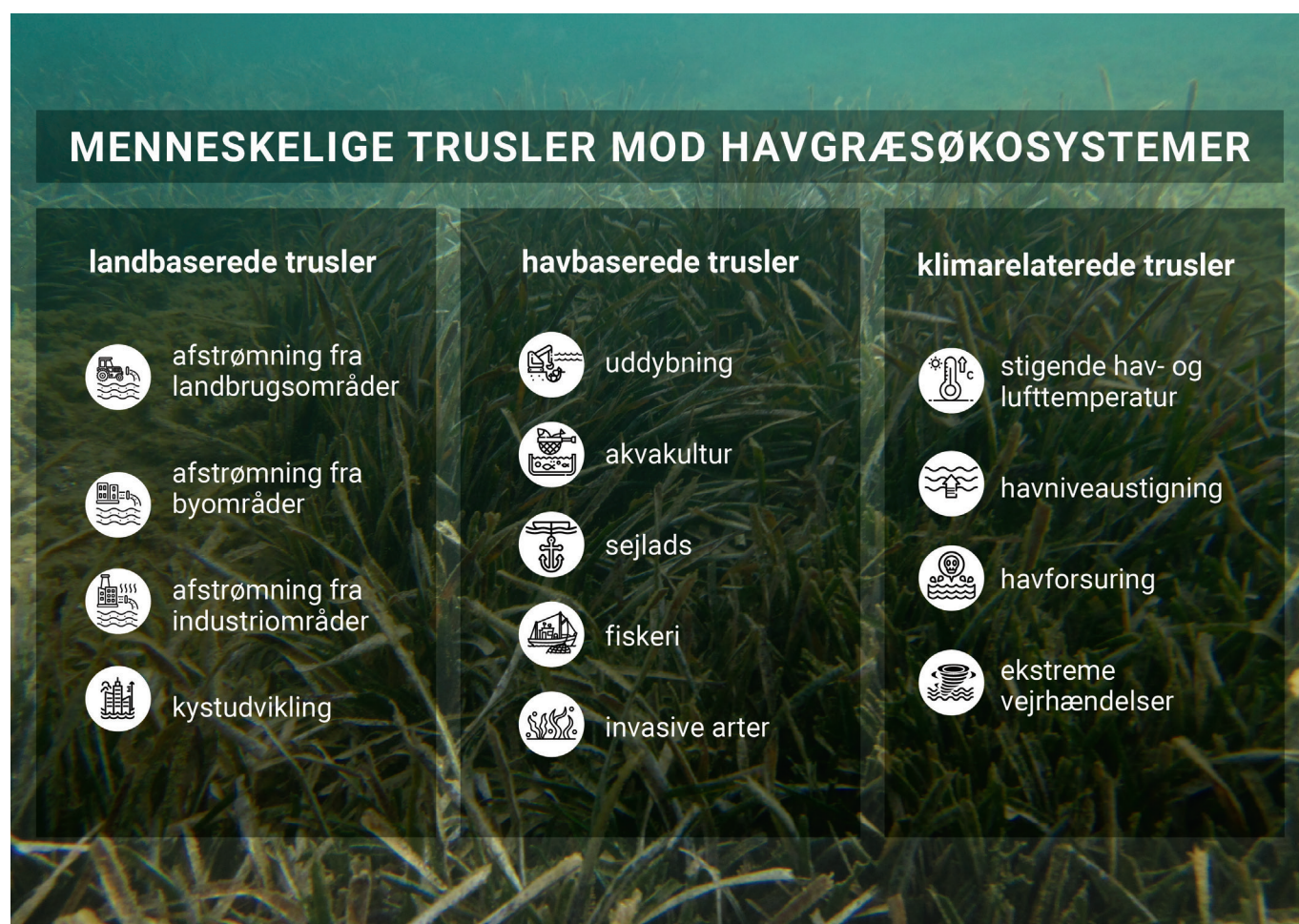
* fra Dunic, J.C., Brown, C.B., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Côté, I.M., 2021. Global Change Biology, 27:4096-4109

C.

TRUSLER MOD HAVGRÆS ØKOSYSTEMER

Tilbagegangen for marine angiospermer skyldes samspillet mellem stedsspecifikke naturlige og menneskeskabte stressfaktorer. **Naturlige trusler** mod havgræsser kan omfatte **geologiske påvirkninger**, såsom kystsænkning eller -hævning, der sænker eller hæver engene til mindre optimale vækstbetingelser, samt **meteorologiske påvirkninger**, såsom kraftige stormhæ-

delser, der kan føre til oprykning af havgræs og erosion af sedimentoverfladen. Naturlige trusler kan også omfatte **biologiske påvirkninger**, som kan være en del af havgræsengenes processer, såsom græsning fra søpindsvin, fisk, skildpadder, sirener eller gæs. Desuden udgør sygdomme en biologisk påvirkning, som kan have omfattende effekter, såsom ålegræssyge forårsaget af en sli-



Figur 6.2

Menneskelige trusler mod havgræsøkosystemer (fotokredit: Stavros Bachtsevanidis/Theodoros Kevrekidis)

met svamp.

Menneskelige trusler kan være landbaserede, havbaserede eller klimarelaterede og kan påvirke havgræsser direkte eller indirekte. De vigtigste **landbaserede trusler** er industriel, landbrugsmæssig og urban afstrømning samt kystudvikling (se Fig. 6.2 og tabel 6.3), mens **havgaserede trusler** omfatter ureguleret fiskeri og sejlads, uddybning, invasive arter og akvakultur (se Fig. 6.2 og tabel 6.4). **Klimarelaterede trusler** omfatter stigende luft- og havtemperaturer, havniveaustigning, **havforsuring**, øget hyppighed og intensitet af ekstreme vejrhændelser samt ændrede nedbørsmønstre (se Fig. 6.2 og tabel 6.5).

Med hensyn til havgræsarter i Europas kystvande findes der regioner med stor tilbagegang for *Zostera marina* på grund af ålegræssyge og alvorlige forureningstrusler samt områder med fuldstændig forsvinden, men også områder uden tilbagegang, hvor populationen trives. Lokale tilbagegange for *Zostera marina* er observeret i mange regioner på grund af tab af **vandklarhed** som følge af sedimentation, kystudvikling og ålegræssyge. Næringsstofbelastning fra afstrømning har også medført lokale tilbagegange.

For *Zostera noltei* er der observeret lokale tilbagegange i nogle regioner på grund af tab af **vandklarhed** fra sedimentation, kystudvikling og ålegræssyge. *Zostera noltei* er også følsom over for **eutrofiering** og påvirkes kraftigt af skygning.

Posidonia oceanica trues af turbiditet, trawlfisk-

eri og bådankring. Den øvre grænse for dens enge påvirkes af kystudvikling, herunder urban og havnemæssig infrastruktur, kystbefæstning og sandindvinding. Forurening og **eutrofiering** udgør trusler mod *Posidonia oceanica* -enge i mange kystområder. Invasive makroalger som *Caulerpa taxifolia* og *Caulerpa racemosa* kan vokse på sand og *Posidonia oceanica*-rhizomer, forringe sedimentkvaliteten og fremskynde engenens tilbagegang. Invasive **epifytter** kan true overlevelsen af *Posidonia oceanica* og påvirke tætheden og kompleksiteten af samfundene i engene. **Klimaændringer** kan også true *Posidonia oceanica*-enge gennem opvarmning af vandet, havniveaustigning og ekstreme vejrhændelser.

Cymodocea nodosa trues lokalt af mekaniske skader fra trawlfiskeri og bådankring samt af kystudvikling og **eutrofiering**. I Middelhavet trues *Cymodocea nodosa* af konkurrence fra makroalgearter som *Caulerpa taxifolia* og *Caulerpa racemosa*.

Trusler mod *Halophila stipulacea* omfatter faldende vandkvalitet. Lokale trusler omfatter kystudvikling, trawlfiskeri, uddybning og forurening.

Ruppia maritima er meget tolerant over for forstyrrelse, herunder **eutrofiering**, turbiditet samt høj og lav **saltholdighed**. Arten trues lokalt af habitattab som følge af industrialisering, landbrug og kystinddæmning, da den vokser i overgangsmiljøer mellem land og hav.

Tabel 6.3

Landbaserede trusler mod havgræsøkosystemer*

Trusler	Påvirkning
Afstrømning fra landbrugs-, by- og industriområder	Landbaseret afstrømning fører forurenende stoffer, herunder store mængder sedimenter, næringsstoffer, pulser med reduceret saltholdighed og giftstoffer (f.eks. metaller og herbicider), ind i havgræsenge. Landbaseret afstrømning kan også indirekte påvirke havgræsenge ved at påvirke flere habitatbehov gennem eutrofiering. Effekterne af landbaseret afstrømning kan være vidtrækkende og langvarige, da floder kan transportere forurenende stoffer over hundreder, endda tusinder, af kilometer, og sedimenter kan lagre forurenende stoffer i lange perioder. Effekterne af landbaseret afstrømning kan gentage sig på grund af resuspension af sediment-er gennem bølgeenergi, drevet af vind eller både, hvilket kan reducere lysets gennemtrængning og frigive lagrede næringsstoffer eller forurenende stoffer.
Kystudvikling	Udvikling af by- og havneinfrastruktur kan direkte eller indirekte minimere egnede habitatområder for havgræsser. Landindvinding gør det muligt at bygge bystrukturer oven på tidligere havgræshabitat, hvilket permanent og irreversibelt fjerner havgræsser eller skygger dem fra lys. Kystnær udvikling kan skygge havgræshabitat eller skabe et fænomen kaldet "coastal squeeze", som sammen med havniveaustigning reducerer det habitat, der er tilgængeligt for havgræsser.

Tabel 6.4

Havbaserede trusler mod havgræsøkosystemer*

Trusler	Påvirkning
Uddybning	Uddybning kan forårsage direkte fysisk skade på havgræsenge. Dumpning af opgravet materiale kan også kvæle havgræsser, mens resuspension af fine sedimenter kan påvirke havgræsser flere ti kilometer fra udgravningsstedet.
Akvakultur	Akvakulturstrukturer kan fysisk skygge for og direkte fortrænge havgræsser. De kan også forårsage udbredt indirekte skygning og stress som følge af øget turbiditet, næringsstoffer og forurenende stoffer eller introduktion af eksotiske arter og patogener.
Sejlads	Direkte fysisk skade på havgræsser kan opstå fra sejlads, især fra propeller og ankring. Sejlads kan også have indirekte effekter, f.eks. langvarige skader forårsaget af olieudslip fra optankningsuheld og ulykker. Sejlads skaber også bølgeenergi, som kan resuspendere sedimenter og reducere lysets gennemtrængning.
Fiskeri	Fiskeri, især trawlfiskeri, har ofte akutte, lokale effekter knyttet til direkte fjernelse af havgræsser, hvis det ikke reguleres effektivt. Fiskeri kan også have indirekte effekter, såsom langvarige skader forårsaget af olieudslip fra optankningsuheld og ulykker. Fiskeri kan ændre sammensætningen af dyrearter knyttet til havgræsser og kan også ændre græsningsregimer, f.eks. hvis rovdyr fjernes, så byttearter kan trives. Det kan direkte føre til reduceret havgræsbiomasse gennem græsseres konsum.
Invasive arter	Invasive arter, især græssende dyr, kan forårsage direkte fysisk skade på havgræsser.

* Baseret hovedsageligt på Connolly et al., 2020. UNEP, Nairobi, s. 36-47

Tabel 6.5

Klimarelaterede trusler mod havgræsøkosystemer

Trusler	Påvirkning
Stigende hav- og lufttemperatur	En primær effekt af øget global temperatur på havgræsser vil være ændrede vækstrater og andre fysiologiske funktioner. Havgræssets udbredelse vil forskydes som følge af øget temperaturstress og ændringer i mønstre for kønnet reproduktion. Indirekte temperatureffekter kan omfatte ændringer i plantesamfund som følge af øget eutrofiering og ændringer i hyppighed og intensitet af ekstreme vejrhændelser.
Havniveaustigning	De direkte effekter af havniveaustigning på kysthavene vil være øgede vanddybder, ændret tidevandsvariation, ændret vandbevægelse og øget indtrængning af havvand i estuarier og floder. En væsentlig påvirkning af alle disse ændringer på havgræsser vil være en omfordeling af eksisterende habitater.
Havforsuring	Forhøjede niveauer af opløst CO ₂ i havvand i kombination med opvarmning af havvand kan reducere planter's ydeevne og produktivitet, sandsynligvis ved at forårsage metabolisk svækkelse.
Øget hyppighed og intensitet af ekstreme vejrhændelser	Ekstreme storme og tilhørende vind, tidevandsstrømme og sedimentbevægelse kan begrave havgræsskud, blotlægge rødder og rhizomer og endda rykke hele planter op, hvilket medfører pludselige tab af havgræsdække.
Ændrede nedbørsmønstre	Ekstreme nedbørshændelser forbundet med cykloner kan øge belastningen med forurenende stoffer og medføre dårlig vandklarhed og lystilgængelighed, mens tørke kan øge vandets saltholdighed og udgøre en trussel mod nogle havgræsarter.

D.

HAVGRÆS BEVARELSE OG BESKYTTELSE

Marine angiospermer er ikke i centrum for politiske og forvaltningsmæssige strategier. Kun få lande har udviklet planer specifikt for beskyttelse af marine angiospermøkosystemer, mens kun en fjerdedel af det registrerede areal med marine angiospermer ligger inden for marine beskyttede områder. Imidlertid kan **forvaltning, bevarelse** og **genopretning** af marine angiosperm-enge vende deres tab. Derfor er der et presserende behov for at udvikle og gennemføre effektiv lovgivning, politikker og forvaltningsplaner. Det er også vigtigt, at effektiv bevarelse af marine angiospermer kan hjælpe nationale regeringer med at opfylde mange internationale miljøpolitiske forpligtelser, såsom FN's verdensmål for bæredygtig udvikling (SDG'erne), FN's årti for havforskning for bæredygtig udvikling, FN's årti for genopretning af økosystemer, Konventionen om Biologisk Mangfoldighed og Ramsarkonventionen om vådområder.

Med hensyn til havgræsbevarelse i Europa er havgræs-**monitorerings indsatsen**, dvs. indsatsen for systematisk indsamling af økologiske data på en standardiseret måde med regelmæssige intervaller over tid, stigende, men den er stadig varierende eller fraværende i nogle lande. Tilsvarende er **kortlægning** af havgræsengenes

areal meget mangelfuld i mange europæiske lande. **Forvaltningsplaner** for havgræsser findes kun i nogle europæiske lande, og i de fleste tilfælde vedrører disse planer ikke strengt havgræsøkosystemer. I andre regioner omfatter forvaltningsplaner en enkelt havgræsart, f.eks. *Posidonia oceanica*, eller de er under udarbejdelse.

Havgræsarter og -habitater i Europa er beskyttet på forskellige niveauer, fra **internationale konventioner og direktiver** til **nationale og regionale regler**. Lovgivningsmæssige værktøjer på internationalt og europæisk niveau er Bernkonventionen (beskyttelse af havgræsarter), OSPAR-konventionen (beskyttelse af tre europæiske havgræsser ved Atlanterhavskyster - *Zostera marina*, *Zostera noltei*, *Cymodocea nodosa*), Barcelonakonventionen (indirekte beskyttelse af middelhavshavgræshabitater), Ramsarkonventionen (indirekte beskyttelse af havgræshabitater) samt EU-direktiver og -politikker (habitatdirektivet, vandrammedirektivet, havstrategirammedirektivet og den fælles fiskeripolitik). Den internationale og europæiske lovgivning om beskyttelse af *Posidonia oceanica* fremgår af tabel 6.6.

Tabel 6.6

International og europæisk lovgivning om beskyttelse af *Posidonia oceanica**

Internationalt niveau	
Ramsarkonventionen	RAMSAR-konventionen (1975) har til formål at bevare “områder med mose, kær, tørve-land eller vand, uanset om de er naturlige eller kunstige, permanente eller midlertidige, med stillestående eller strømmende vand, ferskt, brak eller salt, herunder områder med havvand, hvis dybde ved lavvande ikke overstiger seks meter”. Øvre dele af <i>Posidonia oceanica</i> kan være omfattet.
Bernkonventionen	Bernkonventionen (konventionen om beskyttelse af Europas vilde dyr og planter samt naturlige levesteder) blev underskrevet i 1979 og opdateret i 1996 for at tilføje marine arter såsom <i>Posidonia oceanica</i> , <i>Zostera marina</i> og <i>Cymodocea nodosa</i> . Disse arter nævnes som arter, der kræver beskyttelse. Ifølge artikel 4 skal de kontraherende parter træffe passende og nødvendige lovgivningsmæssige og administrative foranstaltninger for at sikre bevarelsen af habitaterne, undgå eller så vidt muligt minimere forringelsen af sådanne områder og koordinere deres indsats, når disse områder ligger i grænseområder.
Barcelonakonventionen	Barcelonakonventionen, underskrevet i 1976 og opdateret i 1995, er konventionen om beskyttelse af havmiljøet og kystregionen i Middelhavet. Det juridiske værktøj er Middelhavshandlingsplanen (MAP), ledsaget af protokollen om særligt beskyttede områder og biologisk mangfoldighed i Middelhavet. Protokollen består af tre bilag. Bilag 2 vedrører en liste over truede arter, som omfatter <i>Posidonia oceanica</i> .
Europæisk niveau	
Habitatdirektivet af 21. maj 1992	er det juridiske grundlag for at bevare naturlige habitater for vilde dyr og planter og opretholde biodiversitet i hele EU. Direktivet har seks bilag: bilag 1 identificerer naturhabitattyper, hvis bevarelse kræver udpegning af særlige bevaringsområder (SAC'er). I dette bilag optræder <i>Posidonia oceanica</i> -habitatet, som desuden er klassificeret som et prioriteret habitat (1120).
Vandrammedirektivet (WFD, 2000) og havstrategirammedirektivet (MSFD, 2008)	understøtter bevarelsen af <i>Posidonia oceanica</i> gennem målet om at opnå eller opretholde god miljøtilstand (GES) i alle EU's marine vande. <i>Posidonia oceanica</i> bruges generelt som indikator for miljøtilstand.
Den fælles fiskeripolitik (CFP)	beskytter også <i>Posidonia oceanica</i> s enge. Det er forbudt at anvende trukne redskaber over 50 meters dybde (hvilket indebærer indirekte beskyttelse af <i>Posidonia oceanica</i> , som vokser ned til 45 m dybde), og mere specifikt er det forbudt at “fiske med trawlnet, skrabere, snurpenot, bådvod, landdragningsvod eller lignende net over havgræsbede, især af <i>Posidonia oceanica</i> ” (Rådet for Den Europæiske Union, 2006).

*Modificeret efter <https://medposidonianetwork.com/conservation-status/>

Desuden har flere europæiske lande beskrevet **nationale regler**, som i de fleste tilfælde er gennemførelse af Bern- og Barcelonakonventionerne samt habitat- og vandrammedirektiverne. Ud over de nævnte regler bidrager **indirekte foranstaltninger og lovgivning**, såsom regler om brug af fiskeredskaber og gennemførelse af akvakultur, væsentligt til beskyttelsen af havgræs. Derudover er vigtige havgræsområder i Europas kystvande beskyttet som **marine beskyttede områder**, herunder Ramsarområder. På trods af eksisterende lovgivning er **implementeringen** dog blevet vurderet som temmelig varierende og svag.

Havgræs **Genopretning** af havgræs kan omfatte både forbedring af betingelserne for havgræsvækst i et område, såsom forbedring af **vandklarhed**, og direkte såning eller transplanta-

tion af havgræs. Flere forsøg på genopretning af havgræs er gennemført i Europa, især for arter af slægten *Zostera*. De fleste af disse forsøg er dog beskrevet som eksperimentelle, i en tidlig fase med henblik på at bestemme deres succes, eller med "ringe" eller "meget ringe" succes.

Samlet set er det blevet foreslået, at mere koordinerede indsatser mellem og inden for europæiske lande er nødvendige for at gennemføre effektive foranstaltninger til forvaltning og bevarelse af havgræs. Det er også blevet foreslået, at disse indsatser kan omfatte udvikling af en fælles juridisk ramme til beskyttelse af havgræsenge, inddragelse af havgræsbede i marine beskyttede områder, et langsigtet og sammenligneligt videnskabeligt monitoreringsnetværk for havgræsenge samt samarbejde mellem forskere, forvaltere og samfundet.

E.

UDDANNELSE, OFFENTLIG BEVIDS- THED, ANSVARLIG MILJØMÆSSIG ADFÆRD

Marine angiosperm-enge er **vitale**, men **under-vurderede** marine økosystemer. Samfundet er i vid udstrækning uvidende om havgræsser og deres betydning. Det er rapporteret, at mange mennesker aldrig har hørt om havgræsser, eller at de forveksler dem med makroalger (tang). Samfundets anerkendelse af marine angiospermer er fundet særligt begrænset, når mennesker ikke har direkte erfaring med marine angiospermøkosystemer, eller når de tjenester, disse økosystemer leverer til mennesker, er indirekte, f.eks.

understøttelse af fiskeriproduktion. I modsætning hertil er anerkendelsen af marine angiospermers betydning høj i lokalsamfund, der er afhængige af dem for deres levebrød.

Øget **anerkendelse** af havgræssernes værdi er nødvendig for at lægge pres på beslutningstagere og politiske aktører for at beskytte disse værdifulde økosystemer. Øget **offentlig bevidsthed** om marine angiospermer (Fig. 6.3) er anerkendt som afgørende for en bæredygtig fremtid for dis-



Figur 6.3

Formidlingsaktiviteter om havgræs på Kastellorizo, Grækenland
(fotokredit: Ifigeneia Tepetidi/Hellenic Foundation for Research and Innovation)

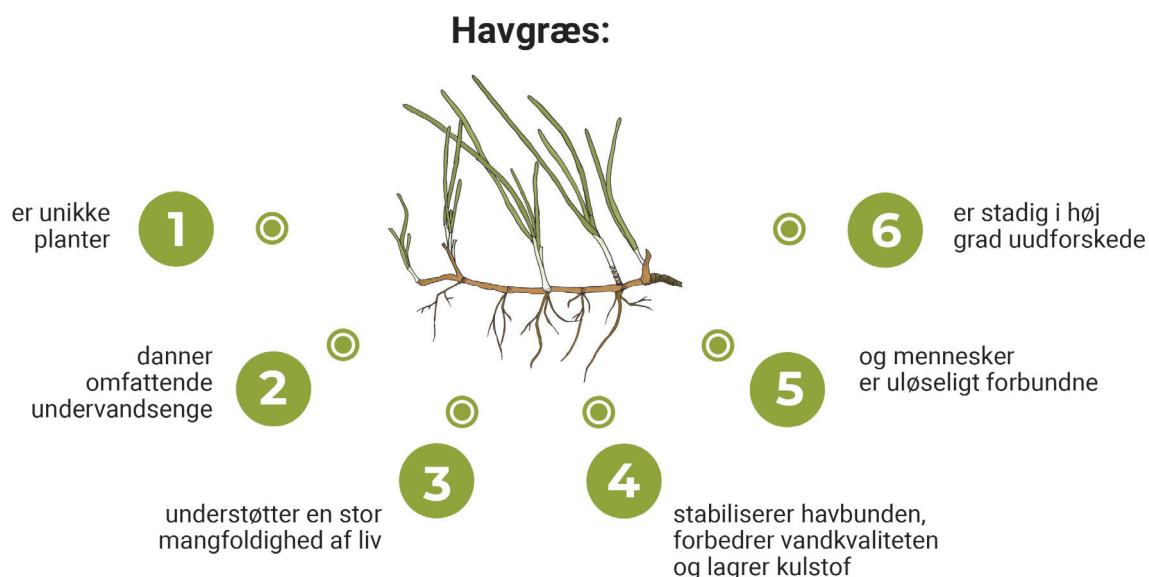
se vigtige marine økosystemer. Frivilligbaserede havgræsmonitoreringsprogrammer, som typisk omfatter formidlingsinitiativer rettet mod offentligheden og interaktioner med forvaltere, kan øge bevidstheden om marine angiospermer.

Ovenstående understreger behovet for at skabe et **samfund** med **viden om marine angiospermer**, som er i stand til at træffe informerede og ansvarlige beslutninger om deres bæredygtighed. For at nå dette mål er det nødvendigt at definere den viden, som en **borger** skal have for at blive betragtet som **vidende om marine angiospermer**. Med dette formål er **principper og begreber om havgræsser** blevet identificeret inden

for den bredere ramme af havliteracy. Konkret blev seks centrale **principper** identificeret, hver understøttet af et sæt grundlæggende **begreber**, i alt 31 begreber. Disse principper og begreber omhandler centrale spørgsmål om marine angiospermers biologi (princip 1-4), deres værdi (princip 3-5), deres tab og beskyttelse (princip 5) samt videnskabelig forskning i disse marine planter (princip 6) (Fig. 6.4).

Principper og begreber om havgræsser kan fungere som en vejledning for forskere, politiske beslutningstagere, miljømæssige ikke-statslige organisationer og den blå økonomisektor. Frem for alt kan disse principper og begreber dog an-

HAVGRÆS PRINCIPPER



Figur 6.4

De seks centrale havgræsprincipper

(ifølge Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Marine Pollution Bulletin 173, 112936)



Figur 6.5

Elever engageres i havgræs-fokuserede aktiviteter på Kastellorizo, Grækenland (fotokredit Ifigeneia Tepetidi/Hellenic Foundation for Research and Innovation)

vendes til uddannelsesformål i både formel og ikke-formel uddannelse. De vil især kunne integreres i grundskolens og ungdomsuddannelsens læreplaner, i skolebøger og i pædagogisk praksis (Fig. 6.5).

En forståelse af havgræssernes værdi for miljøet og mennesker samt konsekvenserne af deres tab er afgørende for deres **beskyttelse** og **bevarelse**.

Næste skridt er at gøre noget for havgræsserne.

Alle har ansvar for havgræssernes sundhed.

Havgræsser er unikke planter, der understøtter en stor mangfoldighed af liv, og mennesker må leve på måder, der opretholder havgræsser. **Individuelle og kollektive handlinger** er nødvendige for effektivt at forvalte havgræsser til gavn for alle.

B5.7

HAVGRÆSSER ER I HØJ GRAD UUDFORSKEDE

Theodoros Kevrekidis

Democritus University of Thrace, Greece

Paraskevi Malea

Aristotle University of Thessaloniki, Greece

B5.7.1
HAVGRÆSLITERACY
PRINCIP 6:
HAVGRÆSSER
ER I HØJ GRAD
UUDFORSKEDE

B5.7.2

GRUNDLÆGGENDE BEGREBER

- a. Havgræsøkosystemer er i høj grad udforskede. Selvom vores viden om havgræsser er vokset markant i dette århundrede, findes der stadig store viden-shuller. Udforskning af havgræsser giver muligheder for undersøgelse og læring.
- b. At forstå havgræsser handler om mere end nysgerrighed. Løbende forskning er nødvendig for bedre at forstå havgræssystemer. Kortlægning og monitorering af havgræssets udbredelse og tilstand er et centralt forskningsfelt.
- c. Den globale udbredelse af havgræsbede falder med bekymrende hastighed. Disse økosystemers fremtidige bæredygtighed afhænger af vores forståelse af havgræsser og deres samspil med miljøet.
- d. Nye metoder og teknologier samt matematiske modeller udvider vores evne til at indsamle, analysere og fortolke havgræsdata. Forskere bruger i stigende grad fjernmålingsinstrumenter såsom satellitter, droner og multibeam-ekkolod til at kortlægge og monitorere havgræsser.
- e. Havgræsforskning er tværfaglig. Den kræver tæt samarbejde mellem forskere fra mange forskellige felter, herunder biologer, kemikere, fysikere, geologer, meteorologer, klimatologer, dataloger, ingeniører, sociologer og økonomer.

B5.7.3

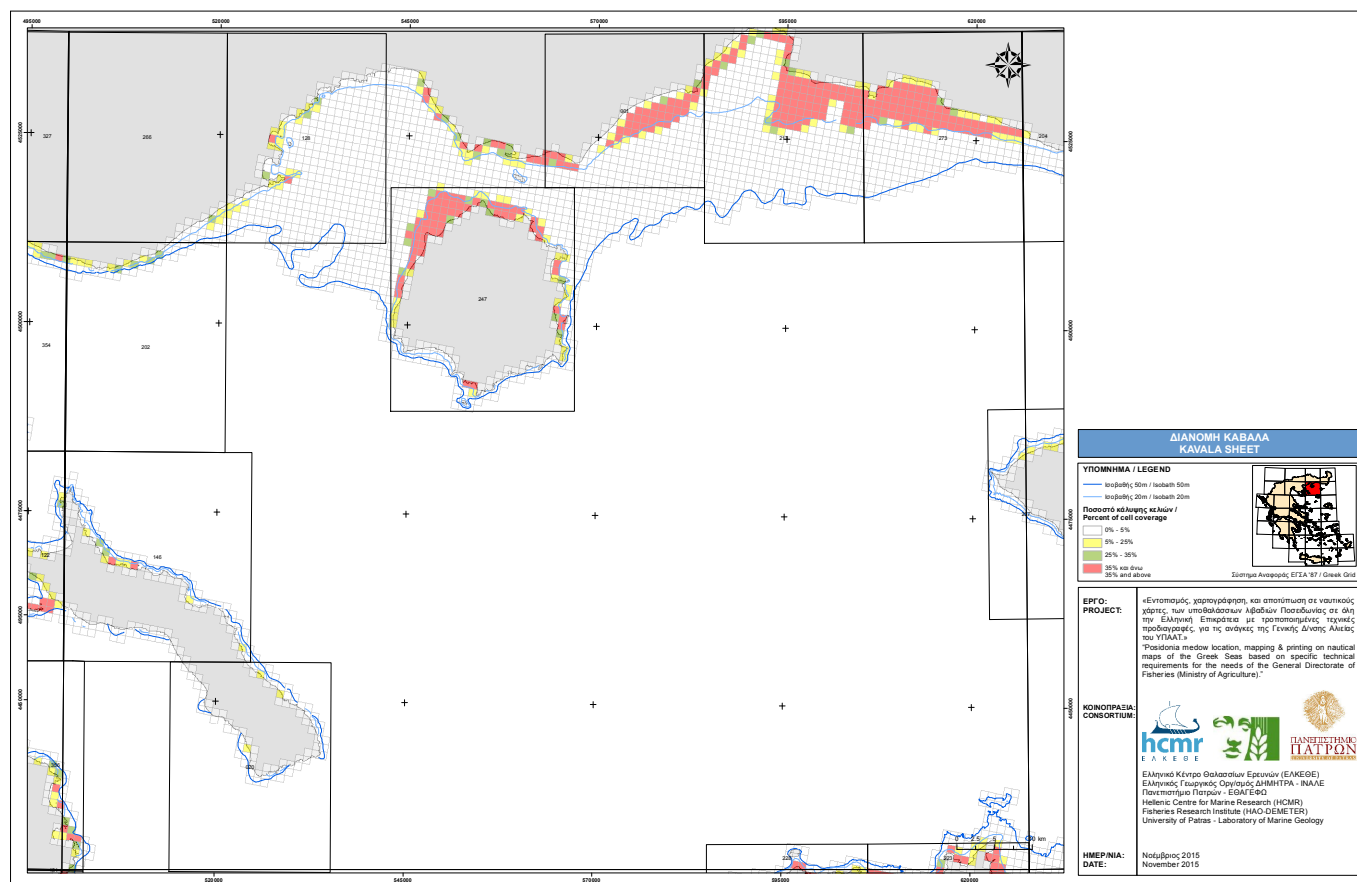
INDHOLDS

KENDSKAB

Havgræsøkosystemer er i høj grad udforskede. Derfor giver udforskning af havgræsser muligheder for undersøgende arbejde og læring. Mennesker udforsker havgræsser gennem mange forskellige karrierer og fritidsinteresser. Forskere, fiskere, svømmere, fotografer, filmskabere, kunstnere og opdagelsesrejsende bruger alle tid på at udforske havgræsser. Men forståelsen af havgræssystemer er mere end et spørgsmål om nysgerrighed. Som tidligere nævnt falder den globale udbredelse af havgræsser med alarmerende hastighed. I denne sammen-

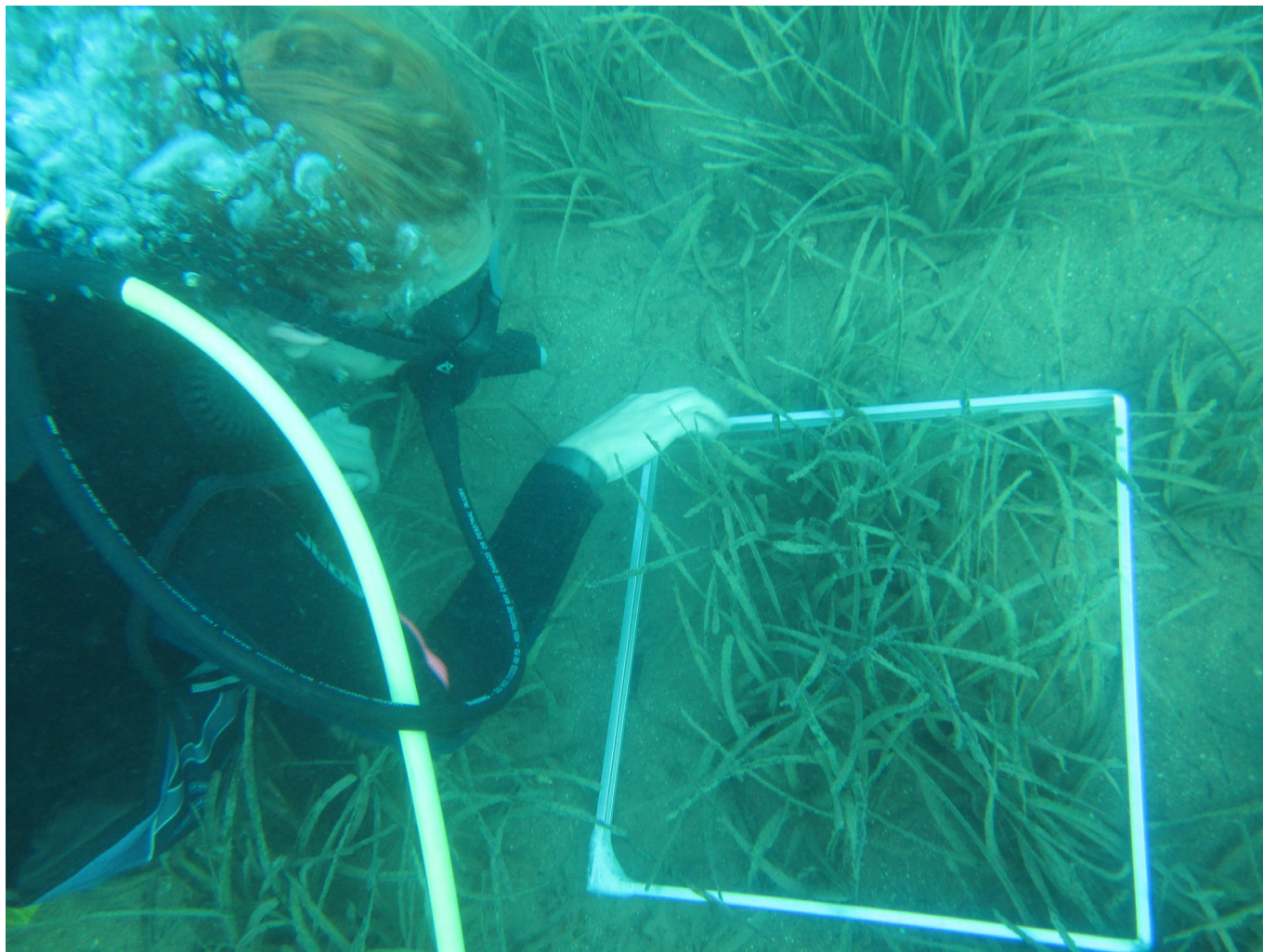
hæng afhænger disse økosystemers fremtidige bæredygtighed af vores forståelse af havgræsser og deres interaktioner med miljøet. Særligt kræver effektiv bevarelse, genopretning og forvaltning af havgræsser en omfattende forståelse af disse systemer.

Viden om havgræsser er vokset betydeligt i dette århundrede, hvor havgræsforskningen har gjort hurtige fremskridt. Fremskridtet er drevet af metodiske og teknologiske fremskridt, herunder fremskridt inden for fjernmålingsteknikker, com-



Figur 7.1

Kortlægning af *Posidonia oceanica*-enge i kystvandet ud for Østmakedonien og Thrakien, det nordlige Ægæiske Hav, Grækenland (Hellenic Centre for Marine Research, Fisheries Research Institute)



Figur 7.2

Posidonia oceanica-prøvetagning og feltbaseret monitorering for at give information om engenens sundhedstilstand; data om flere engvariabler, herunder skudtæthed, blad- og rhizomdække, indsamles.

puterbaseret modellering og statistiske analyser. Der er dog fortsat betydelige huller i vores viden om havgræsser. Fortsat forskning er nødvendig for bedre at forstå havgræssystemer. Flere spørgsmål fra en bred vifte af forskningsområder inden for havgræs er blevet identificeret som prioriteter for fremtidig forskning. Kortlægning og monitorering af havgræssets udbredelse og tilstand (Fig. 7.1 og 7.2) samt spørgsmål om forvaltning og genopretning af havgræs indgår blandt disse prioriteter.

Nye metoder og teknologier samt matema-

tiske modeller udvider vores evne til at indsamle, analysere og fortolke havgræsdata. Forskere bruger i stigende grad fjernmålingsinstrumenter såsom satellitter, droner og multibeam-ekkolod til at kortlægge og monitorere havgræsser. I denne sammenhæng er tværfaglige forskningsmetoder nødvendige for bedre at forstå havgræsøkosystemer. Derfor kræver havgræsforskning tæt samarbejde mellem forskere fra mange forskellige felter, herunder biologer, kemikere, fysikere, geologer, meteorologer, klimatologer, dataloger, ingeniører, sociologer og økonomer.

GLOSSAR OVER BEGREBER

Biomasse

Vægten eller den samlede mængde levende organismer af én art (artsbiomasse) eller af alle arter i et samfund (samfundsbiomasse), typisk angivet pr. areal- eller volumenenhed af habitatet.

Biotisk samfund

(eller blot "samfund") En gruppe forskellige arter af levende organismer, der interagerer med hinanden i et specifikt marint miljø.

Blåt kulstof

Kulstof lagret i sedimenter fra kystøkosystemer, herunder havgræsenge, mangroveskove og saltmarsker, fordi det lagres i havet.

Blå kulstoføkosystemer

er kystnære og marine habitater som havgræsenge, mangrover og saltmarsker, der spiller en afgørende rolle i at opfange og lagre atmosfærisk kuldioxid. Disse økosystemer er betydelige kulstofdræn, hvilket betyder, at de optager mere kulstof, end de frigiver, og deres bevarelse og genopretning er vigtig for at afbøde klimaændringer.

Brakvand

En blanding af fersk- og saltvand med en saltholdighed mellem ferskvand (typisk under 0,5) og havvand (omkring 35). Særligt kan brakvand have en saltholdighed fra 0,5 til 30. Brakvand findes ofte i områder, hvor ferskvandskilder som floder møder saltvandskilder som oceaner, f.eks. i estuarier.

Klimakssamfund

Et økologisk samfund, hvor populationer af planter eller dyr forbliver stabile og eksisterer i balance med hinanden og deres miljø. Et klimakssamfund er det sidste stadie i **økologisk succession**, og forbliver relativt uændret, indtil det ødelægges af en hændelse eller menneskelig påvirkning.

Kolde udsivninger

Et dybhavsmiljø fyldt med energirige kemikalier. Kolde udsivninger forekommer ved sprækker i havbunden,

som skyldes bevægelsen af jordens tektoniske plader. Miljøet ved hydrotermiske væld og kolde udsivninger adskiller sig med hensyn til temperatur og levetid. I modsætning til kemikalierne omkring hydrotermiske væld har kolde udsivninger en temperatur, der ligner det omgivende vand. Desuden er hydrotermiske væld relativt kortlivede, mens kolde udsivninger er langvarige. Orme, der lever i kolde udsivningsmiljøer, er blandt de længstlevende hvirvelløse dyr i verden.

Corioliseffekt

Afvigelsen af et objekt på grund af corioliskraften.

Corioliskraft

Den afbøjning, der påføres bevægende vandmasser på grund af jordens rotation om sin akse. Afbøjningen sker mod højre på den nordlige halvkugle og mod venstre på den sydlige halvkugle.

Detritus

Dødt partikulært organisk materiale, såsom nedbrudt plante- og dyremateriale.

Økologisk succession

er den proces, hvor sammensætningen af arter og habitat i et område ændrer sig over tid. Gradvis erstatter disse samfund hinanden, indtil et "klimakssamfund" nås, eller indtil en forstyrrelse opstår.

Epifauna

Bentiske organismer, der lever på eller bevæger sig over substratets overflade.

Epifyt

En plante eller plantelignende organisme, der vokser på overfladen af en anden plante.

Eutrofiering

er en tilstand med overdreven alge- og plantevækst forårsaget af næringsstoffer, især kvælstof og fosfor, i vandet.

Fødekæde

Rækkefølge af trin, hvor energi bevæger sig fra ét trofisk niveau til det næste.

Fødenet

System af krydsforbundne fødekæder.

Ferskvand

Vand, der adskiller sig fra havvand ved sin lave koncentration af opløste salte (saltholdighed typisk under 0,5), og som primært findes i floder, søer og underjordiske akviferer.

Globale klimaændringer

er omfattende ændringer i gennemsnitstemperatur, nedbørsmønstre og andre klimafaktorer, som skyldes stigende koncentrationer af drivhusgasser såsom kuldioxid. Disse gasser frigives ved afbrænding af fossile brændstoffer, en praksis der er steget dramatisk siden begyndelsen af den industrielle revolution i slutningen af 1700-tallet. Drivhusgasser forhindrer varme nær jordens overflade i at slippe ud i rummet, så en stigning i deres koncentration fører til mere tilbageholdt varme. Jo højere koncentration, desto mere varme fastholdes.

Hydrotermiske væld

De dannes, hvor varmt vand og gasser fra under havbunden blandes med vand og gasser fra det overliggende ocean. Typisk findes hydrotermiske væld på havbunden langs midtoceaniske rygge, hvor magma fra kappen kommer i tæt kontakt med oceanisk skorpe på grund af havbundsspredningens pladetektonik. Dybhavets hydrotermiske væld understøtter rige økosystemer, som kan omfatte tætte forekomster af dyr såsom rejer og rørorme.

Hypersalint vand

Vand med en saltholdighed, der er væsentligt højere end normalt havvand (35). Specifikt har hypersalint vand en saltholdighed over 40. Hypersaline vandmiljøer findes typisk i lukkede vandområder såsom hypersaline søer og laguner.

Interstitialt vand

er vandige opløsninger, der optager porerummene mellem partikler i sedimenter og bjergarter.

Intertidal zone

(eller **litoral zone**) Kystområdet mellem højeste og laveste tidevand, som udgør overgangsområdet mellem det marine og det terrestriske miljø.

Kelpskov

Kelp er en type brun makroalge. Når mange kelp vokser tæt sammen over et stort område, danner de en kelpskov. Generelt findes kelp i tempererede og polare regioner i kystvande over hele kloden og vokser på klippebund i havdybder mellem 15 og 40 meter, hvor nogle arter vokser på større dybder. Kelpskove rummer en stor variation og høj diversitet af planter og dyr.

Marint habitat

Det specifikke miljø i havet, hvor marine organismer lever, trives og formerer sig.

Enkimbladede planter

En af de to hovedgrupper af angiospermer (enkimbladede og tokimbladede). Enkimbladede er blomsterplanter, hvis frø kun indeholder ét kimblad, eller kotyledon. Enkimbladede står i kontrast til tokimbladede, som har to kimblade.

Nettoproduktion

Mængden af den samlede produktion, der er tilbage efter tab fra respiration.

Næringsstofkredsløb

er naturlige processer, hvor essentielle elementer bevæger sig mellem de biotiske og abiotiske dele af et økosystem. Næringsstofkredsløb holder essentielle elementer tilgængelige for planter og andre organismer.

Havforsuring

er det igangværende fald i pH i Jordens oceaner, forårs-

saget af optagelse af overskydende kuldioxid fra atmosfæren. Denne proces har betydelige konsekvenser for marint liv, især organismer, der bygger skaller og skeletter af calciumcarbonat, såsom planktoniske organismer, koraller og skaldyr.

Plet

Lille område af noget.

Primærproduktion

Den energi, der opfanges af et økosystems producer.

Producent

Organisme, der producerer sin egen føde ved hjælp af energi og ikke-biologiske råmaterialer fra miljøet.

Protister

En mangfoldig gruppe af eukaryote organismer, dvs. deres celler indeholder en cellekerne og andre komplekse strukturer. De er ikke planter, dyr eller svampe og varierer meget i organisation; de fleste er encellede, men nogle er flercellede.

Saltholdighed

Den samlede mængde opløste salte i vand. Den gennemsnitlige saltholdighed i havvand er ca. 35, hvilket betyder, at der for hver liter havvand er cirka 35 gram opløste salte.

Sekundær produktivitet

er den hastighed, hvormed konsumenter omdanner den kemiske energi i deres føde til deres biomasse.

Skud

Blade plus rhizom, horisontalt eller vertikalt

Substrat

Det materiale, der danner havbunden. Substrat kan klassificeres som enten **hårdt substrat**, der består af klipper, rev og endda kunstige strukturer som kystmure, eller **blødt substrat**, som omfatter sedimenter som sand, silt og mudder.

Thallus

Hele kroppen af en flercellet, ikke-bevægelig organisme, hvor vævene ikke er organiseret i organer.

Opvelling

En proces, hvor strømme bringer dybt, koldt vand op til havets overflade. Opvelling skyldes vind og Jordens rotation. Vinde, der blæser hen over havoverfladen, skubber vand væk. Vand stiger derefter op nedefra for at erstatte det vand, der blev skubbet væk. Vand, der stiger op til overfladen på grund af opvelling, er typisk koldere og er rigt på næringsstoffer. Opvelling forekommer i det åbne hav og langs kyster.

Vandklarhed

er et mål for, hvor langt ned i en vandmasse lys kan trænge.

YDERLIGERE LÆSNING

A1

HAVBEVARELSE OG BÆREDYGTIG ANVENDELSE

Bassan, N., Flamand, A., Clausen, A., 2025. Developing the ambition for action in the Ocean Decade to 2030. *ICES Journal of Marine Science*, 82(1), fsae195. Cuyvers L, Berry W, Gjerde K, et al. 2018. Deep Sea-bed Mining, a Rising Environmental Challenge. IUCN; 2018.

Ercolano, G., De Cicco, P., Ianaro, A., 2019. New drugs from the sea: Pro-apoptotic activity of sponges and algae derived compounds. *Marine Drugs*, 17(1): 31.

Gómez, S., Garriga, A., Bosch, M. T., Bosch, M., Villasante, S., Salazar, J., 2025. Ocean literacy in managing marine protected areas: bridging natural and cultural heritage. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1540163.

Guan, S., Qu, F., Qiao, F., 2023. United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030): From innovation of ocean science to science-based ocean governance. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1091598.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2019. Special Report on the ocean and cryosphere in a changing climate. *Geneva, Switzerland: IPCC*. Available at: <https://www.ipcc.ch/srocc/>

Kelly, R., Francis, P., Shellock, R. J., Andrews, S., Arthur, B., Birkmanis, C. A. et al., 2025. Ocean Literacy for Ocean Sustainability: Reflections From Australia. *Ocean and Society*, 2.

Lakshmi, A., 2021. Coastal ecosystem services & human wellbeing. *Indian Journal of Medical Research*, 153(3), 382-387.

Landrigan, J., Stegeman, J. J., Fleming, L. E., Allemand, D., Anderson, D. M., Backer, L. C., et al. 2020. Human health and ocean pollution. *Annals of Global Health* 86, 1-64.

Lothian, S., Haas, B., 2024. The Outliers: Stories of Success in Implementing Sustainable Development Goal 14. *Ocean and Society*, 1.

Martínez M.L., Intralawan A, Vázquez G, Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., Landgrave, R., 2007. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics* 63(2-3): 254-272.

A1

HAVBEVARELSE OG BÆREDYGTIG ANVENDELSE

Shellock, R. J., Fullbrook, L., McKinley, E., Cvitanovic, C., Kelly, R., & Martin, V. (2024). The nature and use of Ocean Literacy in achieving sustainable ocean futures: A Systematic Map. *Ocean and Coastal Management*, 257, 107325.

UNESCO-IOC, 2021. The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030) Implementation plan – Summary. *Paris, UNESCO. (IOC Ocean Decade Series, 19)*. Available at: <https://www.oceandecade.org/decade-publications/>

United Nations, 2018. The Sustainable Development Goals. *Report 2018*.

Ward, D., Melbourne-Thomas, J., Pecl, G. T., Evans, K., Green, M., McCormack, P. C. et al., 2022. Safeguarding marine life: conservation of biodiversity and ecosystems. *Reviews in fish biology and fisheries*, 32(1), 65-100.

Wheeler, B., White, M.P., Fleming, L.E., Taylor, T., Harvey, A.J., Depledge, M.H., 2014. Influences of the oceans on human health and well-being. In: Bowen, R.E., Depledge, M.H., Carlane, C.P., Fleming, L.E., (Eds.) *Oceans and Human Health: Implications for Society and Well-Being*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd, 4-22, 304pp.

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., de Souza Dias, B. F., Ezech, A., Frumkin, H., Gong, P., Head, P., Horton, R., 2015. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: Report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The Lancet*, 386(10007), 1973–2028.

A2

HISTORIEN OM HAV LITERACY OG DENS PRINCIPPER

Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Principles and concepts about seagrasses: Towards a sustainable future for seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112936.

Brennan, C., Ashley, M., & Molloy, O., 2019. A system dynamics approach to increasing ocean literacy. *Frontiers in Marine Science*, 6, 360. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00360>

Cava, F., Schoedinger, S., Strang, C., Tuddenham, P., 2005. [Science content and standards for ocean literacy: A report on ocean literacy.](#)

Činčera, J., Johnson, B., 2015. Examining the relationship between environmental attitudes and behaviour in education programmes. *Sociální Studia*, 12(3), 97–111. <https://doi.org/10.5817/SOC2015-3-97>

McKinley, E., Burdon, D., Shellock, R. J., 2023. The evolution of ocean literacy: A new framework for the United Nations Ocean Decade and beyond. *Marine Pollution Bulletin*, 186, 114530. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114530>

Mokos, M., Cheimonopoulou, M.Th., Koulouri, P., Previa, M., Realdon, G., Santoro, F., Mogias, A., Boubonari, T., Gazo, M., Satta, A., Ioakeimidis, C., Tojeiro, A., Chicote, C.A., Papathanassiou, M., Kevrekidis, T., 2020. Mediterranean Sea Literacy: When Ocean Literacy becomes region-specific. *Mediterranean Marine Science* 21, 592–598. <http://dx.doi.org/10.12681/mms.23400>

Mokos, M., De-Bastos, E., Realdon, G., Wojcieszek, D., Papathanasiou, M., Tuddenham, P., 2022. Navigating ocean literacy in Europe: 10 years of history and future perspectives. *Mediterranean Marine Science*, 23(2), 277–288. <https://doi.org/10.12681/mms.26989>

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2019. Principles and concepts for estuaries 101. NOAA Office for Coastal Management. Available from: <https://coast.noaa.gov/data/estuaries/pdf/estuary-principles-and-concepts.pdf>

Ohio Sea Grant, 2013. Great Lakes Literacy: Principles and Fundamental Concepts for Great Lakes Learning Brochure. Available from: https://www.michiganseagrant.org/wp-content/uploads/2018/08/2013-GL-Lit-brochure WEB_1.pdf

A2

HISTORIEN OM HAV LITERACY OG DENS PRINCIPPER

Paço, A., Lavrador, T., 2017. Environmental knowledge and attitudes and behaviours towards energy consumption. *Journal of Environmental Management*, 197, 384–392. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.100>

Schoedinger, S., Cava, F., Strang, C., Tuddenham, P., 2005. [Ocean literacy through science standards](#). *Oceans*, 1(3), 736–740.

A3

HAVGRÆSBEVARELSE

Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F., 2014. Protecting the hand that feeds us: Seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Marine Pollution Bulletin* 83, 425–429.

Campagne, C.S., Salles J.-M., Boissery, P., Deter, J., 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine Pollution Bulletin* 97, 391–400.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253e260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, R., Kerry T., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152–158.

Deng, Y., Liu, S., Feng, J., Wu, Y., Mao, C., 2021. What drives putative bacterial pathogens removal within seagrass meadows? *Marine Pollution Bulletin* 166, 112229.

de Smit, J.C., Anton, A., Martin, C., Rossbach, S., Bouma, T.J., Duarte, C.M., 2021. Habitat-forming species trap microplastics into coastal sediment sinks. *Science of the Total Environment* 772, 145520.

Du, J., Hu, W., Nagelkerken, I., Sangsawang, L., Loh, K.H., Ooi, J.L.-S., Liao, J., Zheng, X., Qiu, S., Chen, B., 2020. Seagrass meadows provide multiple benefits to adjacent coral reefs through various microhabitat functions. *Ecosystem Health and Sustainability* 6, 1812433.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects. In: Polunin, N. (Ed.), *Aquatic Ecosystems*. Cambridge University Press, pp. 281–306.

Duarte, C.M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J.W., Beggins, J., Barrón, C., Apostolaki, E.T. 2010. Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles* 24, GB4032.

Dunic, J.C., Brown, C.J., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Côté I.M., 2021. Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Global Change Biology* 27, 4096–4109.

A3

HAVGRÆSBEVARELSE

Fortes, M.D., Ooi, J.L.S., Tan, Y.M., Prathep, A., Bujang, J.S., Yaakub, S.M., 2018. Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanica Marina* 61, 269–288.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holme, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J., Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Natural Geoscience* (online publication www.nature.com/naturegeoscience)

François, R., Thibaud, M., Marlee, D.T., Loïc N., M., L. Gilles, 2018. Seagrass organic matter transfer in *Posidonia oceanica* macrophytodebris accumulations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 212, 73–79.

Grech, A., Coles, R., Marsh, H., 2011. A broad-scale assessment of the risk to coastal seagrasses from cumulative threats. *Marine Policy* 35, 560–567.

Grech, A., Chartrand-Miller, K., Erftemeijer, P., Fonseca, M., 2012. A comparison of threats, vulnerabilities and management approaches in global seagrass bioregions. *Environmental Research Letters* 7, 024006.

Green, E.P., Short, F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. *University of California Press*, London, England, 298 p.

Green, A.E., Unsworth, R.K.F., Chadwick, M.A., Jones, P.J.S., 2021. Historical analysis exposes catastrophic seagrass loss for the United Kingdom. *Frontiers in Plant Science* 12, 629962.

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946.

Heck Jr., K.L., Carruthers, T.J.B., Duarte, C.M., R. Hughes, Kendrick, G., Orth, R.J., Williams, S.W., 2008. Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems* 11, 1198–1210.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, 298 p.

Koopmans, D., Holtappels, M., Chennu, A., Weber, M., de Beer, D., 2020. High Net primary production of Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows determined with aquatic eddy covariance. *Frontiers in Plant Science* 7, 118.

Lamb, J.B., van de Water, J.A.J.M., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y., Fiorenza, E.A., Abu, N., Jompa, J., Drew Harvell, C., 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science* 355, 731–733.

Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M., 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Springer, Dordrecht, *The Netherlands*, 691 p.

Larkum, A.W.D., Kendrick, G.A., P.J. Ralph, 2018. Seagrasses of Australia. Structure, Ecology and Conservation. Springer, Dordrecht, *The Netherlands*, 797 p.

Lefcheck, J.S., Wilcox, D.J., Murphy, R.R., Marion, S.R., Orth, R.J., 2017. Multiple stressors threaten the imperiled coastal foundation species eelgrass (*Zostera marina*) in Chesapeake Bay, USA. *Glob. Global Change Biology* 23, 3474–3483.

Lewis, M.A., Devereux, R., 2009. Non-nutrient anthropogenic chemicals in seagrass ecosystems: Fate and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28, 644–661.

Lopez y Royo, C., Casazza, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., 2010. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecological Indicators* 10, 380–389.

Malea, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Trace elements in the seagrass *Posidonia oceanica*: Compartmentation and relationships with seawater and sediment concentrations. *Science of the Total Environment* 686, 63–74.

Marbà, N., Dvaz-Almela, E., Duarte, C.M., 2014. Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation* 176, 183–190.

McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema, C., Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters* 15, 074041.

A3

HAVGRÆSBEVARELSE

Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., Creed, J.C., 2016. Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLOS ONE* 11(10), e0163091.

Orth, R.J., Lefcheck, J.S., McGlathery, K.S., Aoki, L., Luckenbach, M.W., Moore, K.A., Oreska, M.P.J., Snyder, R., Wilcox, D.J., Lusk, B., 2020. Restoration of seagrass habitat leads to rapid recovery of coastal ecosystem services. *Scientific Advances* 6, eabc6434

Reynolds, P.L., 2018. Seagrass and seagrass beds. Smithsonian NMNH. Available from: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/seagrass-and-seagrass-beds>

Ruiz-Frau, A., Gelcich, S., Hendriks, I.E., Duarte, C.M., Marba, N., 2017. Current state of seagrass ecosystem services: Research and policy integration. *Ocean and Coastal Management* 149, 107-115.

Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., Waycott, M., 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 3–20.

Short, F.T., C.A. Short, A. Novak. 2016. Seagrasses. In: Finlayson, C.M., Milton, G.R., Prentice R.C., Davidson, N.C. (Eds.), *The Wetland Book: II: Distribution, Description and Conservation*. Springer Science, pp. 1-18.

UNEP, United Nations Environment Programme, 2020. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*.

UNEP-WCMC, Short F.T., 2021. Global distribution of seagrasses (version 7.1). Seventh update to the data layer used in Green and Short (2003). Cambridge (UK): UN Environment Programme World Conservation Monitoring Centre Data <https://doi.org/10.34892/x6r3-d211>

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., 2014. Biodiversity, ecosystem services, and the conservation of seagrass meadows. In: Coastal Conservation. Maslo, B., Lockwood, J.L. (Eds). *Cambridge University Press*.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.

Valentine, J.F., Heck, K.L., 2021. Herbivory in seagrass meadows: An evolving paradigm. *Estuaries and Coasts* 44, 491–505.

Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck Jr., K.L., Hughes, A. R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *PNAS* 106, 12377-12381.

Whitfield, A.K., 2017. The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 27, 75-110.

York, P.H., Smith, T.M., Coles, R.G., McKenna, S.A., Connolly, R.M., Irving, A.D., Jackson, E.L., McMahon, K., Runcie, J.W., Sherman, C.D.H., Sullivan, B.K., Trevathan-Tackett, S.M., Brodersen, K.E., Carter, A.B., Ewers, C.J., Lavery, P.S., Roelfsema, C.M., Sinclair, E.A., Strydom, S., Tanner, J.E., van Dijk, K.-J., Warry, F.Y., Waycott, M., Whitehead, S., 2017. Identifying knowledge gaps in seagrass research and management: An Australian perspective. *Marine Environmental Research* 127, 163-172.

A4

HAVGRÆSLITERACY

Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Principles and Concepts about Seagrasses: Towards a sustainable future for seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 173, 112936.

Cullen-Unsworth, L.C. , Nordlund, L.M., Paddock, J., Baker, S., McKenzie, L.J., Unsworth, R.K.F., 2014. Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: Implications for human well-being. *Marine Pollution Bulletin* 83 (2): 387-397

Cullen-Unsworth, L.C., Unsworth, R., 2018. A call for seagrass protection. *Science* 361, 446-448. DOI: 10.1126/science.aat7318.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects. In: Polunin, N. (Ed.), *Aquatic Ecosystems*, Cambridge University Press, pp. 281-306. <https://www.researchgate.net/publication/281475786>

Duarte, C.M., Dennison, W.C., Orth, R.J.W., Carruthers, T.J.B., 2008. The charisma of coastal ecosystems: Addressing the imbalance. *Estuaries and Coasts*: J CERF 31, 233-238. DOI10.1007/s12237-008-9038-7

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104946>

Jefferson, R.L., Bailey, I., Laffoley, D. d'A., Richards, J.P., Attrill, M.J., 2014. Public perceptions of the UK marine environment. *Marine Policy*, 43: 327-337

Mokos, M., Cheimonopoulou, M.Th., Koulouri, P., Previa, M., Realdon, G., Santoro, F., Mogias, A., Boubonari, T., Gazo, M., Satta, A., Ioakeimidis, C., Tojeiro, A., Chicote, C.A., Papathanassiou, M., Kevrekidis, T., 2020. Mediterranean Sea Literacy: When Ocean Literacy becomes region-specific. *Mediterranean Marine Science* 21, 592-598. <http://dx.doi.org/10.12681/mms.23400>

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2013. Ocean literacy: The essential principles and fundamental concepts of Ocean Sciences for learners of all ages. Version 2. Available from: http://oceanliteracy.wp2.coexploration.org/?page_id=164

Santoro F., Selvaggia, S., Scowcroft, G., Fauville, G., Tuddenham, P., 2017. Ocean Literacy for All- A toolkit. *IOC/ UNESCO & UNESCO Venice Office, Paris (IOC Manuals and Guides, revised in 2018)*.

UNEP, United Nations Environment Programme, 2020. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*.

UNESCO-IOC, 2021. The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030). Implementation plan – Summary. *UNESCO, Paris, IOC Ocean Decade Series*, 19.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.
<https://doi.org/10.1007/s13280-018-1115-y>

B

HAVGRÆS CURRICULUM

Etherington, M. B. (2011). Investigative primary science: A problem-based learning approach. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 36(9), 53-74.

Hartmeyer, R., Stevenson, M. P., & Bentsen, P. (2018). A systematic review of concept mapping-based formative assessment processes in primary and secondary science education. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 598-619.

Shepardson, D. P., & Britsch, S. J. (2001). Tools for assessing and teaching science in elementary and middle school. In *Assessment in science: A guide to professional development and classroom practice* (pp. 119-147). Dordrecht: Springer Netherlands.

Suastra, I. W., Suarni, N. K., & Dharma, K. S. (2019, October). The effect of Problem Based Learning (PBL) model on elementary school students' science higher order thinking skill and learning autonomy. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1318, No. 1, p. 012084). IOP Publishing.

Suduc, A. M., Bizoi, M., & Gorghiu, G. (2015). Inquiry based science learning in primary education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 205, 474-479.

Susiloningsih, E., Sumantri, M. S., & Marini, A. (2023). Experiential learning model in science learning: systematic literature review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 550-557.

Tay, L. Y., Melwani, M., Ong, J. L., & Ng, K. R. (2017). A case study of designing technology-enhanced learning in an elementary school in Singapore. *Learning: Research and Practice*, 3(2), 98-113.

Thurston, A., Topping, K. J., Tolmie, A., Christie, D., Karagiannidou, E., & Murray, P. (2010). Cooperative Learning in Science: Follow-up from primary to high school. *International Journal of Science Education*, 32(4), 501-522.

Vesterinen, M., & Ratinen, I. (2024). Sustainability competences in primary school education—a systematic literature review. *Environmental Education Research*, 30(1), 56-67.

Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of Science and Mathematics education*, 14(4), 659-680.

B5.1

HAVET UNDERSTØTTER EN STOR DIVERSITET AF LIV OG ØKOSYSTEMER

Barnes, R.S.K. and Hughes, R.M., 1999. An introduction to marine ecology, 3rd edition, *Blackwell Science*.

Brazelton, W (2017). Hydrothermal vents. *Current Biology* 27, 11.

Caine, A. (2017). Marine Biology for the non-biologist. *Independently Published*, 154 p.

Castro, P. and Huber, M. (2018). Marine Biology. 11th Edition, *McGraw-Hill Education*, 496 p. Greek Edition: E. Voultsiadou (Ed.), *Utopia publishing*.

Dipper, F. (2021) The Marine World: A Natural History of Ocean Life. *Wild Nature Press*.

Dormann, C. F., and Arne Schröder, A. (eds.) (2021) Marine Ecology Notes.

Garrison, T.S. and Ellis, R. (2016). Essentials of Oceanography. 8th Edition, *Cengage Learning*, 325 p.

Higgins, R.P. and Thiel, H., 1988. Introduction to the study of meiofauna. *Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.*

Kevrekidis, T., Boubonari, T., Malea, P., Mogias, A., Apostoloumi, C., Kevrekidou, A. (2024). Exploring the coastal lagoons. *Hellenic Foundation for Research and Innovation (HFRI)*, 75 p. (in greek). <https://bluenodes.eled.duth.gr/>

Levinton, J. S. (2022). Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology. 6th Edition, Oxford University Press, 608 p. Greek Edition: D. I. Koutsoumpas (Ed.), *Broken Hill Publishers Ltd*.

McCrae, J. and L. Osis, L. Plants and animals of Oregon's rocky intertidal habitat, *Oregon Department of Fish and Wildlife*.

McLusky, D. S., & Elliott, M. (2004). The estuarine ecosystem: ecology, threats and management. *OUP Oxford*, 214 p.

Nybakken, J.W. (2001). Marine Biology: An Ecological approach. 5th Edition, *Benjamin Cummings, San Francisco*, 516 p. Greek Edition: M. Apostolopoulou, G. Verroiopoulos, M. Thessalou-Legaki, A. Nicolaidou (Eds.), *ION Publishing Group*.

B5.1

HAVET UNDERSTØTTER EN STOR DIVERSITET AF LIV OG ØKOSYSTEMER

Pérez-Ruzafa, A., Pérez-Ruzafa, I. M., Newton, A., & Marcos, C. (2019). Coastal lagoons: environmental variability, ecosystem complexity, and goods and services uniformity. In: *Coasts and Estuaries*, pp. 253-276. *Elsevier*.

Pinet, P.R. (2016). Invitation to Oceanography. 7th Edition, *Jones and Bartlett Learning, LLC*, 662 p. Greek Edition: M. Karydis (Ed.), *Parisianou publications*.

Poulos, S.E. (2021). Introduction to Oceanography or Oceanology. A reference to the Mediterranean and the Greek seas. *Disigma publications*, 644 p. (in greek).

Townsend, D.W. (2012). Oceanography and Marine Biology: An Introduction to Marine Science. *Sinauer*, 512 p.

B5.2

HAVGRÆSSER ER UNIKKE PLANTER

Ackerman, J.D., 2006. Sexual reproduction of seagrasses: Pollination in the marine context. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 89-109.

Borum, J. and Greve, T.M., 2004. The four European seagrass species. In: *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen and TM Grev (Eds.). *The M&MS project*, pp.1-7.

den Hartog, C., Kuo, J., 2006, Taxonomy and biogeography of seagrasses. In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-23.

Gerakaris, V., Lardi, P.-L., Issaris, Y., 2020. First record of the tropical seagrass species *Halophila decipiens* Ostenfeld in the Mediterranean Sea. *Aquatic Botany*, 160, 103151.

Green, E.P., Short, F.T., 2003. *World Atlas of Seagrasses*. University of California press, London, England, pp. 298.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, pp. 298.

Kuo, J. and den Hartog, C., 2001. Seagrass taxonomy and identification key. In: *Global seagrass research methods*, F.T. Short and R.G. Cole (Eds.). Elsevier Science B.V.

Lansdown, R.V. 2011. *Ruppia maritima* (Europe assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2011: e.T164508A5896806.

Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M., 2006. *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 691.

Les, D.H., Waycott, M., 1997. Phylogenetic Studies in Alismatidae, II: Evolution of Marine Angiosperms (Seagrasses) and Hydrophily. *Systematic Botany* 22, 443-463.

Mannino, A.M., Menendez, M., Obrador, B., Sfriso, A., Triest, L., 2015. The genus *Ruppia* L. (Ruppiales) in the Mediterranean region: An overview. *Aquatic Botany* 124, 1-9.

B5.2

HAVGRÆSSER ER UNIKKE PLANTER

McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema, C., Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters* 15, 074041.

Pergent, G., Gerakaris, V., Sghaier, Y.R., Zakhama-Sraier, R., Fernández Torquemada, Y. & Pergent-Martini, C. 2016. *Posidonia oceanica* (errata version published in 2018). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T153534A135156882.

Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., Waycott, M., 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 3 - 20.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Cymodocea nodosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153535A4516419.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Halophila stipulacea*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T173319A6989685.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Zostera marina*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153538A4516675.

Short, F.T., Carruthers, T.J.R., Waycott, M., Kendrick, G.A., Fourqurean, J.W., Callabine, A., Kenworthy, W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Zostera noltei*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T173361A6999224.

Short, F.T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K.E., Bandeira, S., Bujang, J.S., Calumpong, H.P., Carruthers, T.J.B., Coles, R.G., Dennison, W.C., Erftemeijer, P.L.A., Fortes, M.D., Freeman, A.S., Jagtap, T.G., Kamal, A.H.M., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., La Nafie, Y.A., Nasution, I.M., Orth, R.J., Prathep, A., Sanciangco, J.C., van Tussenbroek, B.S.G., Vergara, Waycott, M., Zieman, J.C., 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation* 144, 1961–1971.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*, *University California Press*, pp. 5-26.

B5.2

HAVGRÆSSER ER UNIKKE PLANTER

UNEP-WCMC, Short F.T., 2021. Global distribution of seagrasses (version 7.1). Seventh update to the data layer used in Green and Short (2003). *Cambridge (UK): UN Environment Programme World Conservation Monitoring Centre Data.*

Waycott, M., Procaccini, G., Les, D.H., Reusch, T.B.H., 2006. Seagrass evolution, Ecology and conservation: A genetic perspective, In: Larkum, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation, Springer, Dordrecht, The Netherlands*, pp. 1-23.

Waycott, M., Biffin, E., Les, D.H., 2018. Systematics and Evolution of Australian Seagrasses in a Global Context, In: Larkum, A.W.D., Kendrick, G.A., Ralph, P.J. (Eds.), *Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation, Part III Molecular and Taxonomic Studies, Springer Cham, Switzerland*, pp.129-155.

<https://www.seagrasswatch.org/idseagrass/>

www.SeagrassNet.org.

B5.3

HAVGRÆSSER DANNER OMFATTENDE UNDERVANDSENGE

de Boer, W.F., 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. *Hydrobiologia* 591, 5–24.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects, In: Polunin, N. (Eds.), *Aquatic Ecosystems*, Cambridge University Press., pp. 281-306.

Githaiga, M.N., Gilpin, L., Kairo, J.G., Huxham, M., 2016. Biomass and productivity of seagrasses in Africa. *Botanica Marina* 59, 173–186.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, pp. 298.

Lee, C.-L., Wen, C.K.C., Huang, Y.-H., Chung, C.-Y., Lin, H.-J., 2019. Ontogenetic habitat usage of juvenile carnivorous fish among seagrass-coral mosaic habitats. *Diversity* 11, 25.

Lee, K.-S., Park, S.R., Kim, Y.K., 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 350, 144–175.

Malea, P., Zikidou, C., 2011. Temporal variation in biomass partitioning of the seagrass *Cymodocea nodosa* at the Gulf of Thessaloniki, Greece. *Journal of Biological Research - Thessaloniki* 15, 75 - 90.

McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema, C., Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters* 15, 074041.

Short, F.T., Coles, R.G., Pergent-Martini, C., 2003. Global seagrass Distribution. In: *Global seagrass Research Methods*, Short, F.T., Coles, R.G. (Eds.), Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 473.

Short, F.T., C.A. Short, A. Novak. 2016. Seagrasses, In: Finlayson, C.M., Milton, G.R., Prentice R.C., Davidson, N.C. (Eds.), *The Wetland Book: II: Distribution, Description and Conservation*. Springer Science, pp. 1-18.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*. University California Press, pp. 5-26.

B5.4

HAVGRÆSSER UNDERSTØTTER EN STOR MANGFOLDIGHED AF LIV

Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F., 2014. Protecting the hand that feeds us: Seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Marine Pollution Bulletin* 83, 425–429.

Du, J., Hu, W., Nagelkerken, I., Sangsawang, L., Loh, K.H., Ooi, J.L.-S., Liao, J., Zheng, X., Qiu, S., Chen, B., 2020. Seagrass meadows provide multiple benefits to adjacent coral reefs through various microhabitat functions. *Ecosystem Health and Sustainability* 6, 1812433.

Duarte, C.M., 2017. Reviews and syntheses: Hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget. *Biogeosciences* 14, 301–310.

Fortes, M.D. 1989. Seagrasses: a resource unknown in the ASEAN region. *ICLARM Education Series* 5, 46p. *International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.*

François, R., Thibaud, M., Marlee, D.T., Loïc N., M., L. Gilles, 2018. Seagrass organic matter transfer in *Posidonia oceanica* macrophytodebris accumulations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 212, 73–79.

Heck Jr., K.L., Carruthers, T.J.B., Duarte, C.M., R. Hughes, Kendrick, G., Orth, R.J., Williams, S.W., 2008. Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems* 11, 1198–1210.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, pp. 298.

Koopmans, D., Holtappels, M., Chennu, A., Weber, M., de Beer, D., 2020. High Net primary production of Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows determined with aquatic eddy covariance. *Frontiers in Plant Science* 7, 118.

Murphy, G.E.P., Dunic, J.C., Adamczyk, E.M., Bittick, S.J., Côté, I.M., Cristiani, J., Geissinger, E.A., Gregory, R.S., Lotze, H.K., O'Connor, M.I., Araújo, C.A.S., Rubidge, E.M., Templeman, N.D., Wong M.C., 2021. From coast to coast: ecology and management of seagrass ecosystems across Canada. *FACETS* 6: 139–179.

Reynolds, P.L., 2018. Seagrass and seagrass beds. *Smithsonian NMNH*
(online, available from: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/seagrass-and-seagrass-beds>).

B5.4

HAVGRÆSSER UNDERSTØTTER EN STOR MANGFOLDIGHED AF LIV

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*, *University California Press*, pp. 5-26.

Valentine, J.F., Heck, K.L., 2021. Herbivory in seagrass meadows: An evolving paradigm. *Estuaries and Coasts* 44, 491-505.

Whitfield, A.K., 2017. The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 27,75-110.

York, P.H., Hyndes, G.A., Bishop, M.J., Barnes, R.S.K., 2018. Faunal Assemblages of Seagrass Ecosystems, Chapter 17, Part VI. Fauna. In: Larkum, A.W.D., Kendrick, G.A., Ralph, P.J. (Eds.), *Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation, Part III Molecular and Taxonomic Studies*. *Springer Cham, Switzerland*, pp.541-589.

B5.5

HAVGRÆSSER STABILISERER HAVBUNDEN, FORBEDRER VANDKVALITETEN OG LAGRER KULSTOF

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253e260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, R., Kerry T., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158.

de Boer, W.F., 2007. Seagrass-sediment interactions, positive feedbacks and critical thresholds for occurrence: a review. *Hydrobiologia* 591, 5-24.

Delgard, M. L., Deflandre, B., Kochoni, E., Avaro, J., Cesbron, F., Bichon, S., Poirier, D., Anschutz, P., 2016. Biogeochemistry of dissolved inorganic carbon and nutrients in seagrass (*Zostera noltei*) sediments at high and low biomass. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 179, 12e22

de los Santos, C.B., Olivea, I., Moreira, M., Silva, A., Freitas, C., Luna, R.A., Quental-Ferreira, H., Martins, M., Costa, M.M., Silva, J., Cunha, M.E., Soares, F., Pousao-Ferreira, P., Santos, R., 2020. Seagrass meadows improve inflowing water quality in aquaculture ponds. *Aquaculture* 528, 735502.

de los Santos, C.B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., Jones, B., Kennedy, H., Mazarrasa, I., McKenzie, L., Nordlund, L.M., de la Torre-Castro, M., Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., 2020. Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 48-55.

Deng, Y., Liu, S., Feng, J., Wu, Y., Mao, C., 2021. What drives putative bacterial pathogens removal within seagrass meadows? *Marine Pollution Bulletin* 166, 112229.

de Smit, J.C., Anton, A., Martin, C., Rossbach, S., Bouma, T.J., Duarte, C.M., 2021. Habitat-forming species trap microplastics into coastal sediment sinks. *Science of the Total Environment* 772, 145520.

Duarte, C.M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J.W., Beggins, J., Barrón, C., Apostolaki, E.T. 2010. Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles* 24, GB4032

B5.5

HAVGRÆSSER STABILISERER HAVBUNDEN, FORBEDRER VANDKVALITETEN OG LAGRER KULSTOF

Ferguson, A.J.P., Gruber, R., Potts, J., Wright, A., Welsh, D.T., Scanes, P., 2017. Oxygen and carbon metabolism of *Zostera muelleri* across a depth gradient e Implications for resilience and blue carbon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 187, 216e230.

Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holme, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J., Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience* (online publication).

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, pp. 298.

Lamb, J.B., van de Water, J.A.J.M., Bourne, D.G., Altier, C., Hein, M.Y., Fiorenza, E.A., Abu, N., Jompa, J., Drew Harvell, C., 2017. Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science* 355, 731-733.

Lewis, M.A., Devereux, R., 2009. Non-nutrient anthropogenic chemicals in seagrass ecosystems: Fate and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28, 644-661.

Malea, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Trace elements in the seagrass *Posidonia oceanica*: Compartmentation and relationships with seawater and sediment concentrations. *Science of the Total Environment* 686, 63-74.

Röhr, M. E., Holmer, M., Baum, J. K., Björk, M., Boyer, K., Chin, D., L. Chalifour, Cimon, S., Cusson, M., Dahl, M., Deyanova, D., Duffy, J.E., Eklöf, J.S., Geyer, J.K., Griffin, J.N., Gullström, M., Hereu, C.M., Hori, M., Hovel, K.A., Hughes, A.R., Jorgensen, P., Kiriakopolos, S., Moksnes, P.-O., Nakaoka, M., O'Connor, M.I., Peterson, B., Reiss, K., Reynolds, P.L., Rossi, F., Ruesink, J., Santos, R., Stachowicz, J.J., Tomas, F., Lee, K.-S., Unsworth, R.K.F., Boström, C., 2018. Blue carbon storage capacity of temperate eelgrass (*Zostera marina*) meadows. *Global Biogeochemical Cycles* 32, 1457-1475.

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), World atlas of seagrasses, *University California Press*, pp. 5-26.

B5.5

HAVGRÆSSER STABILISERER HAVBUNDEN, FORBEDRER VANDKVALITETEN OG LAGRER KULSTOF

Stankovic, M., Ambo-Rappe, R., Carly, F., Dangan-Galon, F., Fortes, M.D., Hossain, M.S., Kiswara, W., Van Luong, C., Minh-Thu, P., Mishra, A.K., Noiraksar, T., Nurdin, N., Panyawai, J., Rattanachot, E., Rozaimi, M., Soe Htun, U., Prathep, A., 2021. Quantification of blue carbon in seagrass ecosystems of Southeast Asia and their potential for climate change mitigation. *Science of the Total Environment* 783,146858.

Tasdemir, D., Scarpato, S., Utermann-Thüsing, C., Jensen, T., Blümel, M., et al., 2024. Epiphytic and endophytic microbiome of the seagrass *Zostera marina*: do they contribute to pathogen reduction in seawater? *Science of the Total Environment* 908, 168422.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.

Walter, R.K., O'Leary, J.K., Vitousek, S., Taherkhani, M., Geraghty, C., Kitajima A., 2020. Large-scale erosion driven by intertidal eelgrass loss in an estuarine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 243, 106910.

B5.6

HAVGRÆSSER OG MENNESKER ER ULØSELIGT FORBUNDET

Apostoloumi, C., Malea, P., Kevrekidis, T., 2021. Principles and Concepts about Seagrasses: Towards a sustainable future for seagrass ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 173, 112936.

Balata, G., Tola, A., 2018. Cost-opportunity analysis of the use of *Posidonia oceanica* as a source of bio-energy in tourism-oriented territories. The case of Alghero. *Journal of Cleaner Production* 172, 4085e4098.

Bertelli, C.M., Unsworth, R.K.F., 2014. Protecting the hand that feeds us: Seagrass (*Zostera marina*) serves as commercial juvenile fish habitat. *Marine Pollution Bulletin* 83, 425–429.

Brodie, G. and N'Yeurt, D.R.A., 2018. Impacts of climate change on seagrasses and seagrass habitats relevant to the Pacific Islands. *Pacific 126, Marine Climate Change Report Card: Science Review*, pp 112-131

Brodie, G., Holland, E., De Ramon N'Yeurt, A., Soapi, K., Hills, J., 2020. In: Seagrasses and seagrass habitats in Pacific small island developing states: Potential loss of benefits via human disturbance and climate change, 160, 111573.

Campagne, C.S., Salles J.-M., Boissery, P., Deter, J., 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine Pollution Bulletin* 97: 391–400.

Connolly, R., Collier, C., O'Leary, J., McKenzie, L., Ambo-Rappe, R., Bandeira, S., Kiswara, W., 2020. Threats to seagrasses and ecosystem resilience, In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 36-47.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253e260.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, R., Kerry T., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152–158.

Cullen-Unsworth, L.C., Unsworth, R., 2018. A call for seagrass protection. *Science* 361, 446–448.

B5.6

HAVGRÆSSER OG MENNESKER ER ULØSELIGT FORBUNDET

de los Santos, C.B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C.M., van Katwijk, M.M., Pérez, M., Romero, J., Sánchez-Lizaso, J.L., Roca, G., Jankowska, E., Pérez-Lloréns, J.L., Fournier, J., Montefalcone, M., Pergent, G., Ruiz, J.M., Cabaço, S., Cook, K., Wilkes, R.J., Moy, F.E. Muñoz-Ramos Trayter, G., Seglar Arañó, X., de Jong, D.J., Fernández-Torquemada, Y., Auby, I., Vergara, J.J., Santos, R. 2019. Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications* 10, 3356.

de los Santos, C.B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., Jones, B., Kennedy, H., Mazarrasa, I., McKenzie, L., Nordlund, L.M., de la Torre-Castro, M., Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., 2020. Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 48-55.

Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T., Walker, D.I., 2008a. Seagrass ecosystems: Their global status and prospects, In: Polunin, N. (Eds.), *Aquatic Ecosystems, Cambridge University Press*, pp. 281-306.

Duarte, C.M., 2017. Reviews and syntheses: Hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget. *Biogeosciences* 14, 301-310.

Dunic, J.C., Brown, C.J., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., Côté I.M., 2021. Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Global Change Biology* 27, 4096-4109.

Fortes, M.D., Ooi, J.L.S., Tan, Y.M., Prathep, A., Bujang, J.S., Yaakub, S.M., 2018. Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanica Marina* 61, 269-288.

Fortes, M., Griffiths, L., Collier, C., Nordlund, L.M., de la Torre-Castro, M., Vanderklift, M., Ambo-Rappe, R., Grimsditch, G., Weatherdon, L., Lutz, S., Potouroglou, M., 2020. Policy and management options, In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 63-69.

Grech, A., Coles, R., Marsh, H., 2011. A broad-scale assessment of the risk to coastal seagrasses from cumulative threats. *Marine Policy* 35, 560-567.

Grech, A., Chartrand-Miller, K., Erftemeijer, P., Fonseca, M., 2012. A comparison of threats, vulnerabilities and management approaches in global seagrass bioregions. *Environmental Research Letters* 7, 024006.

B5.6

HAVGRÆSSER OG MENNESKER ER ULØSELIGT FORBUNDET

Green, A.E., Unsworth, R.K.F., Chadwick, M.A., Jones, P.J.S., 2021. Historical Analysis Exposes Catastrophic Seagrass Loss for the United Kingdom. *Frontiers in Plant Science* 12, 629962.

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946.

Heckwolf, M.J., Peterson, A., Jänes, H., Horne, P., Künne, J., Liversage, K., Sajeva, M., Reusch, T.B.H., Kotta, J., 2021. From ecosystems to socio-economic benefits: A systematic review of coastal ecosystem services in the Baltic Sea. *Science of the Total Environment* 755, 142565.

Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000. Seagrass Ecology. *Cambridge University Press*, pp. 298.

IUCN Red List of Threatened Species (online, available from <https://www.iucnredlist.org/>).

Kim, D.H., Mahomoodally, M.F., Sadeer, N.B., Seok, P.G., Zengin, G., Palaniveloo, K., AKhalil, A.A., Rauf, Rengasamy, K.R.R., 2021. Nutritional and bioactive potential of seagrasses: A review. *South African Journal of Botany* 137, 216-227.

Lefcheck, J.S., Wilcox, D.J., Murphy, R.R., Marion, S.R., Orth, R.J., 2017. Multiple stressors threaten the imperiled coastal foundation species eelgrass (*Zostera marina*) in Chesapeake Bay, USA. *Global Change Biology* 23, 3474–3483.

Lopez y Royo, C., Casazza, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., 2010. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecological Indicators* 10, 380–389.

Malea, P., Mylona, Z., Kevrekidis, T., 2019. Trace elements in the seagrass *Posidonia oceanica*: Compartmentation and relationships with seawater and sediment concentrations. *Science of the Total Environment* 686, 63–74.

Malea, P., Mylona, Z., Panteris, E., Kevrekidis, D.P., Kevrekidis T., 2021. Nickel uptake kinetics and its structural and physiological impacts in the seagrass *Halophila stipulacea*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 208, 111386.

Marbà, N., Dvaz-Almela, E., Duarte, C.M., 2014. Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation* 176, 183–190.

B5.6

HAVGRÆSSER OG MENNESKER ER ULØSELIGT FORBUNDET

Marco-Méndez et al., 2024. Evaluating the extent and impact of the extreme Storm Gloria on *Posidonia oceanica* seagrass meadows. *Science of the Total Environment* 908, 16840.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press, Washington, DC*.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2013. Ocean literacy: The essential principles and fundamental concepts of Ocean Sciences for learners of all ages. Version 2. (Online) Available from: http://oceanliteracy.wp2.coexploration.org/?page_id=164

Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., Creed, J.C., 2016. Seagrass Ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLOS ONE* 11(10), e0163091.

Nordlund, L.M., Jackson, E.L., Nakaoka, M., Samper-Villarreal, J., Beca-Carretero, P., Creed, J.C., 2018. Seagrass ecosystem services – What's next? *Marine Pollution Bulletin* 134, 145–151.

Orfanidis, S., Papathanasiou, V., Mittas, N., Theodosiou, T., Ramfos, A., Tsioli, S., 2020. Further improvement, validation, and application of CymoSkew biotic index for the ecological status assessment of the Greek coastal and transitional waters. *Ecological Indicators* 118, 106727.

Orth, R.J., Lefcheck, J.S., McGlathery, K.S., Aoki, L., Luckenbach, M.W., Moore, K.A., Oreska, M.P.J., Snyder, R., Wilcox, D.J., Lusk, B., 2020. Restoration of seagrass habitat leads to rapid recovery of coastal ecosystem services. *Science Advances* 6, eabc6434

Ravaglioli et al., 2024. Ocean acidification impairs seagrass performance under thermal stress in shallow and deep water. *Environmental Research* 241, 11762.

Reynolds, P.L., 2018. Seagrass and seagrass beds. Smithsonian NMNH (online, available from: <https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/seagrass-and-seagrass-beds>).

Ruiz-Frau, A., Gelcich, S., Hendriks, I.E., Duarte, C.M., Marba, N., 2017. Current state of seagrass ecosystem services: Research and policy integration. *Ocean Coastal Management* 149, 107-115.

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

B5.6

HAVGRÆSSER OG MENNESKER ER ULØSELIGT FORBUNDET

Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses, In: Green, E.P., Short, F. (Eds.), *World atlas of seagrasses*. *University California Press*, pp. 5-26.

Tan, Y.M., Dalby, O., Kendrick, G.A., Statton, J., Sinclair, E.A., Fraser, M.W., Macreadie, P.I., Gillies, C.L., Coleman, R.A., Waycott, M., van Dijk, K.-jent, Vergés, A., Ross, J.D., Campbell, M.L., Matheson, F.E., Jackson, E.L., Irving, A.D., Govers, L.L., Connolly, R.M., McLeod, I.M., Rasheed, M.A., Kirkman, H., Flindt, M.R., Lange, T., Miller, A.D., Sherman, C.D.H., 2020. Seagrass Restoration is possible: Insights and lessons from Australia and New Zealand. *Frontiers in Marine Science* 7, 617.

Tomasko, D., Alderson, M., Burnes, R., Hecker, J., Leverone, J., Raulerson, G., Sherwood, E., 2018. Widespread recovery of seagrass coverage in Southwest Florida (USA): Temporal and spatial trends and management actions responsible for success. *Marine Pollution Bulletin* 135,1128–1137.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2020. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*.

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., 2014. Biodiversity, ecosystem services, and the conservation of seagrass meadows. Coastal Conservation. In: Maslo, B., Lockwood, J.L. (Eds). *Cambridge University Press*.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., Jones, B.L.H., Lilley, R.J., 2022. The planetary role of seagrass conservation. *Science*, 6606 pp. 609–613.

Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck Jr., K.L., Hughes, A. R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *PNAS* 106, 12377–12381.

B5.7

HAVGRÆSSER ER I HØJ GRAD UUDFORSK-EDE

Brodie, G., Holland, E., De Ramon N'Yeurt, A., Soapi, K., Hills, J., 2020. In: Seagrasses and seagrass habitats in Pacific small island developing states: Potential loss of benefits via human disturbance and climate change, 160, 111573.

Fortes, M.D., Ooi, J.L.S., Tan, Y.M., Prathep, A., Bujang, J.S., Yaakub, S.M., 2018. Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a road map for conservation. *Botanica Marina* 61, 269–288.

Griffiths, L.L., Connolly, R.M., Brown, C.J., 2020. Critical gaps in seagrass protection reveal the need to address multiple pressures and cumulative impacts. *Ocean and Coastal Management* 183, 104946.

Hossain, M.S., Mazlan Hashim, M., 2019. Potential of Earth Observation (EO) technologies for seagrass ecosystem service assessments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 77, 15–29.

Nordlund, L.M., Jackson, E.L., Nakaoka, M., Samper-Villarreal, J., Beca-Carretero, P., Creed, J.C., 2018. Seagrass ecosystem services – What's next? *Marine Pollution Bulletin* 134, 145–151.

Tragano, D., Terauchi, G., Glavan, J., Panyawai, J., Creed, J., Weatherdon, L., McKenzie, L., Stankovic, M., Sagawa, T., Komatsu, T., Poursanidis, D., 2020. Seagrass mapping and monitoring, In: UNEP. Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. *UNEP, Nairobi*, pp. 48–55.

Unsworth, R.K.F., Cullen-Unsworth, L.C., 2014. Biodiversity, ecosystem services, and the conservation of seagrass meadows. Coastal Conservation, Maslo, B., Lockwood, J.L. (Eds). *Cambridge University Press*.

Unsworth, R.K.F., McKenzie, L.J., Collier, C.J., Cullen-Unsworth, L.C., Duarte, C.M., Eklof, J.S., Jarvis, J.C., Jones, B.L., Nordlund, L.M., 2019. Global challenges for seagrass conservation. *Ambio* 48, 801–815.

Veettil, B.K., Ward, R.D., Lima, M.D.A.C., Stankovic, M., Ngoc Hoai, P., Quang, N.X., 2020. Opportunities for seagrass research derived from remote sensing: A review of current methods. *Ecological Indicators* 117, 106560.

B5.7

HAVGRÆSSER ER I HØJ GRAD UUDFORSK- EDE

York, P.H., Smith, T.M., Coles, R.G., McKenna, S.A., Connolly, R.M., Irving, A.D., Jackson, E.L., McMahon, K., Runcie, J.W., Sherman, C.D.H., Sullivan, B.K., Trevathan-Tackett, S.M., Brodersen, K.E., Carter, A.B., Ewers, C.J., Lavery, P.S., Roelfsema, C.M., Sinclair, E.A., Strydom, S., Tanner, J.E., van Dijk, K.-J., Warry, F.Y., Waycott, M., Whitehead, S., 2017. Identifying knowledge gaps in seagrass research and management: An Australian perspective. *Marine Environmental Research* 127, 163e172.



UDVIKLING AF HAVGRAES LITERACY



seaquestproject.eu



Co-funded by
the European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the National Agency of the Erasmus+ Program and the European Solidarity Corps. Neither the European Union nor the entity providing the grant can be held responsible for them.