



Klima er liv

AT LÆSE KYSTLANDSKABET



Statens
Kunstfond

"KLIMA ER LIV - AT LÆSE KYSTLANDSKABET"

ALLE RETTIGHEDER TIL RAPPORTEN: NATOUR APS (INDEHAVER & ARKITEKT MAA MDL EVA SARA KEHLET RASMUSSEN). FORFATTER: EVA SARA KEHLET RASMUSSEN

RETTIGHEDER TIL FOTOS: FORFATTEREN, ELLER SOM ANGIVET PÅ HVERT ENKELT BILLEDE. PÅ SIDE 38, 40 OG 42 FOTOS MED UKENDTE RETTIGHEDSHAVERE (GENERELT MARKERET MED *). RETTIGHEDSHAVERE BEDES HENVENDE SIG VED UBERETTIGET GENGIVELSE. FORSIDEBILLEDE: SDFE. BAGSIDEBILLEDE: UKENDT. REDAKTION OG GRAFISK TILRETTELÆGGELSE: EVA SARA KEHLET RASMUSSEN. NOVEMBER-DECEMBER 2024.
REDAKTIONS DATO: 20. DECEMBER 2024



DEN UBERØRTE NATURLIGE KYST VED TRELDE NÆS MOD NORD, KAN SES SOM EKSEMPEL PÅ DEN OPRINDELIGE KYST VED FREDERICIA. RETTIGHEDER: "LERSKRED PÅ SYDSIDEN AF TRELDE NÆS" AF NICO DK (WIKIPEDIA).

INDLEDNING

AT LÆSE KYSTLANDSKABET

Klimaforandringer - idealer for en ny designtradition?

Den danske kystlinje er i disse år under forandring, som en effekt af verdens udledninger af CO₂ og de afledte klimaforandringer. Havene stiger med anslået 70-100 cm frem mod år 2100, og efterlader under alle omstændigheder et stærkt, forandret kystlandskab.

Naturen langs kysten risikerer at blive oversvømmet, og der vil med stor sandsynlighed, blive anlagt kystsikring langs mange af, især de bebyggede kyster. Hvad sker der med vores landskaber, hvis de mest indgribende anlægstyper ikke er undtagelsen, men normalen ved de danske kyster? Hvordan vil det se ud? Skal vi lade det ske, eller er det tid til at overveje, hvordan vi kan arbejde med helhedsløsninger? Rummer historien eksempler vi kan lære af?

Den danske tilgang til udvikling af samfundet og vores bysamfund, har i den sidste del af det 20. århundrede og starten af det nye årtusinde i høj grad været drevet af en nyttilgang. Som for en stor del nok er baseret på både



Indledning

den teknologiske udvikling, modernismen og væksttankegangen, som tilsiger at udvikling er betinget af vækst i økonomien.

Bagsiden begynder at vise sig: Klimaet forandrer sig, og der er udsigt til en meget væsentlig ændring i vores levegrundlag. Værst er forandringerne for samfundene omkring ækvator med oversvømmelser, ændringer i regn og tørke.

Det er sket i en markant udvikling i arbejdet med klimatilpasning på land i forhold til regn og skybud, som er velintegreret i den danske praksis. Tiden er til at vende blikket mod kysterne.

Det var udgangspunkt for nærværende projekt, som samtidigt er afgrænset til situationen i den indre danske farvande og Østersøen. Der er fravalgt påvirkninger og den historiske situation langs Vestkysten og i Vadehavet, fordi det er andre og kraftigere påvirkninger, som der for en stor del er en mere veludviklet helhedsorienteret praksis omkring at håndtere.

Porøse konstruktioner med plads til natur

Den historiske byggetradition i Danmark er bygget op om biogene materialer, der fandtes lokalt, og var lette at reparere og udskifte. Som er brugt i porøse konstruktioner, i form af bindingsværkshuse og i anlæg af sten-, jord-, tang- og tørvediger. I dag er de bevarede sten- og jorddiger naturlige spredningskorridorer i landskabet, og levested for fredede dyr og planter, både på grund af deres lange levetid, og anlægstypernes sammensætning af materialer.

Kulturarvens arkitektur og historiske udvikling

Oldtidens og middelalderens forsvarsanlæg bestod af enkle voldanlæg, pælespærringer med mere i naturligt vandrige områder. Som derved var lettere at forsvare, da landskabet i sig selv ydede en beskyttelse.

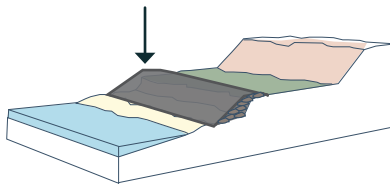


Leonardo da Vinci: Syndflod, 1480 (ukendt)



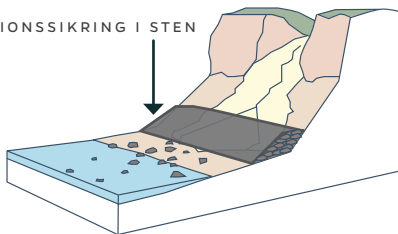
Leonardo da Vinci: Jordens undergang (ukendt)

EROSIONSSIKRING I STEN



■ NATURLIG FLADKYST

EROSIONSSIKRING I STEN



■ NATURLIG STEJLKYST

I renæssancen opstod en højtudviklet designtradition for forsvarsanlæg i Frankrig og Italien, som dannede skole for vestlige forsvarslinjer og fæstninger på den tid. De hældninger, materialer og formsprog, der findes i historiske forsvarsanlæg, kan til dels genfindes i den nutidig kystbeskyttelsespraksis. Det faktum inspirerer til at fokusere på selve anlæggenes arkitektur.

Det viser sig, at forsvarsanlæggene for manges vedkommende rummer "greb", som kan løse nogle af de sårbarheder, der findes i de nutidige kystbeskyttelsesanlæg: Der er indarbejdet dobbelte, eller flerdobbelte sikringslinjer, som nedbringer risikoen for hændelser, der overskrider det forudsatte.

Samtidigt er de disponeret, så de mest kostbare (og klimabelastende) dele er minimeret, og koncentreret centralt i anlægget. De parallelle sikringslinjer giver rum for udvikling af natur, som strandenge, søer, overdrev og moser i anlægget, hvorved der over tid opstår en symbiose mellem modsatrettede formål, som forsvar og natur, både i historiske anlæg som Dannevirke, Trelleborg, Kronborg, voldanlægget i Fredericia og Vestvolden/ Nordfronten i københavnsområdet.

På østvendte kyster er en sædvanlig topkote på mange, nyere kystbeskyttelsesanlæg i spændet fra +2,5 til +3,0 meter. I den nyeste analyse for København fastlægges en maksimal vandstand i dette århundrede på til op mod +4,4 meter, hvortil skal lægges bølgepåvirkninger. Hvilket i praksis betyder, at der nogle steder skal anlægges kystbeskyttelsesanlæg med en samlet topkote på +8,0 m.

I de historiske forsvarsanlæg, er der til en sammenligning, en sjælden kombination af snusfornuft og æstetik i konstruktionstyperne: Ved at anvende af renæssancens principper for dimensionering og symmetri, har det været relativt enkelt at videregive information om intensionerne med anlægget, og de står i dag, som en arkitekturarv af en særlig kvalitet, skønhed og oplevelsesværdi.

Kulturarvens bidrag til klimatilpasning

Tilbage i tiden har der ikke været avancerede modelleringsværktøjer til stede,

men er i designet indarbejdet en "buffer" - det man i dag ville kalde en overdimensionering - både i højden, bredden og antallet af sikringslinjer. Anlæg som Trelleborg, Kronborg og Vestvolden har en topkote omkring +8,5 til +9,0 meter. Fredericias volde i henholdsvis +9,0 meter og kote +15,0 meter.

Det er tydeligt, at de historiske anlæg har været både omkostningsfulde og materialeforbrugende. Til voldanlægget omkring Fredericia er der anvendt ca. 1 mio. m³ jord fra nærområdet.

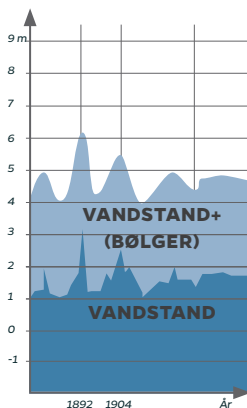
I dagens Danmark håndteres der gennemsnitligt ca. 1,2 mio.m³ uforurenet overskudsjord øst for Storebælt), som fx sendes i et hul ved Lynetteholm, samtidigt med at der årligt udvindes ca. 33 mio.m³ jomfruelige råstoffer, som sten, grus, sand, ler og kalk (hvoraf de tre første udgår ca. 90%), og forventes en stigning i udvindingen op til ca. 50 mio.m³ indenfor de nærmeste 15 år.

Der er allerede i dag råstofmangel og knaphed mange steder i Danmark. Især sten er svært at skaffe. Danmark er samtidigt et af de lande i Europa som anvender flest råstoffer svarende til ca. 24 kg pr. døgn pr. indbygger.

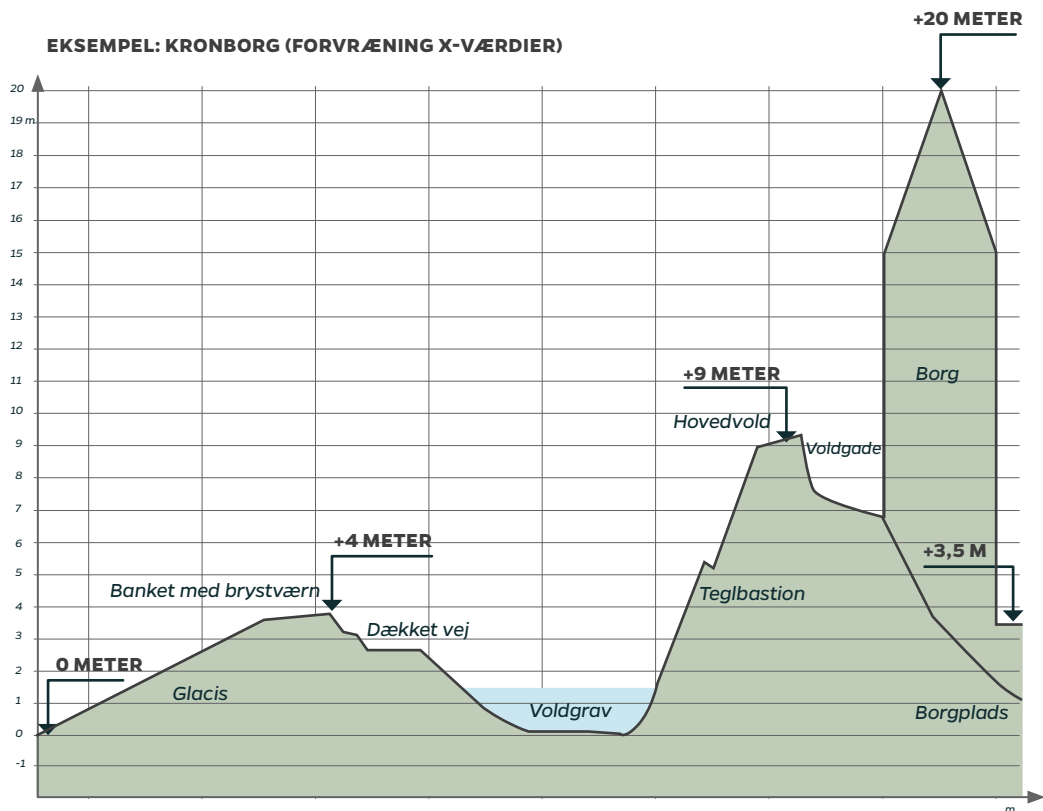
Vi kan anvende jorden langt bedre, ved at betragte den som en geologiske ressource, for nødvendige anlægsarbejder og klimatilpasning, og om der kunne findes mindre belastende alternativer. På de østvendte kyster er ekstreme storm-



Højeste historiske vandstande i Danmark (eks. Vestkysten)

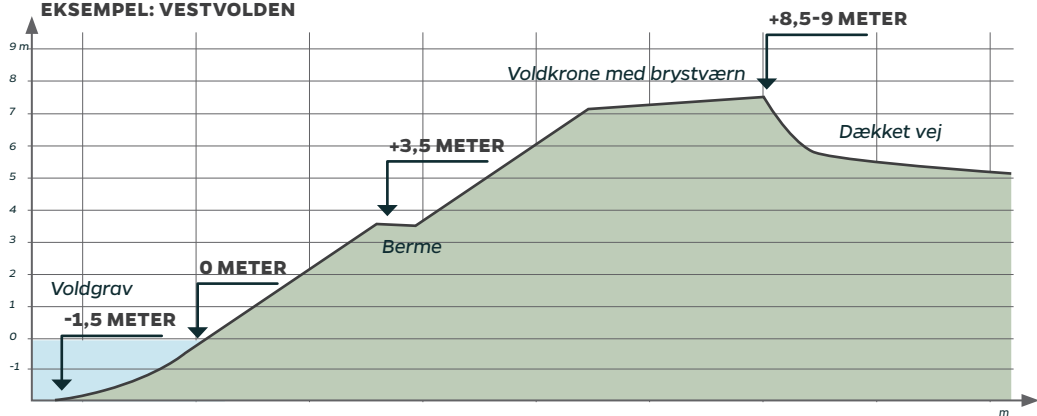


EKSEMPEL: KRONBORG (FORVRÆNING X-VÆRDIER)



CA. 1:250

EKSEMPEL: VESTVOLDEN



CA. 1:250

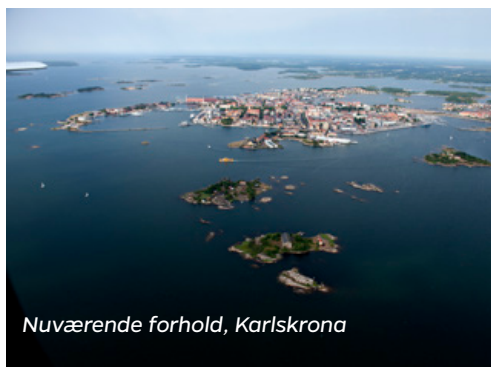
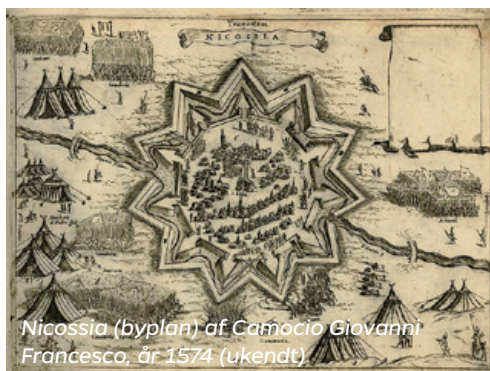
Indledning

hændelser fortsat ret sjældne. Med inspiration i kulturarven kan bruges mere enkle teknologier og tilgange til udfordringen, som til gengæld, i det daglige giver bedre rum for naturens udfoldelse end gentagelse af ensartet klimatilpasning af vidt forskellige kystlandskaber og naturlige miljøer.

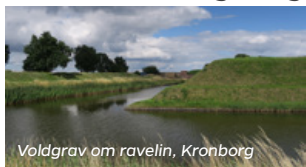
Historien og landskabet selv, giver os et rigt arkiv af designs, og en verden af muligheder for at fokusere på gode forhold for det levende, samtidigt med, at vi nedbringer risikoen for klimarelaterede skader.

Mit håb er, at vi kan se ind i en ny renæssance, hvor skønhedsidealer sammen med en dyb naturforståelse kan bane vejen for naturbaserede løsninger på kystbeskyttelsen, som både tilbyder en lav belastning af omgivelserne, god sikkerhed, bedre levevilkår for mennesker, dyr og planter, og en langt højere skønhedsværdi.

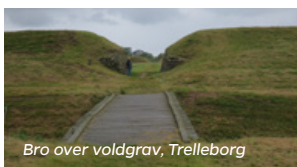
Eva Sara Kehlet Rasmussen, december 2024



Voldanlæg fra oldtiden til renæssancen og i dag



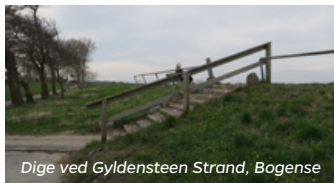
Voldgrav om ravelin, Kronborg



Bro over voldgrav, Trelleborg

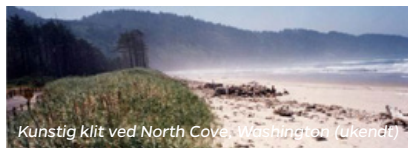


Voldanlæg, Dannevirke



Dige ved Gyldensteen Strand, Bogense

Kyster med naturlig modstandskraft - hårde sedimenter ved Vestkysten og kunstig klit (North Cove)



Kunstig klit ved North Cove, Washington (ukendt)



Formation ved Fland Badeby, Vestkysten

Naturlig dynamik/ Bioshield



Trelde Næs



North Cove (ukendt)

Bioshield: Reduktion af kysterosion og oversvømmelse ved at bryde bølger og fange sedimenter og organisk materiale, samtidigt der er færre bygningsskader og forøgelse af menneskers mulighed for at slippe i sikkerhed.

CASESTUDIER

LOKALITETER



LÆRINGER FRA CASES

Porøse materialer og konstruktioner

- » Til etablering af Trelleborg er anvendt lokale materialer, som egetræ, sten og jord, til anlæg og bygninger fra et opland i cirka en radius på 4 km. Dannevirke viser udviklingen fra rene voldanlæg til forstærkning med træpallissade, kampesten, tegl og tilføjelse af meget store jordbyggede skanser (20 m).

I Ebeltoft og mange andre steder langs de danske kyster skabt lavpraktiske løsninger med tang- og tørvediger, og bolværker med træværk i forskellige kvaliteter. Ikke altid med lang holdbarhed. Til gengæld relativt enkle at erstatte og forbedre løbende.

Beskyttelsesprofil landvendt

- » Fæstningerne ved Kronborg, Fredericia og Trelleborg er lavet kraftigst på landsiden, da vandsiden er blevet betragtet som naturligt mere beskyttet mod fjendtligt angreb.

Naturlig dynamik langs kysten

- » Ved North Cove er den naturlige dynamiske omfordeling af materialer, som træ og sedimenter, tænkt ind i designet og placeringen af de kystbeskyttende tiltag. Nord for befæstningen i Fredericia på Trelde Næs skaber den løbende erosion naturligt en barriere af sedimenter, sten og nedfaldne træer på tværs af kysten.

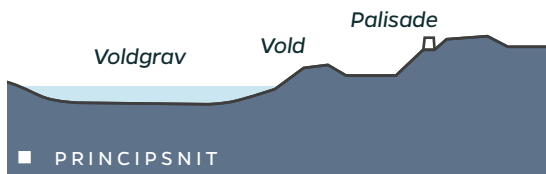
Lang brugstid og efterliv som kulturarv

- » Ved Dannevirke (Unesco) er forsvarsanlægget etableret og videreudviklet i en periode på ca. 1100 år, og de oprindelige konstruktioner er forstærket løbende med nye materialer og teknikker. Således også Kronborg (Unesco), hvor forsvarsanlæggene i Fredericia og Vestvolden har haft en kortere brugstid som forsvarsanlæg, og delvist inddraget til beboelse.

CASESTUDIE

FORSVARSLINJE

Dannevirke, fra år 450/ 737



Placering i landskabet

Forsvarsanlægget er placeret på det smalleste sted, som et supplement til de fjordsystemer og vådområder, som i forvejen begrænsede adgang fra syd op gennem Jylland. Hvorved også den naturlige færdsel fra Østersøen mod Vadehavet kunne kontrolleres.

Rettigheder: Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein/
Dannevirke Museum

Kulturhistorie

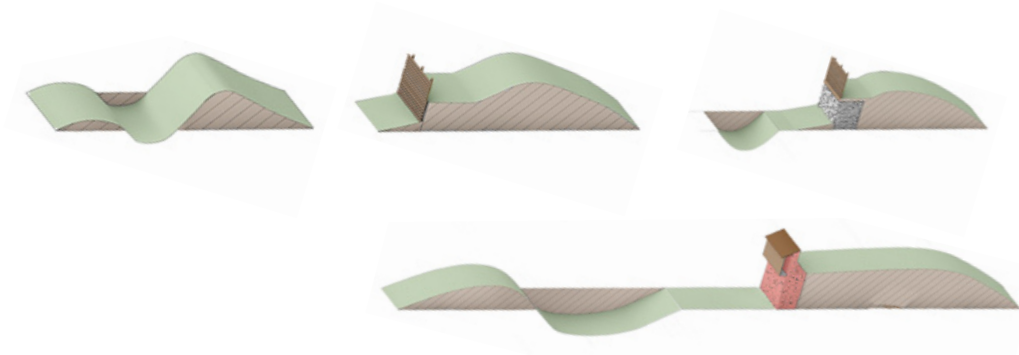
Dannevirke er et unikt forsvarsanlæg, etableret tilbage i oldtiden fra omkring år 450 og udbygget til op middelalderen.

Oldtidens forsvarsanlæg består hovedsageligt af anlæg i jord og tørv, kombineret på bagsiden med træstammer og sten, både på land og på tværs af vådområder. I år 737 blev voldanlægget forstærket med træpalissade på forsiden. I slutningen af 700-tallet blev palisaden forstærket med en 3 meter høj kampestenmur. I middelalderen forstærkning med samlet 5-7 meter høj palisade i tegl. Fra renæssancen og frem til midten af 1800-tallet udbygget med kanon-skanser i jord. Dannevirke er UNESCO-site siden 2018.

Design og teknologier

Formning af landskabet til forsvarsformål og anvendelse af simple konstruktioner i naturmaterialer. "Systemanlæg", hvor flere teknologier er sammensat og forstærket i et samlet design.

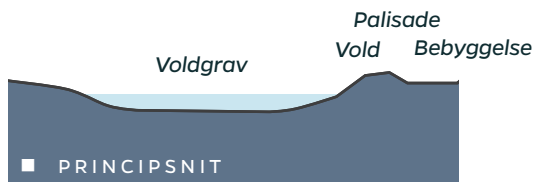




CASESTUDIE

FÆSTNING

Trelleborg, fra år 980



Placering i landskabet

Ringborgen er placeret på et næs i det lave, åbne landskab mellem Tude å og Vårby å nær Storebælt. Trelleborg består af en cirkelrund inderborg og en forborg. Åerne ydede beskyttelse for borgen og dens garnison. Trelleborg er UNESCO-site.

Kulturhistorie

Borgen er etableret fra omkring år 980 i samme periode, som de yderligere 4 kendte danske ringborge, hvoraf Trelleborg er den eneste med en befæstet forborg. Borgene er del af historien om en borgerkrig til for befæstelse af en central kongemagt i Danmark.

I inderborgen var oprindeligt 4 tømmerbyggede tårne over hver porte i hvert verdenshjørne, og langhuse til beboelse i rudemønster. På forterrænet bag forborgen var 15 langhuse med stalde og værksteder placeret i et cirkelslag radiale ud fra centrum af borgen.

Inderborgen havde de største volde og voldgrave, som også var befæstet med kampesten i portene, palisader på toppen af volden og en høj træbeklædt (eg) palisade/jordcirkel på ydersiden. Indervolden var 136 i diameter, ca. 17 m bred, 5 meter høj og bygget af ca. 25.000m³ jord suppleret med sten og tømmer. Indervoldens grav var ca. 17 meter bred og 4 meter dyb. Gader og broer var konstru-



Luftfoto af Trelleborg, set fra nord (SDFE, 2023)



Beskyttende indervold

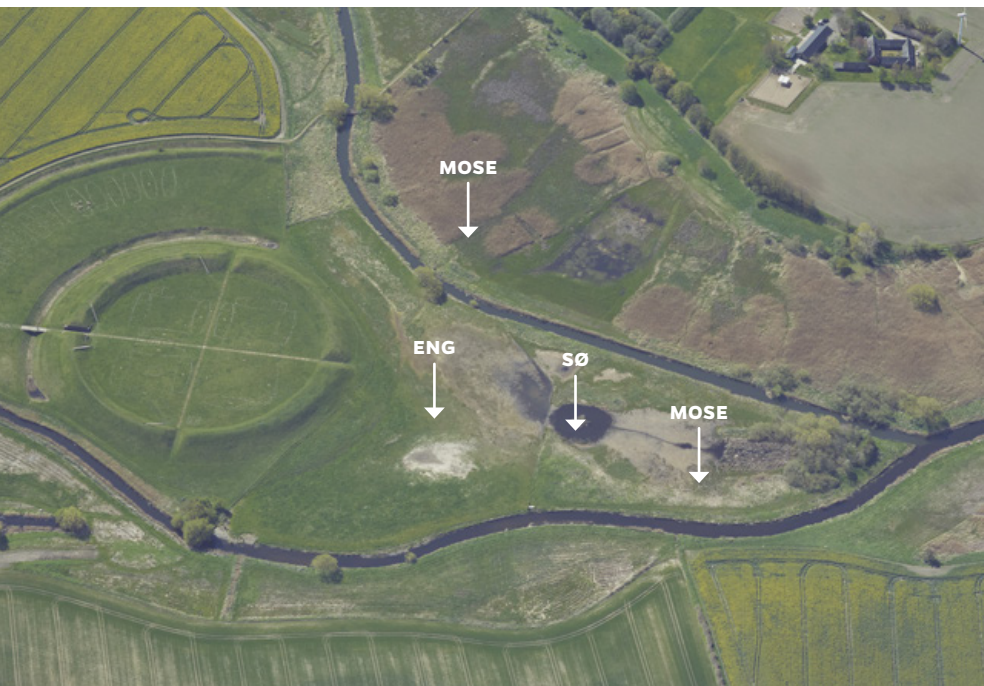


Adgangsbro over grav til port gennem vold

eret og belagt med træ.

Design og teknologier

Jordanlæg forstærket med palisader, dæk og tværstivere i træ. Alt tømmer, sten og



jord formodes at komme fra lokalområdet i en radius af ca. 4 km fra anlægget.

Hele anlægget er naturbeskyttet: De centrale voldanlæg overdrev, ned mod vandløbene ligger engarealer, søer og moser.



Kik over vådområde foran voldanlæg

CASESTUDIE

FÆSTNING

Kronborg, fra 1500-tallet

Placering i landskabet

Slottet ligger på Sjællands yderste spids, hvor Øresund er smallest – et strategisk vigtig sted - ved indsejlingen til Østersøen gennem Øresund. Slottet blev bygget på en sandtunge, der strækker sig ud i havet fra Sjællandskyst.

Kulturhistorie

Slottet bestod af en firkantet fæstningsmur. Fæstningsanlægget kan føres 600 år tilbage, og kunne sammen med Helsingborg Slot kontrollere indsejlingen.

Oprikelig fæstning fra 1500-tallet blev ændret til renæssanceslot med senere lodrette borgvæg i tegl) med tilføjelse af bastioner og kasematter. Senere tilføjelse af raveliner og voldgrave i 1600-tallet. En stor del af områdets bygninger er fredet.

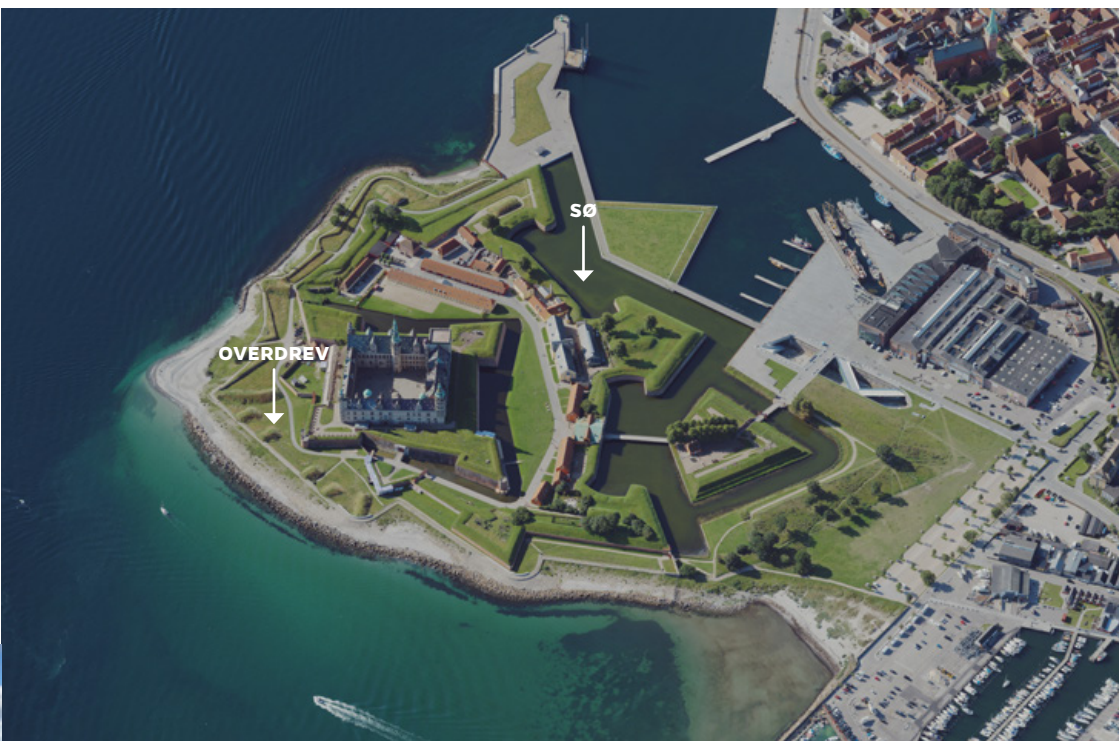
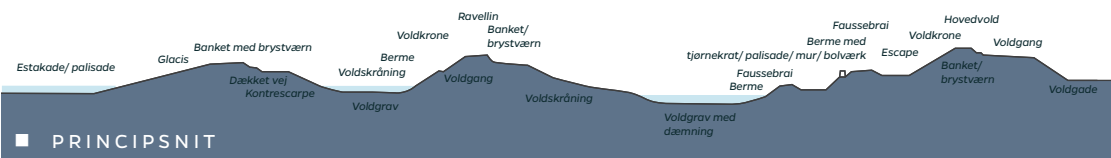
Flerdelet anlæg med renæssanceslot omgivet af slutværn i form af borgvæg og bastioner i tegl, adskilt fra jordkonstrueret landfront med voldgrav og flad stenbefæstet søfront som løber ud i den omgivne strand.



Teglbeklædt portåbning



Glacier mod Øresund



Over: Luftfoto af Kronborg (SDFE, 2021)
Højre: Historisk tegning af Kronborg (ukendt)





Udvikling af samfund og byer bygget op om fæstningsanlægget, søfart og handel/told. Kronborg er UNESCO-site.

Nedslag i anlæggets historie:

- » Efter Karl Gustav-krigene omkring 1660 genvandt Kronborg aldrig helt sin betydning som kongeslot, og blev i stigende grad anvendt og udbygget som fæstningsanlæg.
- » I 1785 ophørte slottet med at fungere som kongelig residens, og blev indrettet som kaserne og forsvarsanlæg.
- » Øresundstolden blev ophævet i 1857, hvorved Kronborg mistede størstedelen af sin militære betydning.
- » Militæret forlod slottet i 1923 og slottets areal i 1991.
- » Efter en grundig restaurering blev Kronborg åbnet for offentligheden i 1938.
- » Centralt for Kronborgs militære funktion var embedet/funktionen som Kronborgs kommandant (som blev oprettet i 1582). I dag ses lidt tilsvarende fx i det sønderjyske særligt udpegede personer, som fx digegreven der styrer dræningen af Tøndermarsken.

Design og teknologier

Udvikling af systemløsninger med en lang række virkemidler tilpasset teknologi, materialer og lokale forhold på stedet. Udbygget, ombygget og tilpasset over århundreder. I 1600-tallet blev fæstningsmuren suppleret med fire bastioner.

På grund af artilleriets forbedrede slagkraft var det dog yderligere nødvendigt at modernisere fæstningen. I 1570 blev de avancerede bastioner forlænget for at støtte fæstningsmuren. Herefter fik slottet sit nuværende navn Kronborg.

Den flade bagstrand foran glaciets er registreret, som naturbeskyttet overdrev og voldgravene som naturbeskyttede søer.

CASESTUDIE

FÆSTNING

Fredericia, fra år 1652

Placering i landskabet

Voldanlægget er anlagt som et cirkelslag om byen fra kyst til kyst, så byen beskyttes ved at der kun er en åbning mod havet mod syd, ellers adgang via 3 bevogtede porte. Placeret ved bælt med stærk strøm.

Kulturhistorie

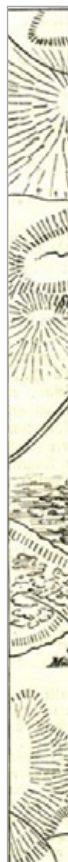
Fæstningsvolden er en af de største og mest velbevarede i Europa, og er etableret fra år 1652. Anlægget består af 9 landvendte og 10 søvendte bastioner, og bestod oprindeligt af glacis, dækket voldgade, skrænt foran voldgrav, forsiden af hovedvolden med forvold (faussebrai). Voldprofilen er ca. 150 meter bredt, og rejser sig henholdsvis 9 meter over voldgaden og 15 meter over voldgravens vandspejl. Der er anvendt ca. 1 mio. m³ jord til voldanlægget, som stammer fra jordgravene og bakkelandskabet i omegnen.

Anlægget fungerede som militært anlæg frem til år 1909, hvorefter kommunen kort efter køber anlægget. Volden blev fredet i år 1999 efter at der var fjernet strækninger i forbindelse med anlæg af jernbane og havn.

Design og teknologier

Geometrisk anlæg.

Volden har været friholdt for bevoksning bortset fra græs, etableret af græstørv fra omegnen fastgjort med træsom.



Landsoldatpladsen 1864



Fredericia fra vandsiden

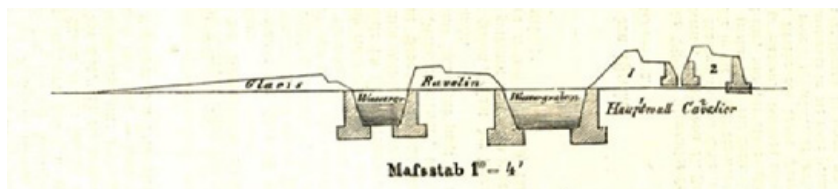


Prinsens port (fra 1864?)

Historiske tegninger
(ukendt)



Den uberørte naturlige kyst ved Trelde Næs mod nord, kan ses som eksempel på den oprindelige kyst ved Fredericia. Rettigheder: "Lerskred på sydsiden af Trelde Næs" af Nico dk (Wikipedia).



Ved anlæggelsen beplantet med tjørnen på bærmnen mellem den indre voldskråning og voldgraven.

Tjørnekrattet fungerede som pigtråd og blev placeret, så en fjende, der havde forceret voldgraven, først skulle igennem krattet for at komme videre op ad voldskråningen. Der var ansat en tornemester, som havde til opgave at flette tjørnegrenene sammen i et uigennemtrængeligt netværk og klippe tjørnene så de var stå ca. 1 m høje, så der fortsat var overblikket fra toppen af volden.

Hvidtjørn danner samtidigt et omfattende rodnet, som medvirker til at stabilisere jorden og forhindre erosion.

Voldgravene er naturbeskyttede søer.

Historiske tegninger (ukendt)



CASESTUDIE

FORSVARSLINJE

Ebeltoft, fra slutningen af 1600-tallet

Placering i landskabet

Tangdigerne er opført ca. 2 meter høje vigtige værn mod oversvømmelse af byens haver langs kysten ned mod Ebeltoft Vig.

Kulturhistorie

I takt med landvinding og udvikling af byen, især ved anlæg af jernbanen i 1901, mistede digerne deres praktiske betydning i starten af 1900-tallet. Tangdigerne har en vigtig kulturhistorisk betydning, og blev fredet i 1957.

Før tangpesten i 1930'erne var åregræsskove vidt udbredte langs de danske fjorde og østvendte kyster, og kunne føre til opskylning af husstore volde af tang, som var et vigtigt råstof til byggeri, salt, madrasser og diger. Opskyllet tang tilhørte den nærmeste kystgrundejer.

Tangdigerne er en turistattraktion, som dog med tiden er så nedbrudte og overgroede at de ikke fremstår meget tydeligt i byrummet. Der var oprindeligt ca. 1,1 km tangdiger, hvoraf ca. 500 meter er bevaret delt i to strækninger.

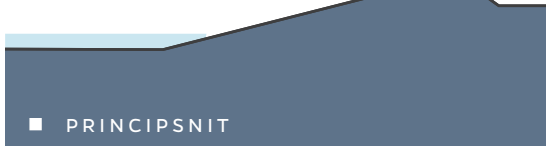
Design og teknologier

Tangdigerne er i Ebeltoft etableret med ålegræs og sand/grus (og teglbrokker) i skiftevis lag, som kunne suppleres løbende. Visse steder stabiliseret med nedrammede stokke/pæle på forsiden. Den friske tang lægges i lag på 60-70 cm, efterfølgende år tiltagende lidt tyndere lag, delt med med et tyndt lag groft strandgrus.

Nogle steder i landet var tangdigerne opført på toppen af stendiger (Drejø og Endelave) i en højde op til 3-4 meter. Andre steder (Fredericia) blev flettet et 1 m højt hegn/gærde af granris flettet mellem nedrammede pæle, som blev bagfyldt med frisk tang, som satte sig og blev en stabil del af diget.



Tangdige Bebyggelse



■ PRINCIPSNIT



Ebeltoft 2024



ge, Endelave

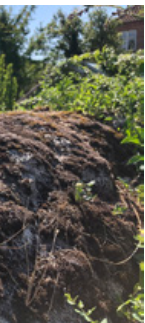


sselo



Tangdige langs kystvej i Ebletoft 1905

Historiske fotos (ukendt rettighedshaver)



Ebeltoft 1917

CASESTUDIE

FORSVARSLINJE Vestvolden, fra år 1858



Placering i landskabet

Vestvolden, Nordfronten og Søfronten er den nyeste del af Københavns ydre fæstning, etableret fra år 1858-1868, i en ydre ring med landfæstninger fra Køge Bugt til Utterslev Mose og Øresund.

Kulturhistorie

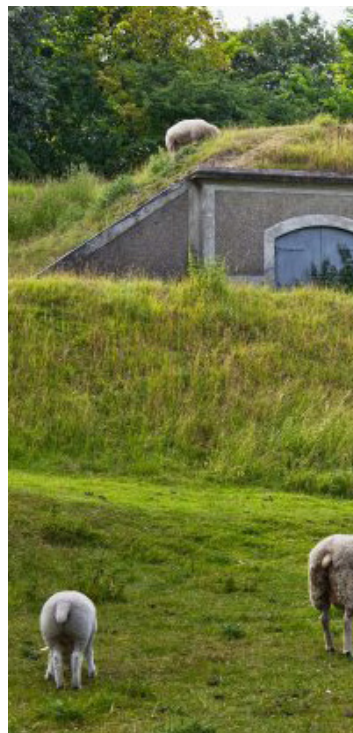
Den oprindelige befæstning om middelalderbyen fra omkring 1100-tallet, bestod af anlæg som det kendes fra Fredericia og Kronborg, med volde, ringmure og murede tårne. Med omdannelse og udvidelse med et cirkelslag med voldanlæg mod øst om Christianshavn i 1500- og 1600-tallet.

Fra midten af 1800-tallet til starten af det 20. århundrede blev forsvarsanlægget fornyet med ydre fæstningsanlæg med søfter, og landfæstning, som vi i dag kender som bl.a. Middelgrundsfortet, Vestvolden, Fortunfortet med flere. Samtidigt kunne den indre befæstning nedlægges, og delvist bruges til nye formål som fx. Tivoli.

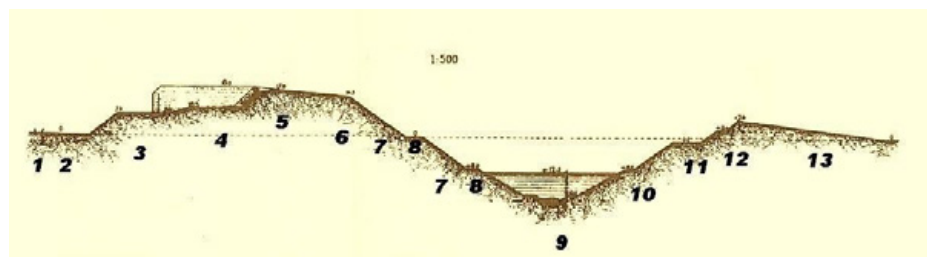
Design og teknologier

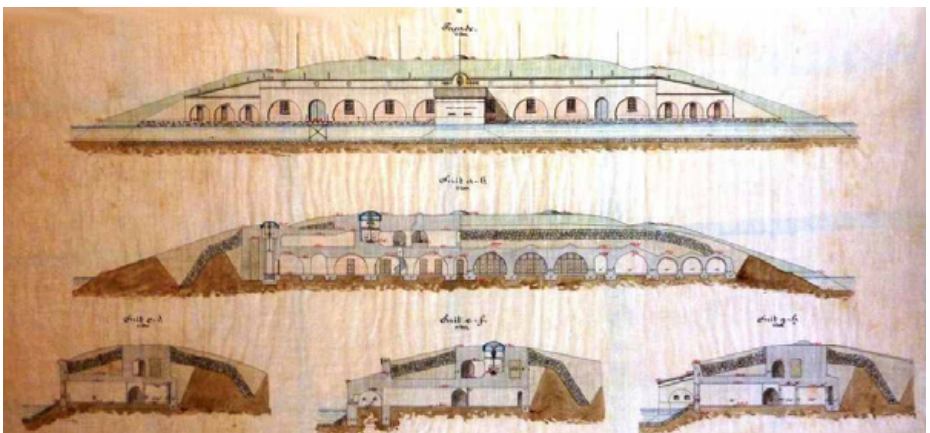
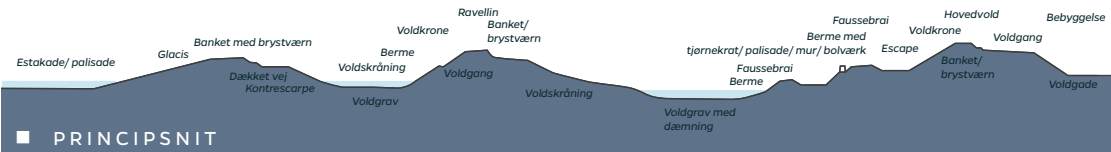
Kendte historiske teknologier som jordvolde, suppleret med betonkonstruktioner og oversvømmelsesområder (i dag naturbeskyttede søer, mose, eng og oevrdrev) især som del af Nordfronten.

Vestvoldens gennemgående voldgrav er naturbeskyttet sø.



Over: Poppel Batteri (ukendt rettighedshaver)
Højre, øverst og nedenfor:
Historiske tegninger (ukendt)





CASESTUDIE

FORSVARSLINJE North Cove, fra år 2016



Kunstig klit under opbygning

Placering i landskabet

Kyststrækning ligger på et sydvestvendt forland på Stillehavskysten ca. 200 km nordvest for Portland (Washington, USA), hvor der er en meget skrå primær bølgeindfaldsvinkel.

Kulturhistorie

Kysten var hurtigt eroderende, hvor der var gentagende ødelæggelser på huse og infrastruktur. Dette projekt er nyskabende og består af flere strategier, der sigter mod at reducere bølgepåvirkninger, mens der lægges naturligt forekommende naturmaterialer og forstærker den eksisterende kystlinje. Disse strategier bliver løbende tilpasset baseret på erfaringer, nye ideer og skiftende udviklinger af kysten.

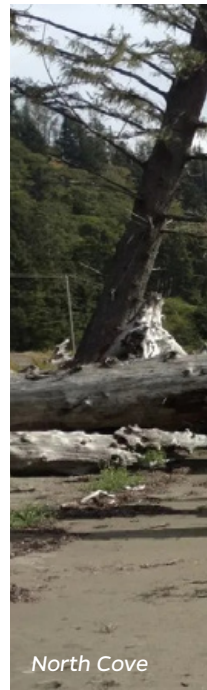
Fase 1 (2016) bestod af en begrænset test af dynamisk brolægning i et høje-nergiområde. Fase 2 (2017) udvidede denne test til flere sårbare steder. Fase 3 (2018) forbandt alle tests for at danne et 2 km beskyttelsesområde med forstærkninger og strandvold i kritiske zoner. Der er anvendt ca. 38.900 m³ blandede stenmaterialer svarende til ca. 19,5 m³ pr. løbende meter, suppleret med træstrukturer og beplantning.

Design og teknologier

Naturlige materialer, såsom sten, sand og store træ, giver en porøs overflade, der dynamisk absorberer bølgeenergi, i stedet for at aflede den til tilstødende områder, som typiske konstruktionstyper. Store depoter af sand og træ placeres på lavtliggende bredder for at skabe en strandvold, som reducerer skylning. Hjemmehørende vegetation såsom amerikansk klitgræs (*Leymus mollis*) hjælper med at forankre sedimenterne på stranden.

Bølgeenergi spreder stenene ud på stranden og væk fra deres oprindelige placering. Disse spredte brosten danner et beskyttende lag i tidevandszonen, hvilket reducerer erosion. Bevægelsen af dette materiale i kystnære strømme bliver sporet for bedre at forstå den langsgående sedimenttransport.

Denne viden vil give projektpartnere mulighed for mekanisk at placere materiale på strategiske steder, så det bliver naturligt fordelt til de områder af kystlinjen, hvor der er mest brug for det.



North Cove

Fotos (ukendt)





(ukendt)

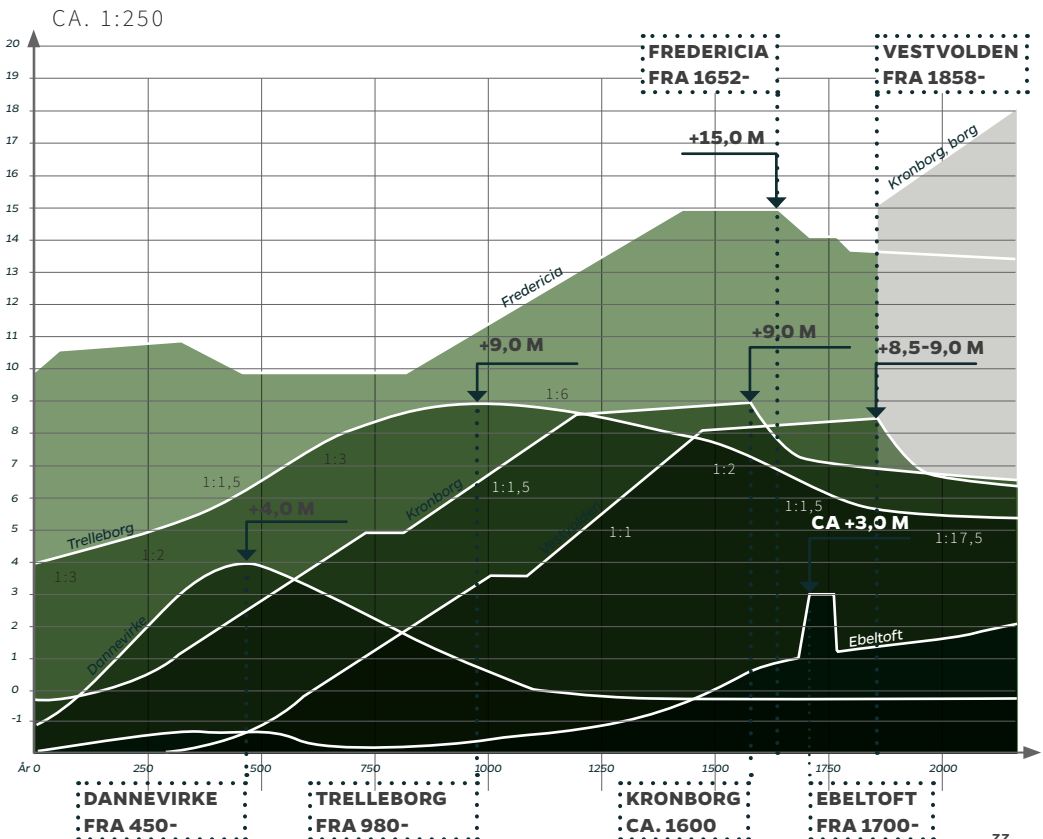
KULTURHISTORISK RÆSONNEMENT

- FORSVARS-, KLIMA- OG NATURANLÆG

Traditionelt analyserer vi de enkelte funktionskrav hver for sig. Ved at analysere på tværs af beskyttede danske naturtyper, kulturhistoriske anlægstyper og kyst-sikringsteknologier viser der sig et meget tydeligt slægtskab.

Sat overfor hinanden og sammenlignet på tværs af historien bliver det tydeligt, hvordan der "arves" arbejdsmetoder, konstruktioner, materialer og formsprog på tværs af funktion. At det mere er "tidens" tilgang til opgaverne, som afspejler løsningerne, end egentlig den funktionelle eller bredere helhedsorienterede tilgang.

Nedenfor og på de følgende sider er profilerne stillet op sammen.



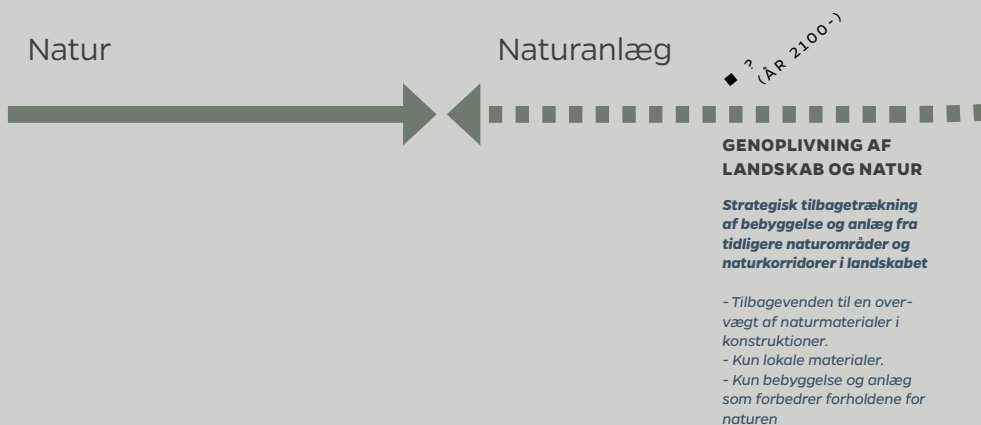
KULTURHISTORISK RÆSONNEMENT

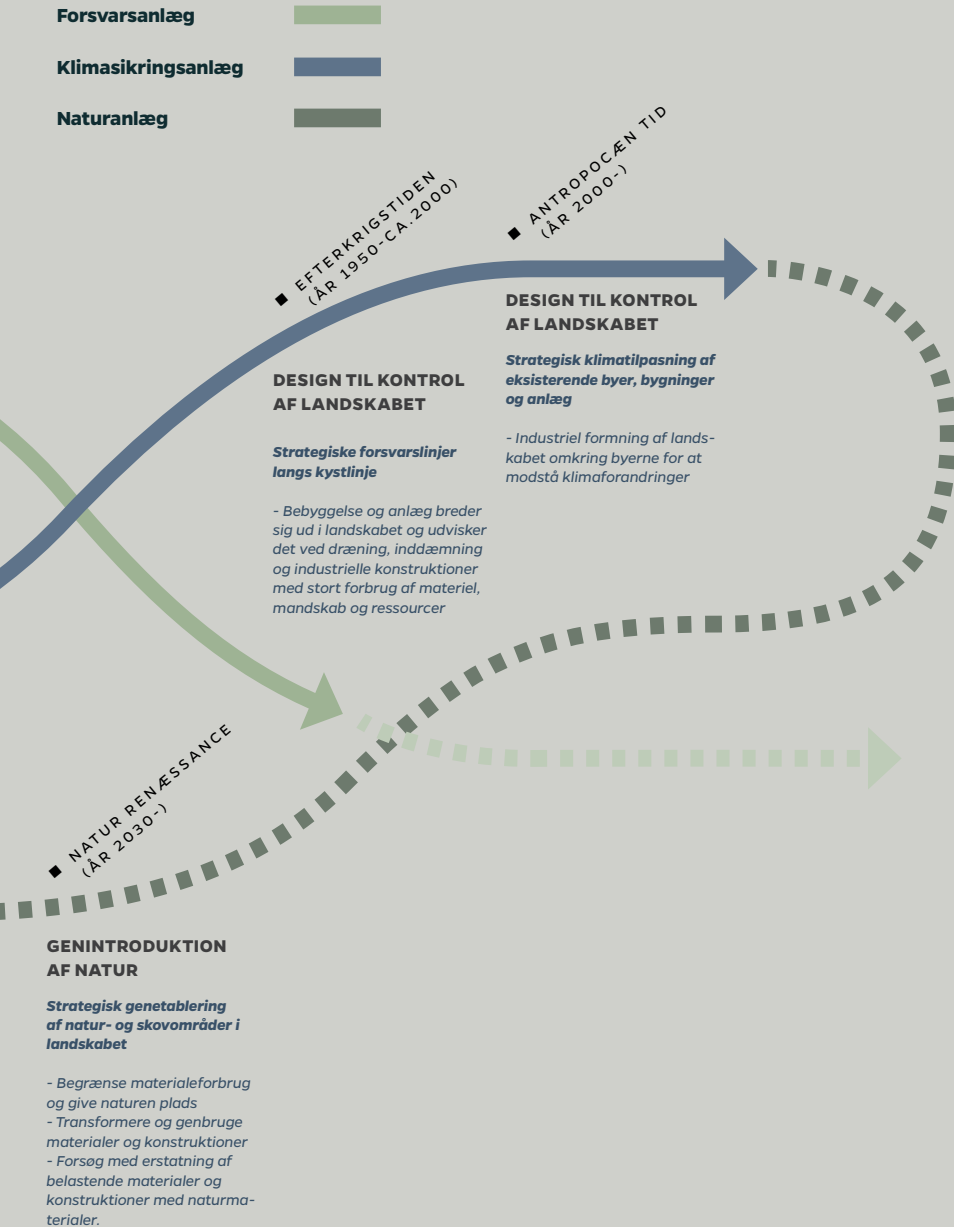
FORSVAR-, KLIMA- OG NATURANLÆG

Kulturhistoriske forsvarsanlæg



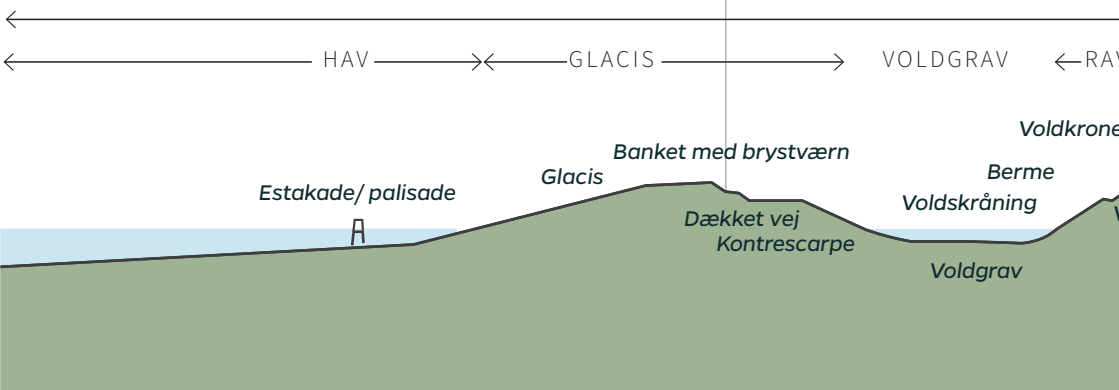
Klimasikringsanlæg



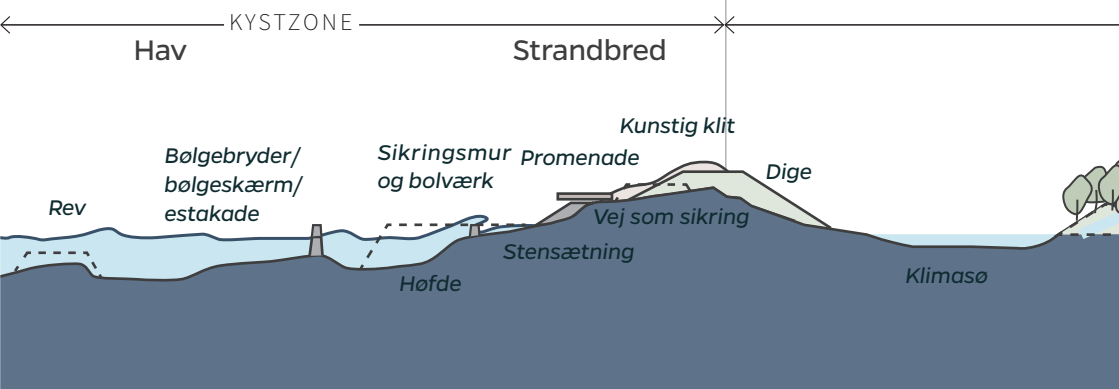


KYSTPROFILER

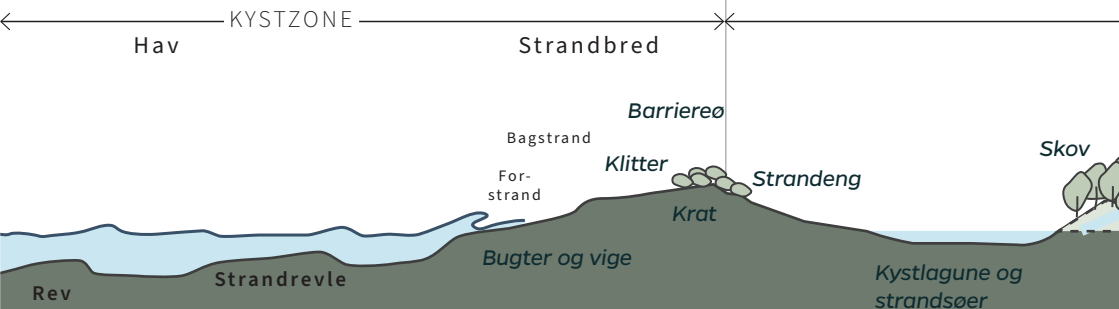
Kulturhistoriske anlæg

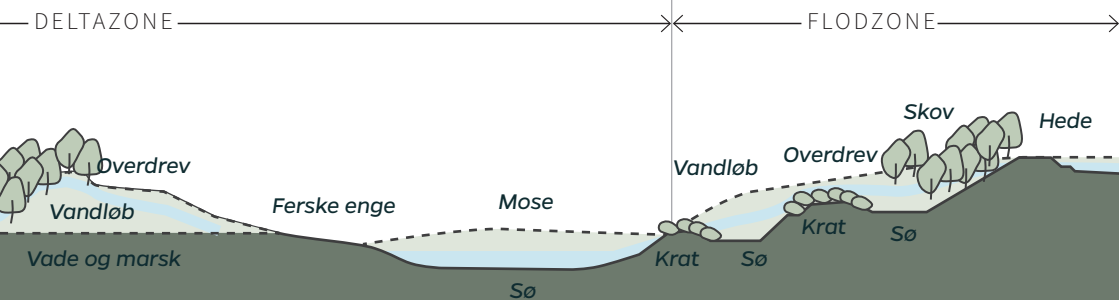
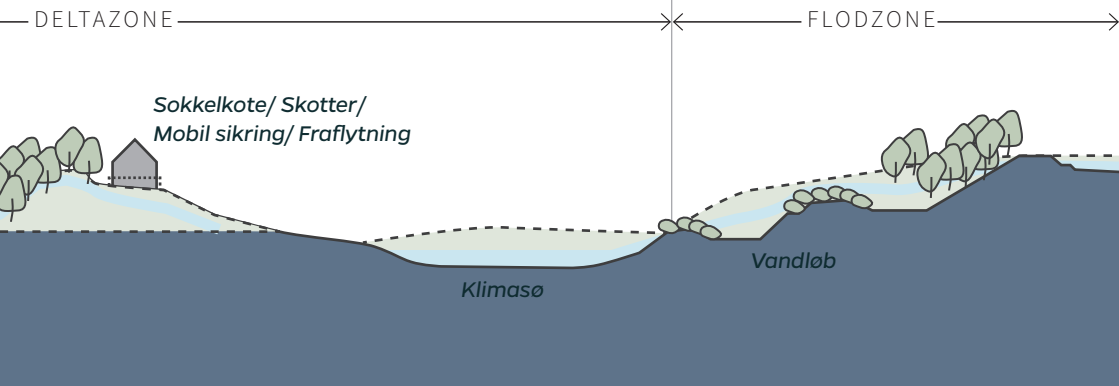
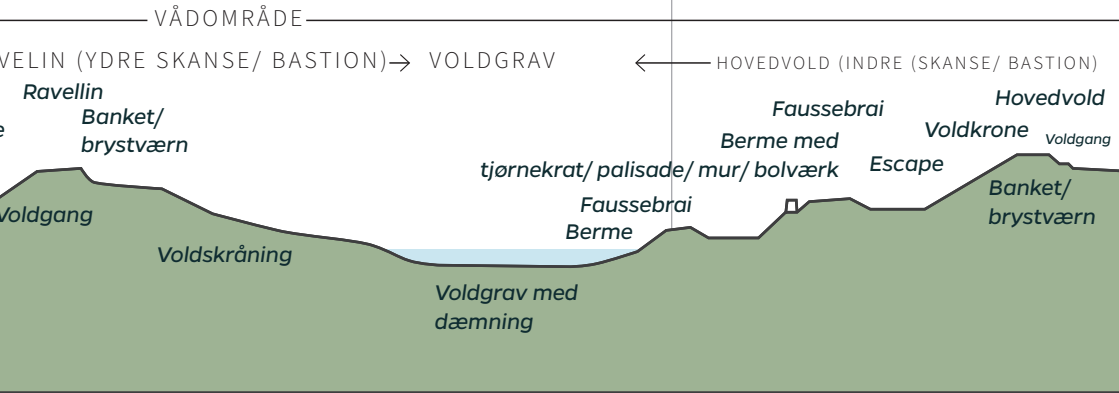


Klimasikringsanlæg



Natur

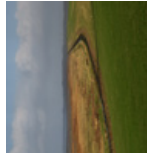




BILAG I: KLIMASIKRINGSANLÆG

Dige					
Jord og græs					
Tre og plantedele					
Sten, beton, metal m.v.					

Dige



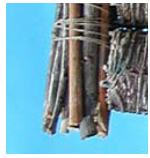
Pilefaskiner



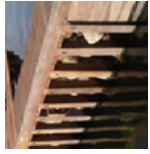
Pilehegn



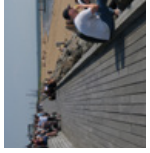
Estakade *



Bolværk *



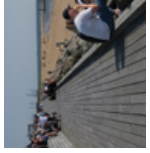
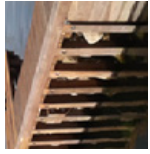
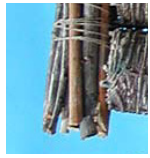
Promenade



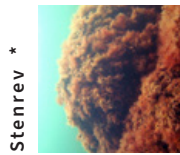
Kunstig klit *



Stenrev *



Bølgebryder og hofde



Glacis og stensætning



Skot *



Sikringsmur



Bølgeskærm *



Dæmning og vej



Sokkelkote



Hav

KYSTZONE

Strandbred

DELTAZONE

FLODZONE

Rev
Bølgebryder/
bølgeskærm/
estakade

Sikringsmur Promenade
og bolværk

Kunstig klit

Dige

Vej som sikring

Stensætning

Hofde

Klimasø

Klimasø

Sokkelkote/ Skotter/
Mobil sikring/ Fraflytning

Vandløb

Klimasø

Klimasø

Klimasø

Klimasø

Klimasø

Klimasø



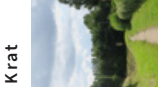
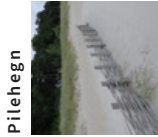
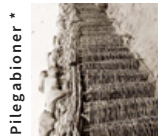
BILAG II: KULTURHISTORISKE ANLÆG

Jordanlæg med forstærkning	Tre og plantedele	Jord og græs
-------------------------------	-------------------	--------------

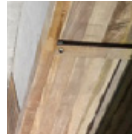
Tangdige Tørvedige * Dige Stendige



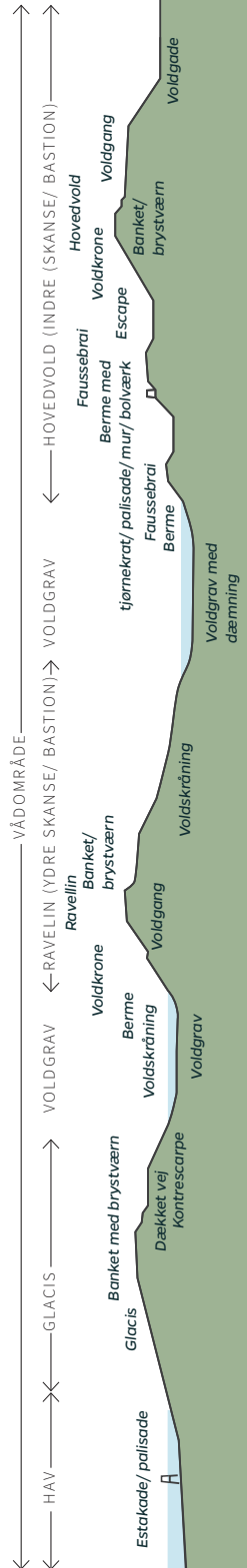
Stendige



Bolværk og
stenkiste *

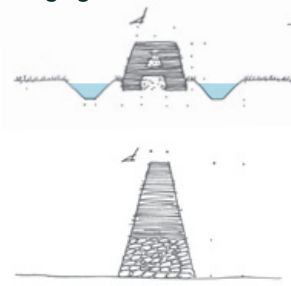
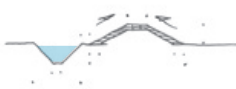
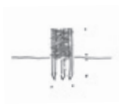


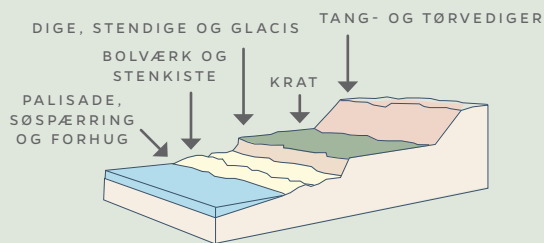
Stenspærring
og brolægning



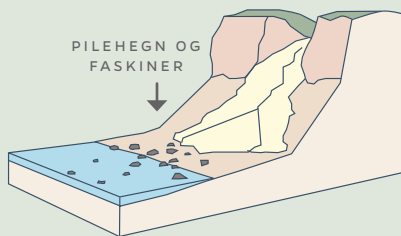
Kulturhistorisk teknologi	Tørvediger	Kystteknisk virkemåde	Jordarter og materialer	Hydrologi	Kulturhistorisk reference	Evt. tiltag for at skabe teknologi. (Hældninger, pladsforbrug)	Historisk anvendelse (holdbarhed, anlæg og drift)
		Modvirker oversvømmelse.	Muld og græs	Kun sjældent bølge eksponeret	Almindelig etableret i 1800-tallet	Hældning: Lodret, med lille smig. Plads: Lille.	Adskille haver fra strandene evt. med kreaturer. Markering af hegn og skel. Værn mod oversvømmelse.
	Dige (jord- og stendige)	Modvirker oversvømmelse. Kan forstærkes mod bølger.	Muld, digeler, sand og digegræs. Evt. sten, træ eller mure.	Kun sjældent bølge eksponeret	Almindelig etableret fra 1800-tallet	Hældning 1:3 - 1:20. Mellem.	Markering af hegn og skel. Værn mod oversvømmelse.
	Tangdiger	Modvirker oversvømmelse.	Tang og sand	Ikke bølge eksponeret	Almindelig etableret fra sidst i 1600-tallet	Hældning: Lodret /svag hældning. Plads: Lille.	Adskille haver fra strandene evt. med kreaturer. Markering af hegn og skel. Værn mod oversvømmelse.
Jord og græs	Pilegabioner (fra italiensk gabbione)	Begrænset effekt.	Pil og reb. Flydt med sten, klipper eller jord.	Kun sjældent bølge eksponeret		Hældning: Lodret i form af cylindriske flettede konstruktioner. Plads: Lille.	Befæstning. Standsning af militær fremrykning. Erosionskontrol. Fleksible og effektive til at absorbere påvirkninger.
	Pilefaskiner	Modvirker erosion. Fanger sand i vand / bølger	Pil og reb.	Bølgeeksponeret		Hældning: Lodret. Plads: Lille.	Adskillelse mellem infrastruktur og hav. Erosionsdæmpning og landvinding.
	Grannis / pilehegn	Modvirker erosion. Fanger sand i vinden.	Grannis. Pil.	Kun sjældent bølge eksponeret	Almindelig etableret fra starten af 1900-tallet	Hældning: Lodret. Plads: Lille.	Adskille haver fra marker eller åbent landskab. Som erosionsdæmpning.
	Palisade og soppærning	Modvirker oversvømmelse.	Træ	Bølgeeksponeret	Almindelig etableret fra 900-tallet	Hældning: Lodret. Plads: Lille.	Befæstning. Standsning af militær fremrykning. Markering af hegn og skel. Bølgebrydning. Erosionsdæmpning.
Træ og plantedele	Bolværk og stenkiste	Modvirker oversvømmelse.	Træ eller kombineret sten, træ og jord	Bølgeeksponeret		Hældning: Lodret /svag hældning. Plads: Lille.	Befæstning. Militær skydestilling. Indfatning ved havne. Erosionsdæmpning og værn mod oversvømmelse.
	Forhug	Modvirker erosion.	Hele træer.	Kun sjældent bølge eksponeret		Plads: Mellem.	Befæstning. Standsning af militær fremrykning.
	Banket skanse, bastion, vold, dæmning, glacis	Modvirker oversvømmelse. Kan forstærkes mod bølger.	Muld, digeler, sand og digegræs. Evt. sten, træ eller mure.	Kun sjældent bølge eksponeret	Etableret som forsvarsværk fra 1600 til starten af 1900-tallet	Hældning 1:1,5 - 1:20. Plads: Mellem til stor.	Befæstning. Standsning af militær fremrykning.
	Oversvømmelse, voldgrav	Magasinere vand (oversvømmelse / skybrud)	Afgravning.	Ikke bølge eksponeret	Etableret som forsvarsværk fra 1600 til starten af 1900-tallet	Hældning 1:1,5 - 1:20. Plads: Mellem til stor.	Befæstning. Standsning af militær fremrykning.
Jordanlæg med forstærkning							

TVÆRSNIT AF KULTURHISTORISKE ANLÆG

Jord og græs	<i>Tangdiger</i>  ■ MOD OVERSVØMMELSE (HØJVANDE, IKKE BØLGER)	<i>Tørvediger</i>  ■ MOD OVERSVØMMELSE (HØJVANDE, IKKE BØLGER)	
Træ og plantedele	<i>Pilegabioner</i>  ■ BØLGEDÆMPNING (BEGRÆNSET EFFEKT)	<i>Pilehegn</i>  ■ MOD EROSION (SAND I VIND)	<i>Faskiner</i>  ■ MOD EROSION (SAND I VIND OG VAND)
Jordanlæg med forstærkning	<i>Glacis</i>  ■ MOD EROSION		



■ FLADKYST MED BEGRÆNSET KYSTDYNAMIK
(FÅ EKSTREME PÅVIRKNINGER)



■ STEJLKYST MED STOR KYSTDYNAMIK
(KRAFTIGE, ALMINDELIGE PÅVIRKNINGER)

Dige



■ MOD OVERSVØMMELSE
(KUN SJÆLDNE BØLGER)

Stendige



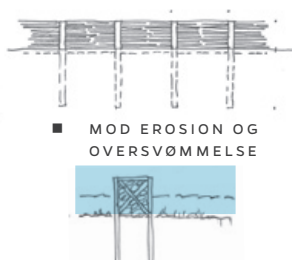
■ MOD OVERSVØMMELSE
(KUN SJÆLDNE BØLGER)

Krat



■ MOD EROSION

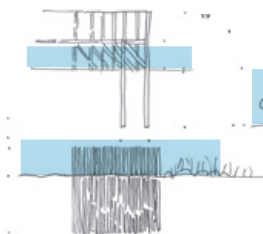
Bolværk og stenkiste



■ MOD EROSION OG
OVERSVØMMELSE

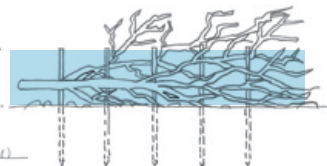
■ BØLGEDÆMPNING

Palisade og søspærring



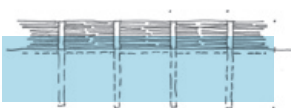
■ BØLGEDÆMPNING

Forhug



■ BØLGEDÆMPNING

Dæmning



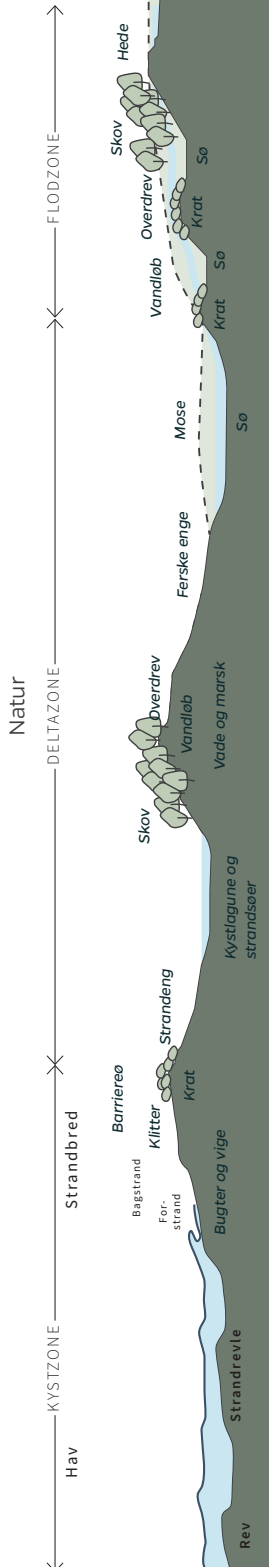
■ MOD OVERSVØMMELSE

Mål ca. 1:400

BILAG III: NATURTYPER

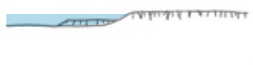
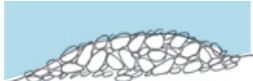
Kyst	Strand (deltaområder)	Land (flodlandskab)
------	-----------------------	---------------------

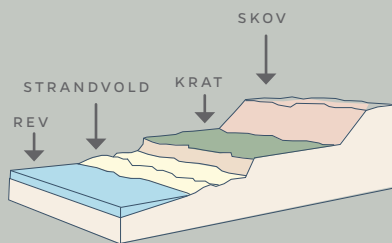
Hede * 	Skov 	Vandløb 	Sø *
Overdrev * 	Vade og marsk * 	Strandeng * 	Mose *
Rev * 	Bugter og vige * 	Strandvold 	Klitter
Kystlagune og strand søer 			



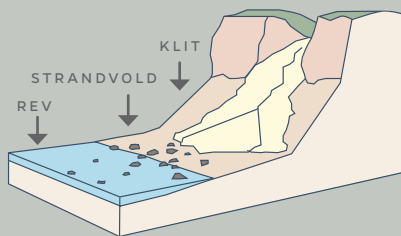
Naturtype	Plantesamfund	Jordarter og hydrologi	Hydrologi og salinitet	Evt. tiltag for at skabe naturtypen	Tidshorisont for naturværdi efter etablering
Land (flodlandskab)	Hede	Klokkelyng, (buske)	Tørt	Udpining af jord, rydning af vækster /biomasse, genopretning af hydrologi, udsåning/plantning, græsning.	30- 50 år*
	Skov	Bøg, Eg, Kristorn, El og Ask	Vådt / tørt		30- 50 år**
Land	Vandløb	Etårige urter	Vådt/ fersk	Genskabelse af brinker min 1.1.5, bredzone (5m) og randzone (9m). Min. dybde 1.5 m.	Over 3 år*
	So	Amfibiske planter, Lobelle, Vandaks	Vådt/ fersk	Udgravning eller genskabelse	Over 5 år*
Strand (deltazone)	Mose	Næbfro, Soldug, Ulvefod	Vådt/ fersk	Sikring af rette jordbundsforhold, udpining, rydning af vækster, genskabelse af hydrologi, sikring af rette vandstand. Aflobsfri sø.	30- 50 år*
	Ferske enge	Blåtop	Vådt/ fersk	Sikring af rette topografi og sammenhæng med ferskvand, udpining af jord og rydning af vækster.	20- 50 år*
Kyst	Krat	Ene	Vådt / tørt		20- 50 år**
	Kystlagune og strand-søer	Tagror, Vandstjerne, Dunhammer, Kogleaks, Vandaks	Vådt/ salt		30- 50 år**
Kyst	Overdrev	Orkide, Urter	Tørt/ fersk	Sikring af rette topografi og sammenhæng med ferskvand, udpining af jord og rydning af vækster.	30- 50 år*
	Vade og marsk	Græsser, kveller	Vådt/ salt	Sikring af rette topografi og sammenhæng med hav (overskyl 1-100 gange på 10 år), udpining af jord og rydning af vækster	30- 50 år**
Kyst	Strandeng	Urter	Vådt/ salt	Sikring af rette topografi og sammenhæng med hav (overskyl 1-100 gange på 10 år), udpining af jord og rydning af vækster.	30- 50 år*
	Bugter og vige	Ålegræs	Vådt/ salt	Kyst med sedimenttransport	20- 50 år**
Kyst	Klitter	Revling, Lyng, Sandskæg, Urter, Ene, Havtorn, Gråris, Henebær	Vådt/ salt	Kyst med transport af sediment med vand og vind.	Over 5 år**
	Strandvold	Marehalm, Hjelme	Vådt/ salt	Kyst med sedimenttransport.	Over 3 år**
Kyst	Rev	Tang	Vådt/ salt	Kyst med sedimenttransport.	Over 3 år**
* Note 1: Miljøstyrelsen (2018); Katalog over omkostninger ved etablering af erstatningsnatur. ** Note 2: Egen vurdering					

TVÆRSNIT AF NATURTYPER

Kyst	Strand (deltaområder)	Land (flodlandskab)	Hede	Skov	Vandløb
			 ■ TØR, NÆRINGSFATTIG SANDET JORDBUND Mål ca. 1:400	 ■ TØR OG VÅD JORDBUND MED FORSKELLIG GEO- LOGI	 ■ VÅDT FERSKVANDSMILJØ Mål ca. 1:400
			Overdrev	Vade og marsk	Strandeng
Kyst	Strand (deltaområder)	Land (flodlandskab)	 ■ TØR. KALKRIG SANDBUND / SUR SANDBUND Mål ca. 1:400	 ■ VÅDT, SALT MILJØ. SAND / MUDDER	 ■ VÅDT, SALT MILJØ. SAND / MUDDER
			Rev	Bugter og vige	Strandvold
			 ■ VÅDT, SALT MILJØ. STEN / RAL Mål ca. 1:400	 ■ VÅDT, SALT MILJØ. SAND / MUDDER	 ■ VÅDT, SALT MILJØ. STEN / RAL / SAND



- FLADKYST MED BEGRÆNSET KYSTDYNAMIK (FÅ, EKSTREME PÅVIRKNINGER)



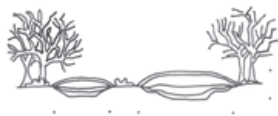
- STEJLKYST MED STOR KYSTDYNAMIK (KRAFTIGE, ALMINDELIGE PÅVIRKNINGER)

Sø



- VÅDT FERSKVANDSMILJØ

Mose



- VÅDT FERSKVANDS-MILJØ. KALK

Ferske enge



- VÅDT FERSKVANDS-MILJØ. MAGER JORD. KALK.

Mål ca. 1:400

Krat



- TØR / VÅDT. KALKRIG SANDBUND / SUR SANDBUND

Mål ca. 1:400

Kystlagune og strand søer



- VÅDT, SALT MILJØ. SAND / SLAM / MUDDER

Klitter



- VÅDT, SALT MILJØ. SAND

Mål ca. 1:2.000

CENTRALE KONKLUSIONER

Nutiden sætter teknik over helhed

- » Tendens i nutiden til at vægte teknisk dimensionering med lille fokus på natur, landskab og kulturværdier vil sædvanligvis give anlæg med ringe æstetisk værdi, især i takt med at anlæggene har brug for at være større. En valgt sikringsstrategi fører erfaringsmæssigt til løbende forhøjelse og forstærkning efter sammen designparadigme.

Bebyggelse og klimasikring med lang holdbarhed

- » Nybygning og transformation af bygninger og anlæg, så de er klimarobuste i en lang tidshorisont. Udvikling af systemløsninger til klimasikring, der integreret i landskabet og byernes liv, og styrker den lokale natur, og understøtter en gradvis, integreret klimasikring i takt med klimaforandringer.

Naturorienteret praksis ved kystskyttelse

- » I vores arbejde med kystbeskyttelse må der ikke være en modsætning mellem æstetik, god funktion, bæredygtige helhedsløsninger og en styrkelse af naturen. Naturen selv har en tilpasningsevne, hvor fx løbende sedimentation delvist kan kompensere for forandringer og hævet vandstand i danske naturtyper som marsk, klitter, overdrev, moser og strandenge.

Historien som ideal - helhedsløsninger

- » Historiske eksempler viser hvordan æstetik, anvendelse af lokale materialer og sikringsværdi kan forenes i helstøbte anlæg - både de spektakulære, storslåede anlæg og lavmælte som tangdigerne ved Ebeltoft. Eksempelvis som konsekvens af hvad man i dag ville betragte som en overdimensionering, som giver et større råderum for velbegrundede, æstetiske valg.

Historiske anlæg med lavere risiko

- » De viser sig, at de historiske forsvarsanlæg for manges vedkommende rummer "greb", som kan løse nogle af de sårbarheder, der findes i de nutidige kystbeskyttelsesplaner: Der er indarbejdet dobbelte, eller flerdobbelte sikringslinjer, som nedbringer risikoen. Det giver samtidigt som en sideeffekt plads til udvikling af natur i anlægget.

Anbefaling 1: I langsigtede strategier for kystbeskyttelse, bør æstetiske valg og dobbelte sikringslinjer, der øger sikkerheden og giver plads til natur, være en naturlig del af projekteringen.

"Porøse teknologier" kan sameksistere i pagt med naturen

- » Teknologier, som i højere grad er bygget op om lokale materialer og dermed lettere at fornye og reparere. Lokale materialer, der genintroducerer "porøse" konstruktioner, som giver basis for udvikling af plante- og dyreliv.

Her nedenfor to eksempler på "porøse teknologier" og tilgange:

Kystbeskyttelse baseret på forskel i naturlige påvirkninger

- » Der er stor naturlig forskel på den almindelige påvirkning af de vestvendte (Vestkysten) og den lejlighedsvis påvirkninger på østvendte kyster, og deres tilsvarende forskellige geologi. Det bør afspejle sig tydeligere i valget af løsningstyper og levetid.

På de vestvendte kyster er der overvægt af sandede, magre jordtyper med stor bevægelighed og kraftige løbende påvirkninger fra vand og vind. De østvendte kyster har lerede og grovere jordtyper, som kan være komprimeret til større lejringstæthed (udkvælning af vand), dermed være mindre bevægelige ved påvirkninger fra vand og vind. Især vand- og kalkindhold påvirker bevægeligheden.

Anbefaling 2: Der bør laves målrettede forsøg med om eksempelvis, anvendelse af komprimeret leret grus evt. forstærket med kalk eller armeret med tang, kan være modstandsdygtig i lejlighedsvis, lang nok tid til at være en reel metode til stormflodssikring på østvendte kyster.

Biogene materialer i kystbeskyttelsen

- » Konstruktioner af træ er i de senere årtier blevet problematiserede som del af kystbeskyttelsesplanlægning, på grund af deres forgængelighed. Det er et at vi eftersøger løsninger, som kan reducere transport af materialer og som har bedre egenskaber i forhold til natur- og oplevelsesværdi.

Anbefaling 3: Det bør overvejes, inspireret af historien, at teste for eksempel forhug og søspærringers effekt som bølgebrydere, samt redesignede tangdiger og bolværker som oversvømmelsesbeskyttelse.



EVA SARA
KEHLET
RASMUSSEN

INDEHAVER
& ARKITEKT,
MAA, MDL,
NATOUR APS

Dette projekt er delvist finansieret af projektstøtte fra Statens Kunstfond, 2024.

Kilder

- » Sven-Ingvar Andersson: Bygninger og landskab - Spredte tanker om at ligge smukt i landskabet (2002)
- » Hans Krongaard Kristensen og Bjørn Poulsen: Danmarks byer i middelalderen
- » Red. Palle Bolten Jagd: Danske forsvarsanlæg i 5000 år (1986)
- » Peter Aakjær & Erik Buch: Stormfloden 1872 - da Østersøen druknede Danmark (2022)
- » Tom Wismann: Københavns befæstning Vestfronten (2003)
- » Lars Erik Bethge & Nis Hardt: Danevirke - Danmarks fødselsattest og verdens kulturarv (2022)
- » Red. Thomas Roland: Bolværker - fra middelalderen og nyere tid (2005)
- » Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen: Guide til Københavns Befæstning. 900 års befæstningshistorie (1996)
- » Eva Sara Kehlet Rasmussen: Kystsikring og kystudvikling i Danmark (2019)
- » Råstofinitiativet, 2024.
- » Miljøministeriet, Kystdirektoratet: Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København, Arbejdsgruppe Sikringsniveauer (2024)
- » Foredrag i Vej- og Byplanforeningen af Bent Thagesen, Statens Vejlaboratorium: Komprimering af jord (1964)

