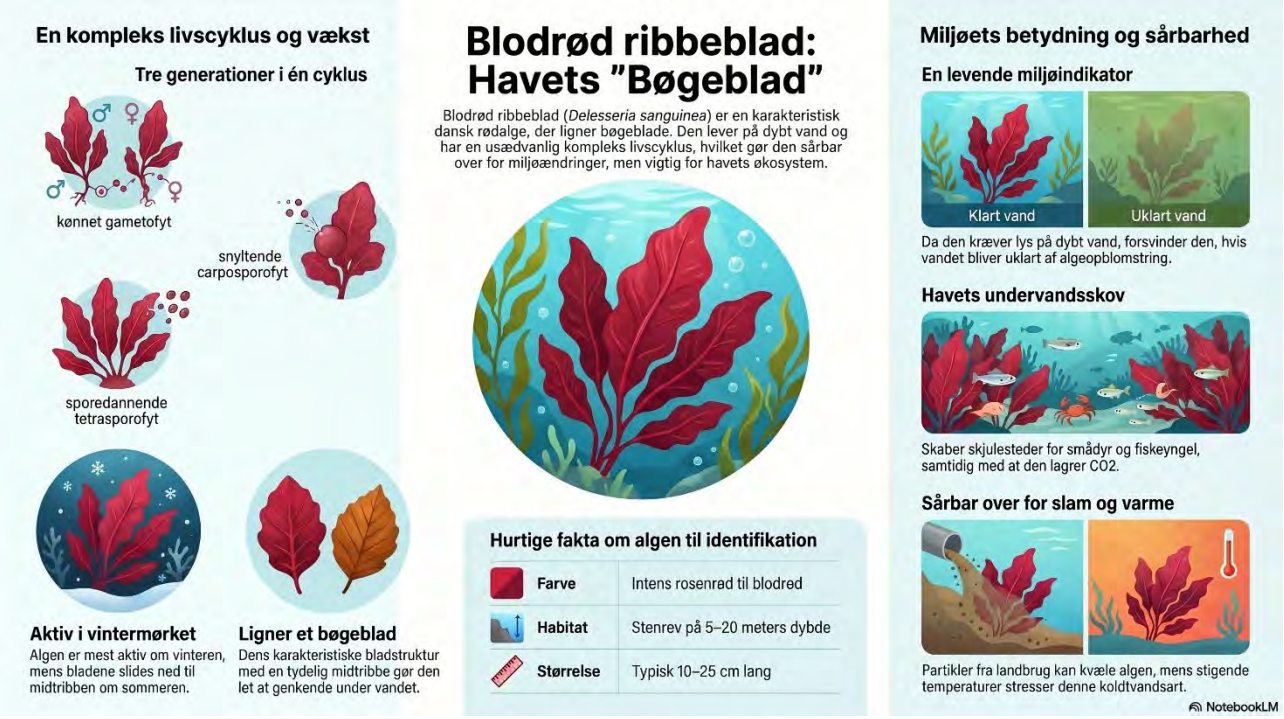
Blodrød ribbeblad

AI Gemini redigeret af Carl Vedel Lauridsen



Indhold

Kort oversigt 3

1. Livscyklus: En tre-delt proces 3

Vækstfaser: 3

2. Miljøpåvirkning og sårbarhed 3

Positive roller i økosystemet 4

Hurtige Fakta 4

Blodrød Ribbeblad: En dybdegående analyse af livscyklus, fysiologisk adaption og antropogen miljøpåvirkning i de danske farvande 5

Taksonomisk placering og morfologisk organisation 5

Den triphasiske livscyklus: En fysiologisk og temporal analyse 6

Gametofyt-generationen og gametogenese 6

Carposporofyt-generationen og cystokarp-dannelse 7

Tetrasporofyt-generationen og meiose 7

Sæsonmæssig dynamik og overvintringsstrategier 7
Fysiologisk adaption til lysforhold og mørkeoverlevelse 8
Fotosyntetisk effektivitet og pigmentering 9
Den "Etiolerede" vækst og mørke-adaption 9
Fotoperiodisme og miljømæssig styring 9
Økologisk betydning og habitatkrav i danske farvande 9
Stenrev som biodiversitets-hotspots 9
Hydrografiske gradienter og salinitetstolerance 10
Antropogene miljøpåvirkninger og trusler 10
Eutrofiering og turbiditet 10
Fysiske forstyrrelser og stenfiskeri 11
Iltsvind 11
Klimaforandringer: Termisk stress og fænologiske forskydninger 12
Temperaturstigninger og termiske grænser 12
SSP-Scenarier og fremtidens farvande 12
Forvaltning, lovgivning og nationalt ansvar 12
Definition og kriterier for ansvarsarter 12
Beskyttelsesmekanismer og Natura 2000 13
Overvågning (NOVANA) 13
Case-studie: Økosystem-kollaps og genopretning i Vejle Fjord 13
Den trofiske kaskade 13
Projekt "Sund Vejle Fjord" som Genopretningsmodel 14
Bioteknologisk og Farmakologisk Potentiale 14
Sulfaterede Polysaccharider og Heparin-analoger 14
Gastronomi og Kommerciel Høst 14
Konklusion og Fremtidsperspektiver 15
Citerede værker 17

Kort oversigt

Blodrød ribbeblad (*Delesseria sanguinea*) er en af de smukkeste og mest karakteristiske rødalger i de danske farvande. Dens bladagtige struktur minder utroligt meget om blade fra et bøgetræ, hvilket gør den let at genkende.

Her er en gennemgang af dens komplekse livscyklus og hvordan miljøet påvirker dens trivsel.

1. Livscyklus: En tre-delt proces

Rødalger som blodrød ribbeblad har en mere kompliceret livscyklus end de fleste landplanter og dyr. Den består af tre generationer (diplobiontisk livscyklus):

1. **Gametofytten (n):** Dette er den kønnet generation. Der findes både han- og hunplanter. Hanplanten frigiver sædceller (spermatier), som driver med strømmen, da de ikke selv kan svømme. Når de lander på hunplantens ægcelle, sker befrugtningen.
2. **Carposporofytten (2n):** Efter befrugtningen dannes en lille "snyltende" generation direkte på hunplanten. Denne producerer carposporer, som frigives til vandet.
3. **Tetrasporofytten (2n):** Når carposporerne sætter sig fast, vokser de op til en ny plante, der ligner gametofytten til forveksling. Denne plante danner tetrasporer gennem meiose, som starter cirklen forfra ved at blive til nye gametofyrter.

Vækstfaser:

- **Vinter:** Algen er mest aktiv i de kolde måneder, hvor den danner nye blade og gennemgår sin reproduktion.
- **Sommer:** Om sommeren bliver de gamle "blade" ofte slidt ned af bølgegang og græsning, så kun den tykke midtribbe står tilbage. Det er herfra, nye blade skyder næste sæson.

2. Miljøpåvirkning og sårbarhed

Blodrød ribbeblad fungerer som en vigtig indikator for havmiljøets tilstand. Da den lever på dybere vand (ofte 5–20 meter), er den særligt følsom over for ændringer i vandets klarhed.

Negative påvirkningsfaktorer

- Eutrofiering (Næringssaltbelastning): Når der udledes for mange næringsstoffer (kvælstof og fosfor), blomstrer planktonalger op. Dette gør vandet uklart og skygger for ribbebladet. Da rødalgens røde farvepigment (*fycoerythrin*) er designet til at opfange det sparsomme blå-grønne lys på dybt vand, dør den, hvis lyset forsvinder helt.

- Slam og sedimentation: Partikler fra landbrug eller uddybning af sejlrender kan lægge sig som et kvælende lag over algen, hvilket forhindrer sporernes evne til at hæfte sig på sten og muslinger.
- Stigende vandtemperaturer: Som en koldtvandsart kan ekstrem varme i de øverste vandlag stresse algen.

Positive roller i økosystemet

- Biodiversitet: Algen fungerer som et "undervandsskov", der giver ly og skjul til små krebsdyr, snegle og fiskeyngel.
- Kulstoflagring: Som alle andre makroalger optager den CO_2 gennem fotosyntese og bidrager dermed til det marine kulstofkredsløb.

Hurtige Fakta

Egenskab	Beskrivelse
Farve	Intens rosenrød til blodrød
Habitat	Stenrev og hårde bunde i salte/brakke farvande
Udbredelse	Almindelig i Kattegat, Bælthavet og den vestlige Østersø
Størrelse	Typisk 10–25 cm lang

Blodrød Ribbeblad: En dybdegående analyse af livscyklus, fysiologisk adaption og antropogen miljøpåvirkning i de danske farvande

Taksonomisk placering og morfologisk organisation

Blodrød ribbeblad, videnskabeligt klassificeret som *Delesseria sanguinea* (Hudson) J.V. Lamouroux (1813), repræsenterer en af de mest ikoniske og fysiologisk komplekse rødalger i det nordøstlige Atlanterhav og de indre danske farvande.[1] Arten tilhører rækken Rhodophyta, klassen Florideophyceae, ordenen Ceramiales og familien Delesseriaceae.[1] Dens systematiske position er defineret ved en række unikke morfologiske træk, herunder et bladformet thallus, der udviser en bemærkelsesværdig lighed med løvblade fra terrestriske træer, specifikt bøgetræet (*Fagus sylvatica*), hvilket har ført til det folkelige engelske navn "Sea Beech".[5]

Den morfologiske struktur af *Delesseria sanguinea* er karakteriseret ved en monostromatisk opbygning af bladpladen (lamina), hvilket indebærer, at de fotosyntetiske væv i de perifere dele af bladet kun består af et enkelt cellelag.[2] Denne ekstreme tyndhed er en evolutionær tilpasning til habitater med lav lysintensitet, da det maksimerer overfladearealet i forhold til volumen og reducerer den metaboliske omkostning ved at opretholde ikke-fotosyntetisk væv.[6] Bladet understøttes af en prominent, flerlaget midtribbe, hvorfra der udgår parvise laterale vener. Denne arkitektur fungerer ikke blot som et strukturelt skelet, der gør det muligt for algen at opretholde en opret vækstform i vandstrømmen, men fungerer også som en ledningsvej for transport af assimilater gennem thallus via specialiserede celler, der i visse henseender minder om de ledningsvæv, man finder hos højere planter.[5]

Algen er flerårig og fæstner sig til hårde substrater via en robust, skiveformet hæfteskive (holdfast). Fra denne base udvikles en cylindrisk, bruskagtig stilk (stipe), som sjældent overstiger 1 cm i længden, før den forgrener sig og giver ophav til de spiralt arrangerede blade.[5] Et fuldt udviklet individ kan nå en højde på op til 30 cm, hvilket gør den til en markant komponent i underskoven af tangskove domineret af større laminarier.[5]

Morfologisk Karakteristik	Beskrivelse	Funktionel Betydning
Thallus-form	Bladlignende, ovate-lanceolate	Optimering af lysindfangning i skyggefulde miljøer
Lamina-struktur	Monostromatisk (ét cellelag)	Minimal diffusionsvej for CO_2 og næringsstoffer
Midtribbe/Vener	Flerlagret, bruskagtig	Strukturel støtte og transport af fotosynteseprodukter
Hæfteskive	Diskosformet, tyk	Sikring mod mekanisk løsrivelse i bølgeeksponerede zoner
Pigmentering	Intens blodrød (Phycoerythrin)	Absorption af blågrønt lys på dybt vand

2

Den triphasiske livscyklus: En fysiologisk og temporal analyse

Livscyklussen hos *Delesseria sanguinea* følger det klassiske "Polysiphonia-mønster", som er karakteristisk for mange avancerede rødalger, men med en udpræget sæsonmæssig fænologi, der er tæt koordineret med de nordiske lysforhold og temperaturregimer.[6] Cyklussen er triphasisk, hvilket indebærer tre distinkte generationer: den haploide gametofyt (n), den diploide carposporofyt (2n) og den diploide tetrasporofyt (2n).[12]

Gametofyt-generationen og gametogenese

Gametofytterne er dioeciske, hvilket betyder, at hanlige og hunlige kønsorganer findes på separate individer. Morfologisk er de frilevende gametofytter isomorfe med tetrasporofytterne, hvilket gør det umuligt at skelne dem fra hinanden uden for de reproduktive perioder.[12] De hanlige gametofytter danner spermatangier på små, specialiserede blade (bladelets), der vokser direkte fra midtribberne i perioden fra

september til december.[6] Disse spermatangier frigiver non-motile hanlige gameter, spermatier, som er afhængige af vandbevægelser for at nå de hunlige individer.

De hunlige gametofytter producerer carpogonier på tilsvarende specialiserede blade. En væsentlig økologisk indsigt er, at carpogonierne ofte udvikles 2-3 måneder før dannelsen af carposporofyten, hvilket indikerer en tidsmæssig adskillelse mellem den initielle modning og den egentlige befrugtningshændelse.[6]

Carposporofyt-generationen og cystokarp-dannelse

Efter befrugtning af carpogoniet udvikles carposporofyten som en parasitisk fase, der er fysisk og ernæringsmæssigt afhængig af den hunlige gametofyt.[13] Denne generation er indesluttet i et cystokarp, en beskyttende, krukkeformet struktur med en membranøs kant, der fremstår som små røde knopper på midtribben af den hunlige plante.[5] Cystokarperne modnes gennem vintermånederne, og de diploide carposporer frigives typisk i februar.[6]

Tetrasporofyt-generationen og meiose

Carposporerne spirer og giver ophav til tetrasporofyten. Denne generation producerer tetrasporangier, hvori meiosen finder sted. Tetrasporangierne udvikles ligeledes i små bladelets på de nøgne midtribber i perioden fra november til marts.[3] Ved frigivelse spirer tetrasporerne og bliver til nye haploide gametofytter. Denne triphasiske strategi fungerer som en biologisk forstærkningsmekanisme; én befrugtningshændelse fører til produktionen af mange carposporer, som hver især bliver til en tetrasporofyt, der igen producerer tusindvis af tetrasporer.[6]

Sæsonmæssig dynamik og overvintringsstrategier

Fænologien hos *Delesseria sanguinea* er bemærkelsesværdig. I løbet af efteråret og den tidlige vinter undergår algen en drastisk morfologisk reduktion, hvor de tynde bladplader formulder eller bortslides af efterårsstorme, så kun de robuste midtribber og stipen står tilbage.[5] Denne tilstand, hvor planten overvintrer som en "stamme", reducerer den hydrodynamiske modstand og minimerer risikoen for at blive revet løs fra substratet under ekstreme vejrforhold. De nye blade begynder at springe ud i februar, ofte mens de reproduktive strukturer stadig er aktive på ribberne.[6] Denne vækstproces tager flere måneder, og planten når sin maksimale biomasse og æstetiske pragt i det sene forår og den tidlige sommer (maj-juni).[6]

Fase i Livscyklus	Tidsperiode	Beskrivelse
Gamet-dannelse	September - December	Udvikling af spermatangier og carpogonier på ribber
Befrugtning	Oktober - November	Spermatier føres med strømmen til carpogonier
Cystokarp-modning	December - Februar	Carposporofyten vokser på den hunlige plante
Spore-frigivelse	Januar - Marts	Carposporer og tetrasporer frigives til vandsøjlen
Bladvækst (Vegetativ)	Februar - Juni	Nye lamina udvikles fra de overvintrende ribber
Bladnedbrydning	August - December	Bladpladerne slides væk; planten går i hvile

5

Fysiologisk adaption til lysforhold og mørkeoverlevelse

Som en art, der ofte dominerer de dybere og mere skyggefulde dele af de sublittorale stenrev, har *Delesseria sanguinea* udviklet sofistikerede fysiologiske mekanismer til at håndtere ekstreme variationer i lysintensitet og spektral sammensætning.

Fotosyntetisk effektivitet og pigmentering

Algens intense røde farve skyldes phycoerythrin, et phycobiliprotein, der effektivt absorberer grønt og blåt lys (450 - 550 nm), som er de bølgelængder, der trænger dybest ned i kystnære farvande.[2] Denne pigmentering gør det muligt for arten at opretholde en positiv kulstofbalance på dybder op til 30-40 meter, hvor mange andre makroalger må give fortabt.[2]

Den "Etiolerede" vækst og mørke-adaption

Et af de mest fascinerede aspekter af artens biologi er dens evne til at vokse i totalt mørke. Eksperimentelle studier har vist, at midtribber af *Delesseria sanguinea* kan producere nye, små blade efter flere måneder i kontinuerligt mørke, en tilstand der simulerer forholdene under isdække eller ekstrem vinterturbiditet.[17] Disse mørkedannede blade er "etiolerede"; de indeholder phycobiliproteiner, men kun spor af klorofyl a, og de er initialt ude af stand til at producere ilt ved belysning.[17]

Denne vækst er drevet af translokation af oplagrede energireserver, primært floridean stivelse (et glykogen-lignende kulhydrat), fra de flerårige ribber og stipen til de nye vækstzoner.[6] Ved geneksponering for lys påbegyndes en hurtig syntese af klorofyl, og den fotosyntetiske evne (iltudvikling) genoprettes parallelt hermed. Denne evne til at "forberede" bladapparatet i mørket giver algen en betydelig fordel i det tidlige forår, da den kan påbegynde aktiv fotosyntese med det samme, lyset bliver tilgængeligt, i stedet for først at skulle starte vækstprocessen.[17]

Fotoperiodisme og miljømæssig styring

Udviklingen af de reproduktive organer styres præcist af fotoperioden. *Delesseria sanguinea* er en "kort-dags-plante", hvor dannelsen af bladelets med spermatangier og tetrasporangier induceres af de aftagende daglængder i efteråret.[12] Eksperimenter har vist, at selv korte lysglimt i mørkeperioden ("night-break") kan hæmme denne proces, hvilket understreger betydningen af de uafbrudte vinternætter for algens reproduktive succes.[12] Vandtemperaturen fungerer som en sekundær tærskel; væksten af nye blade ser ud til at være betinget af, at temperaturen falder under ca. 13°C, hvilket sikrer, at planten ikke investerer i ny bladvækst for tidligt på sæsonen.[6]

Økologisk betydning og habitatkrav i danske farvande

Blodrød ribbeblad spiller en central rolle som habitat-dannende organisme i det danske marine miljø. Den er vidt udbredt i de indre farvande, herunder Kattegat, Bælthavet og Øresund, hvor den primært findes på stenrev og hårdbund.[1]

Stenrev som biodiversitets-hotspots

I de danske farvande fungerer stenrev som oaser af biodiversitet i et ellers ofte sandet eller mudret sedimentlandskab. *Delesseria sanguinea* er en karakterart for disse rev og indgår ofte i et komplekst, flerlaget vegetationssamfund.[18] I sunde revsystemer kan den

samlede dækning af makroalger overstige 300 %, hvor *Delesseria* danner et vigtigt underskovslag under de store laminarier (*Laminaria hyperborea* og *Saccharina latissima*).[5]

Algen fungerer som:

1. Strukturelt skjul: De fligede blade skaber komplekse mikrohabitater for mindre hvirvelløse dyr som amfipoder, isopoder og snegle, samt skjulesteder for fiskeyngel.[6]
2. Epifyt-substrat: Selv fungerer den som base for mindre epifytiske alger og fastsiddende dyr som hydroider og bryozoer.[5]
3. Primærproduktion: Som en flerårig art bidrager den til en stabil tilførsel af organisk materiale til det bentiske fødenet, også i de dybere dele af den fotiske zone.[7]

Hydrografiske gradienter og salinitetstolerance

Danmarks farvande er karakteriseret ved en markant salinitetsgradient fra Nordsøen (ca. 35 ‰) til den vestlige Østersø (ofte <10 - 15‰).[21] *Delesseria sanguinea* foretrækker saltholdigheder over 15 - 18 ‰, hvilket begrænser dens udbredelse i de mest ferske dele af Østersøen.[6] Denne salinitetstolerance har også en morfologisk dimension; individer fra de mere salte dele af Kattegat og Nordsøen er typisk store og kraftige, mens de i de brakke bælter og Østersøen fremstår mindre og mere spinkle, en tilpasning der menes at være delvist genetisk bestemt.[6]

Antropogene miljøpåvirkninger og trusler

På trods af sin status som almindelig i Danmark er blodrød ribbeblad underlagt et betydeligt pres fra menneskelige aktiviteter, der påvirker vandkvaliteten og den fysiske integritet af havbunden.

Eutrofiering og turbiditet

Den største trussel mod de sublittorale algesamfund i Danmark er eutrofiering – overbelastning med næringsstoffer (kvælstof og fosfor). Dette fænomen har en række direkte og indirekte negative effekter på *Delesseria sanguinea* [24]:

- Lysreduktion: Øget tilførsel af næringsstoffer fører til massive opblomstringer af fytoplankton, hvilket øger vandets turbiditet (uklarhed). For en art, der lever på kanten af den fotiske zone, kan selv en lille reduktion i lysgennemtrængeligheden betyde forskellen mellem overlevelse og død. En øget mængde suspenderet materiale i vandet begrænser artens dybdeudbredelse, hvilket tvinger populationerne ind på lavere vand, hvor de er mere udsatte for mekanisk stress fra bølger.[5]
- Opportunistisk konkurrence: Eutrofiering fremmer væksten af hurtigvoksende, enårige trådalger ("fedtemøg"), som kan overvokse og kvæle de flerårige arter.[5]
- Siltning: Nedfald af organisk materiale fra planktonopblomstringer danner et lag af løst sediment ("pludder") på de stenrev, hvor *Delesseria* vokser. Dette sedimentlag kan forhindre algens sporer i at hæfte sig fast på de hårde stenoverflader, hvilket effektivt stopper rekrutteringen af nye individer.[5]

Fysiske forstyrrelser og stenfiskeri

Historisk set har stenfiskeri (fjernelse af sten fra havbunden til kystsikring og havnebyggeri) haft en ødelæggende effekt på de danske stenrev.[22] Fjernelsen af de største sten har fjernet fundamentet for algers vækst. Selvom stenfiskeri blev forbudt i Danmark i 1999, lider mange områder stadig under tabet af habitat. Desuden medfører bundslæbende fiskeredskaber fortsat fysiske skader på de resterende rev og den tilknyttede vegetation.[22]

Iltsvind

De tilbagevendende iltsvindshændelser i danske farvande, drevet af eutrofiering og reduceret vandudveksling, udgør en akut trussel mod det bentiske liv.[24] Selvom makroalger producerer ilt om dagen, ånder de (forbruger ilt) om natten. Under vedvarende iltsvind kan algerne dø som følge af metabolisk kvælning eller ophobning af giftige stoffer som svovlbrinte i det omgivende vand.[24]

Miljøfaktor	Påvirkningstype	Effekt på Delesseria sanguinea
Nitrogen-overskud	Kemisk / Biologisk	Øget algevækst i vandsøjlen, reduceret lys til bunden
Turbiditet	Fysisk (Optisk)	Begrænsning af dybdeudbredelse; lavere fotosynteserate
Bundslæb (Fiskeri)	Mekanisk	Direkte destruktion af thallus og løsrivelse fra sten
Sedimentation	Fysisk	Blokering af spore-hæftning; kvælning af små individer
Iltsvind	Fysiologisk	Metabolisk stress; potentiel massedød ved anoxi

5

Klimaforandringer: Termisk stress og fænologiske forskydninger

De igangværende globale klimaforandringer har særligt markante effekter i semi-indesluttede have som Østersøen og de indre danske farvande, som opvarmes hurtigere end de åbne oceaner.[31]

Temperaturstigninger og termiske grænser

Vandtemperaturen i Østersøregionen er steget med ca.0,23 – 0,26°C pr. årti over de seneste 70 år.[34] For *Delesseria sanguinea*, som er tilpasset køligt vand, kan dette få vidtrækkende konsekvenser:

- **Respirationsomkostninger:** Højere temperaturer øger algernes basalstofskifte (respiration). I de mørke vintermåneder, hvor algen lever af sine kulhydratreserver, vil en øget temperatur hurtigere dræne disse depoter, hvilket kan føre til "sult" og død, før foråret og de nye blade kommer.[16]
- **Marine hedebølger:** Ekstreme temperaturhændelser om sommeren kan overskride artens fysiologiske tolerancegrænse, hvilket fører til pigmentblegning og vævsdød, som det er observeret hos andre arter i regionen.[16]
- **Vintertemperaturer og Reproduktion:** Hvis vintertemperaturerne ikke falder under de nødvendige tærskler (<13°C), kan det forstyrre timingen af sporefrigivelsen eller dannelsen af nye blade, hvilket fører til fænologisk mismatch mellem algens livscyklus og de tilgængelige ressourcer (lys og næring).[6]

SSP-Scenarier og fremtidens farvande

Projekteringer baseret på klimamodeller antyder, at overfladevandstemperaturen i Østersøen kan stige med op mod 0,15 – 0,33°C pr. årti frem mod år 2100, afhængigt af hvilke emissionsscenarier (SSP2-4.5 vs. SSP5-8.5) der realiseres.[33] En sådan udvikling vil sandsynligvis føre til en nordlig forskydning af artens udbredelsesområde og en yderligere begrænsning af dens forekomst i de sydligste danske farvande.

Forvaltning, lovgivning og nationalt ansvar

I Danmark er blodrød ribbeblad klassificeret som en "national ansvarsart".[1] Dette er en juridisk og forvaltningsmæssig betegnelse for arter, hvor Danmark på et eller andet tidspunkt i artens livscyklus rummer en så stor del (typisk > 20 %) af Jordens eller den biogeografiske regions samlede bestand, at landet har et særligt ansvar for dens beskyttelse.

Definition og kriterier for ansvarsarter

Betegnelsen ansvarsart blev introduceret for at sætte fokus på arter, der ikke nødvendigvis er sjældne eller truede lokalt, men hvis globale overlevelse er afhængig af den danske indsats.[37] For *Delesseria sanguinea* betyder det, at de danske stenrev udgør et

kernehabitat for arten i Nordeuropa. Beskyttelsen af disse habitater er derfor ikke kun et lokalt ønske, men en international forpligtelse.

Beskyttelsesmekanismer og Natura 2000

Beskyttelsen af blodrød ribbeblad sker gennem flere spor i den danske lovgivning:

1. **Natura 2000-netværket:** En stor del af de danske stenrev er udpeget som Natura 2000-områder (habitatområder). Her er myndighederne forpligtet til at sikre en "gunstig bevaringsstatus" for de naturtyper og arter, området er udpeget for.[27] Enhver plan eller projekt, der kan påvirke disse områder negativt, skal undergå en konsekvensvurdering.[27]
2. **Naturbeskyttelsesloven:** Generelle bestemmelser beskytter mod ødelæggelse af levesteder.[39]
3. **Artsfredningsbekendtgørelsen:** Selvom blodrød ribbeblad ikke er individuelt fredet som f.eks. orkidéer, er indsamling i erhvervsmæssigt øjemed underlagt regulering og kræver ofte lodsejers eller myndighedernes tilladelse.[41]

Overvågning (NOVANA)

Arten overvåges som en del af det nationale program NOVANA. Overvågningen af makroalger på stenrev giver et databaseret grundlag for at vurdere miljøtilstanden i de danske farvande.[23] Resultaterne fra de seneste år (f.eks. 2021-rapporten) viser en bekymrende stagnation eller tilbagegang i mange biologiske parametre for phytobenthos (bundlevende planter), hvilket tyder på, at de hidtidige indsatser mod eutrofiering endnu ikke er tilstrækkelige til at sikre en generel fremgang for flerårige arter som blodrød ribbeblad.[24]

Case-studie: Økosystem-kollaps og genopretning i Vejle Fjord

Vejle Fjord repræsenterer et aktuelt mikrokosmos af de miljømæssige udfordringer, som blodrød ribbeblad står overfor i danske fjorde. Fjorden er i en "ringe økologisk tilstand", præget af massive mængder krabber, tab af ålegræs og stenrev, samt hyppige iltsvind.[30]

Den trofiske kaskade

I Vejle Fjord er det naturlige økosystem tippet ud af balance. Tabet af rovfisk (som torsk) har ført til en eksplosiv vækst i bestanden af strandkrabber (*Carcinus maenas*), der nu estimeres til over 400 millioner individer.[28] Denne ubalance skaber en negativ spiral:

- **Overgræsning:** Krabberne græsser på små alger og kimplanter.
- **Sediment-ophvirvling:** Krabbernes aktivitet roder op i bunden, hvilket øger turbiditeten og dermed begrænser lyset til planter som blodrød ribbeblad.[28]
- **Manglende substrat:** Historisk stenfiskeri har fjernet de sten, som algerne skulle hæfte sig på.[28]

Projekt "Sund Vejle Fjord" som Genopretningsmodel

For at vende denne udvikling er projektet "Sund Vejle Fjord" (2020-2024) iværksat med et budget på 25 mio. kr..[30] Projektet benytter en holistisk tilgang til genopretning:

1. Genetablering af stenrev: Ved at udlægge nye sten skabes der fysisk plads til, at arter som blodrød ribbeblad igen kan etablere sig.[30]
2. Målrettet krabbefiskeri: 34 tons krabber er blevet fjernet for at reducere græsningstrykket og give økosystemet ro til at restituere.[30]
3. Kombineret indsats: Ved også at udplante ålegræs og etablere muslingebanker (over 30 hektar) forsøger man at skabe en selvforstærkende positiv effekt på vandklarheden.[30]

Dette projekt illustrerer, at beskyttelse alene ofte ikke er nok i stærkt degraderede områder; der kræves aktive naturforbedrende tiltag for at bringe arter som blodrød ribbeblad tilbage til deres naturlige udbredelse.

Bioteknologisk og Farmakologisk Potentiale

Ud over sin økologiske rolle besidder *Delesseria sanguinea* en række unikke biokemiske egenskaber, som gør den interessant for industrien.

Sulfaterede Polysaccharider og Heparin-analoger

Rødalger er kendt for deres indhold af sulfaterede polysaccharider (SP). I blodrød ribbeblad findes specifikke xylogalaktaner, som har vist sig at have farmakologiske egenskaber, der minder om heparin – et vigtigt lægemiddel til blodfortynding.[15]

- Antikoagulerende aktivitet: Forskning har vist, at koldtvandsekstrakter fra *Delesseria* kan forlænge blodets koagulationstid. Selvom den antikoagulerende effekt er ca. fire gange svagere end hos kommercielt heparin fra grise, har det marine alternativ færre bivirkninger, såsom lavere risiko for at aktivere blodplader (hvilket kan give blodpropper) og mindre risiko for blødninger.[45]
- Anti-inflammatorisk potentiale: Ekstrakterne har vist sig at være ekstremt stærke hæmmere af enzymerne hyaluronidase og elastase – op til 224 gange stærkere end heparin.[15] Dette gør dem yderst lovende som ingredienser i produkter til sårheling og anti-aging kosmetik.
- Standardiseret ekstraktion: Ved at anvende vand ved 85 °C kan man opnå et stabilt udbytte på ca. 11-18 % SP af høj farmaceutisk kvalitet, uanset algens livsfase.[44]

Gastronomi og Kommerciel Høst

I Danmark markedsføres blodrød ribbeblad som en luksus-tangtype på grund af dens smukke udseende og unikke smagsprofil, der beskrives som "parfumeret" og aromatisk.[10] Den anvendes primært frisk eller tørret som dekoration i gourmet-gastronomi. På grund af den lave vækstrate og den vigtige økologiske rolle er bæredygtig høst afgørende.

Kommercielle aktører som Dansk Tang anbefaler høst i foråret og understreger vanskeligheden ved at tørre algen uden at miste dens sarte struktur.[10]

Parameter	Værdi / Karakteristik	Betydning for Udnyttelse
SP-udbytte	11,6±3,9% (op til 18 %)	Økonomisk potentiale for bioteknologi
Elastase-hæmning	IC50 0,204± 0,024µ g/mL	Meget høj anti-inflammatorisk aktivitet
Smagsprofil	Parfumeret, intens	Unik ingrediens i høj-gastronomi
Konsistens	Porøs, sprød	Eksklusiv mundfølelse

10

Konklusion og Fremtidsperspektiver

Blodrød ribbeblad (*Delesseria sanguinea*) står som et symbol på både skønheden og sårbarheden i det danske havmiljø. Dens komplekse livscyklus og exceptionelle adaption til lysfattige miljøer gør den til en evolutionær succeshistorie, men de nuværende antropogene påvirkninger udfordrer dens modstandskraft.

Som national ansvarsart påhviler det Danmark at sikre, at de sublittorale stenrev genoprettes og beskyttes mod de ødelæggende effekter af eutrofiering og fysiske forstyrrelser. Fremtiden for blodrød ribbeblad i de danske farvande afhænger af vores evne til at:

1. Reducere næringsstofbelastningen: At nedbringe kvælstofudledningen til et niveau, hvor vandet igen bliver klart nok til, at algerne kan trives på deres naturlige dybder.
2. Naturgenopretning: At fortsætte og opskalere projekter som "Sund Vejle Fjord", der genetablerer de tabte habitater.

3. Klimatilpasning: At overvåge og forstå de fysiologiske konsekvenser af de hastigt stigende vandtemperaturer.

Samtidig åbner artens unikke kemi op for spændende perspektiver inden for blå bioteknologi. Ved at udvikle metoder til bæredygtig akvakultur af *Delesseria sanguinea* kan vi potentielt udnytte dens farmakologiske potentiale uden at plyndre de naturlige bestande. Blodrød ribbeblad er ikke blot en alge; den er en vigtig brik i det marine puslespil, som vi er forpligtede til at bevare for fremtiden.

Citerede værker

1. Blodrød Ribbeblad (Delesseria sanguinea) - Naturbasen, tilgået maj 7, 2026, https://www.naturbasen.dk/art/8360/blodroed-ribbeblad
2. Delesseria sanguinea (Hudson) J.V.Lamouroux - AlgaeBase, tilgået maj 7, 2026, https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=13
3. Delesseria sanguinea - Wikipedia, tilgået maj 7, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Delesseria_sanguinea
4. Delesseria - Wikipedia, tilgået maj 7, 2026, https://en.wikipedia.org/wiki/Delesseria
5. Sea beech (Delesseria sanguinea) - MarLIN, tilgået maj 7, 2026, https://www.marlin.ac.uk/assets/pdf/species/marlin_species_1338_2019-03-21.pdf
6. Sea beech (Delesseria sanguinea) - MarLIN - The Marine Life Information Network, tilgået maj 7, 2026, https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1338
7. MACRO ALGAE - AlgaeFood, tilgået maj 7, 2026, https://algaefood.eu/wp-content/uploads/2025/12/25_12_02-AlgaeFood_CRM_brochure_engl.pdf
8. Delesseria sanguinea - Marine Life Encyclopedia - Habitas, tilgået maj 7, 2026, https://www.habitas.org.uk/marinelife/species.asp?item=ZM9550
9. Seaweed.ie :: Delesseria sanguinea, tilgået maj 7, 2026, https://www.seaweed.ie/descriptions/Delesseria_sanguinea.php
10. Blodrød ribbeblad er den mest smagsfulde af de danske tangtyper ? - Dansk Tang, tilgået maj 7, 2026, https://www.dansktang.dk/tangtyper/blodroed-ribbeblad/
11. Sea Beech - Delesseria sanguinea - The Marine Flora & Fauna of Norway, tilgået maj 7, 2026, https://www.seawater.no/flora/red/sanguinea.html
12. Delesseria sanguinea - BIOTIC, tilgået maj 7, 2026, https://biotic.marlin.ac.uk/data/species/4208
13. Glossary - Marine Botany at FHL, tilgået maj 7, 2026, https://depts.washington.edu/fhl/mb/mbhome/glossary.html
14. Life History Types of the Florideophyceae (Rhodophyta) and their Evolution, tilgået maj 7, 2026, https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/bitstreams/3429e5a0-e5c9-4a8c-9e32-62946a10d83d/download
15. Delesseria sanguinea | Tang and Ware, tilgået maj 7, 2026, https://tangandware.com/seaweeds/reds/delesseria-sanguina/
16. Physiological, biochemical responses of red alga to high temperature - Global Seafood Alliance, tilgået maj 7, 2026, https://www.globalseafood.org/advocate/physiological-biochemical-responses-of-red-alga-to-high-temperature/
17. Dark growth of the red alga Delesseria sanguinea (Ceramiales): lack of chlorophyll, photosynthetic capability and phycobilisomes - ResearchGate, tilgået maj 7, 2026, https://www.researchgate.net/publication/235938907_Dark_growth_of_the_red_alga_Delesseria_sanguinea_Ceramiales_lack_of_chlorophyll_photosynthetic_capability_and_phycobilisomes
18. Stenrev – havbundens oaser, tilgået maj 7, 2026, https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publikationer/3_miljobib/rapporter/mb02.pdf
19. Marine områder 2014. NOVANA - Aarhus Universitet, tilgået maj 7, 2026, https://dce2.au.dk/pub/sr167.pdf
20. BUBBLING REEF HABITATS, tilgået maj 7, 2026, https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Tekniske_rapporter_300-349/TR340.pdf

21. EKSISTERENDE MILJØMÆSSIGE FORHOLD, tilgået maj 7, 2026, https://www.trm.dk/media/zz0nkvv5/10-eksisterende-miljoemaessige-forholdpdf.pdf
22. Forhold af betydning for naturgenopretning af stenrev, tilgået maj 7, 2026, https://marinnatur.dk/media/72561/genopretning-af-stenrev.pdf
23. Teknisk anvisning for marin overvågning, tilgået maj 7, 2026, https://www2.dmu.dk/1_om_dmu/2_tvaer-funk/3_fdc_mar/programgrundlag/tekanv2004_2009/del3/ta04_3_1_bundvegetation.pdf
24. Nr. 529: Marine areas 2021. NOVANA - DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, tilgået maj 7, 2026, https://dce.au.dk/udgivelser/vr/501-599/abstracts/nr-529-marine-areas-2021-novana
25. No. 532: Aquatic Environment and Nature 2021. NOVANA, tilgået maj 7, 2026, https://dce.au.dk/udgivelser/vr/501-599/abstracts/nr-532-aquatic-environment-and-nature-2021-novana
26. Little Belt | Oceana, tilgået maj 7, 2026, https://oceana.org/wp-content/uploads/sites/18/d_files/euo/OCEANA_Little_Belt_5.pdf
27. MILJØKONSEKVENSVURDERI, tilgået maj 7, 2026, https://mst.dk/media/1dvnkb0e/mkr-groennerevle_536-aa-og-groennerevle-vest-536-ba_v02.pdf
28. SUND VEJLE FJORD - Research and innovation, tilgået maj 7, 2026, https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-03/Steinfurth_Vejle%20Fjord.pdf
29. Eelgrass and seaweed are essential for healthy fjords and coastal waters - DTU Aqua, tilgået maj 7, 2026, https://www.aqua.dtu.dk/english/newsarchive/2024/10/eelgrass
30. A Healthy Vejle Fiord - Center for Marin Naturgenopretning, tilgået maj 7, 2026, https://www.danishmarinerestoration.com/projects/a-healthy-vejle-fiord/
31. Climate change has an impact, but human actions will determine the fate of the Baltic Sea, tilgået maj 7, 2026, https://www.abo.fi/en/news/climate-change-has-an-impact-but-human-actions-will-determine-the-fate-of-the-baltic-sea/
32. The Risk for Novel and Disappearing Environmental Conditions in the Baltic Sea - Frontiers, tilgået maj 7, 2026, https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2021.745722/full
33. Projection of Changes in Coastal Water Temperature of the Baltic Sea up to 2100 - MDPI, tilgået maj 7, 2026, https://www.mdpi.com/2571-9394/8/1/12
34. Impact of climate change on the coastal water temperature of lagoons in the southern Baltic Sea in the period 1951–2020, tilgået maj 7, 2026, https://oceanologia.eu/library/67_4/PDF/PIUS.pdf
35. A Warmer Arctic Compromises Winter Survival of Habitat-Forming Seaweeds - Frontiers, tilgået maj 7, 2026, https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2021.750209/full
36. Exploring the Influence of Temperature on Aspects of the Reproductive Phenology of Temperate Seaweeds - Frontiers, tilgået maj 7, 2026, https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2018.00218/full
37. Ansvarsart - Wikipedia, den frie encyklopædi, tilgået maj 7, 2026, https://da.wikipedia.org/wiki/Ansvarsart
38. Fakta om Natura 2000-områderne - Styrelsen for Grøn Arealomlægning og

Vandmiljø, tilgået maj 7, 2026, https://sgavmst.dk/natur-og-jagt/naturindsatser/natura-2000/fakta-om-natura-2000-omraaderne
39. National nature protection - Danish Agricultural Agency, tilgået maj 7, 2026, https://en.lbst.dk/nature-and-forestry/nature/national-nature-protection
40. Criteria for favourable conservation status in Denmark, tilgået maj 7, 2026, https://www2.dmu.dk/pub/fr647.pdf
41. 2.3 Beskyttede arter - Planportal, tilgået maj 7, 2026, https://ringsted.cowiplan.dk/sektorplaner/natur-og-beplantning/naturkvalitetsplan-2013-2025/2-lovgivning-og-internationale-forpligtigelser/23-beskyttede-arter/
42. Beskyttede arter - Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø, tilgået maj 7, 2026, https://sgavmst.dk/arter/artsforvaltning/beskyttede-arter
43. Sund Vejle Fjord - Syddansk Universitets Forskerportal, tilgået maj 7, 2026, https://portal.findresearcher.sdu.dk/da/projects/sund-vejle-fjord/
44. Optimized and Standardized Isolation and Structural Characterization of Anti-inflammatory Sulfated Polysaccharides from the Red Alga Delesseria sanguinea (Hudson) Lamouroux (Ceramiales, Delesseriaceae) | Biomacromolecules - ACS Publications, tilgået maj 7, 2026, https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bm900501g
45. Pharmacological profiles of animal- and nonanimal-derived sulfated polysaccharides – comparison of unfractionated heparin, the semisynthetic glucan sulfate PS3, and the sulfated polysaccharide fraction isolated from Delesseria sanguinea - PMC, tilgået maj 7, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2649422/
46. Anticoagulant Property of a Sulfated Polysaccharide with Unique Structural Characteristics from the Green Alga Chaetomorpha aerea - PMC, tilgået maj 7, 2026, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9962809/
47. Scientists have developed a safe marine anticoagulant derived from algae, tilgået maj 7, 2026, https://piboc.dvo.ru/en/news/institute/3388/