

til senere brug

et stendepot på Prøvestenen syd

Panuela Aasted

til senere brug

et stendepot på Prøvestenen syd

Forår 2021

Afgangsprogram

Studie nr. 150430

Vejleder: Høgni Hansen

Kunst & Arkitektur

Institut for Bygningskunst og Kultur



Det Kongelige Danske Kunstakademis Skoler
for Arkitektur, Design og Konservering



spor af indhegning, Provestenen

Indhold

<i>afsæt</i>	s. 4
<i>projekt</i>	s. 6
<i>fokus</i>	s. 8
<i>sted</i>	s. 10
<i>prøvestenen</i>	s. 14
<i>energilagring</i>	s. 18
<i>anlæg og felt</i>	s. 20
<i>artificielle landskaber</i>	s. 22
<i>metode</i>	s. 26
<i>program</i>	s. 28
<i>aflevering</i>	s. 30
<i>kilder</i>	s. 32

**prøvesten;**

substantiv, bøjning, -en

et middel, hvormed noget afprøves.

sten hvorpå man tester renhed af sølv og guld. Oversat fra tysk; probierstein, første led i betydningen *bevise*, sten anvendt til at vise guld eller sølvs lodighed. Teknik anvendt siden oldtiden. Kan opbevares i en beholder.

synonym: test, prøve, eksperiment, undersøgelse, efterprøvelse, testning, afprøvning, forprøve.

'Verden, ikke længere som en rejse vi stadig må fortsætte, ikke som et endeløst forløb, en udfordring som vi bestandig må løfte. Hverken som en illusion eller som en erobring, men som en genforening med en mening, oplevelsen af den jordiske skrift, af en geografi som vi havde glemt, at vi selv er forfatterne til'

- Georges Perec, 1975

Afsæt

Mennesket har længe sat sig selv i forhold til naturen, og ikke ladet sig forstå som del af samme. For at løse jordens klimatiske krise, må mennesket komme til en erkendelse af sin egen eksistens i samhørighed med naturen og dennes iboende ressourcer. Naturen er ikke et distanceret landskab, men i direkte forbindelse med den moderne verden og konsekvenserne heraf.¹

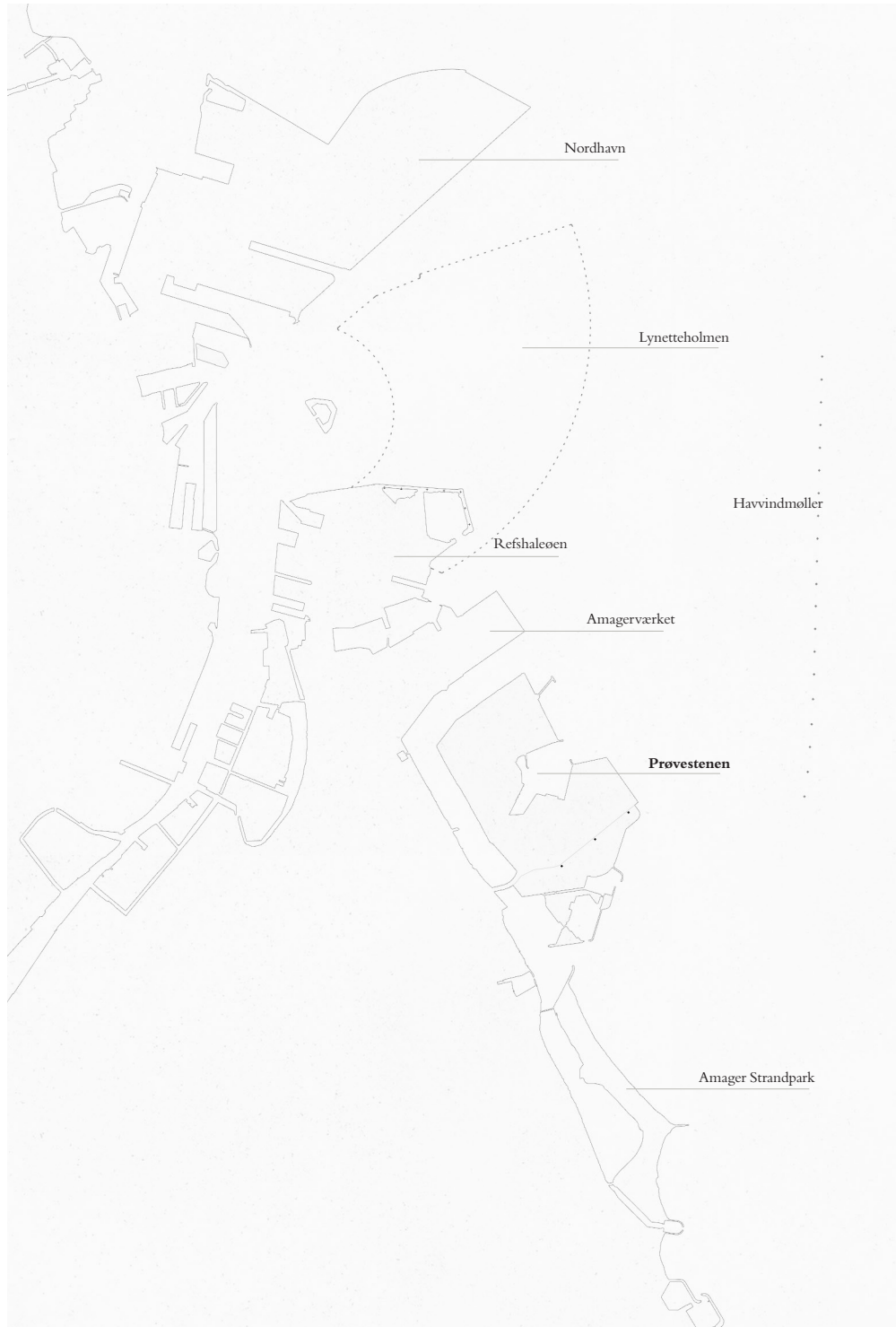
Prøvestensøen på Amager ligger sig i relation til dette natursyn. Hele øen er kunstigt anlagt og melder sig som en usentimental natur af tung industri. I takt med et fornyet potentiale for Københavns kystlinje, er Amagers østkyst blevet del af en større urban fortælling og brik for politiske agendaer. Prøvestensøens industri forventes ikke afviklet i nær fremtid, men ved en langsigtet omlægning af primære energikilder formodes øens nuværende karakter og funktion at svinde.

København har en målsætning om at blive verdens første CO₂ neutrale hovedstad i 2025, og anvendelse af grøn energi er en væsentlig faktor i dette.² For at vedvarende energikilder kan fungere som pålidelig ressource, må der findes måder, hvorpå den indhentede energi kan opmagasineres til senere brug. Termisk energilagring i sten er en mulig løsning på denne problematik, og et emne der forskes i med stor interesse.

Mit afgangprojekt vil tage afsæt i tanken om en fornyet forening af menneske, en fælles jord og håndteringen herimellem.

1. Timothy Morton, 2009

2. Københavns Kommune 2012



Projekt

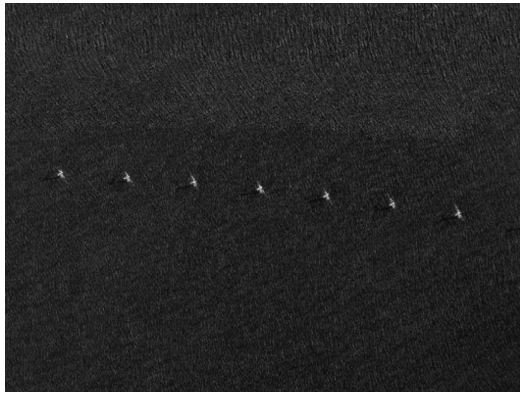
Projektet vil bestå af et anlæg på Prøvestenens sydlige del. Anlægget skal indeholde stendepoter til lagring af overskudsenergi fra stedets omkringliggende vindmøller. Dertil vil der indgå faciliteter til forskning i og formidling af grøn energilagring, samt steder til ophold for områdets besøgende.

Depoterne vil være delvist nedegravede og anlægget være tilgængeligt i en sådan grad, at områdets nuværende funktion som rekreativt udflugtsmål bevares.

Energilagring i sten er et forskningsfelt ved DTU Energi. Depotets første prototype i 1:10 er afprøvet og resultaterne har givet anlæg for en videre opskalering. Mit projekt vil udgå fra et tænkt scenarie, hvori lagringsmetoden antages som vedtaget, og Prøvestenens sydlige areal er valgt til testområde for en anlæggelse i fuld skala. Da metoden er under udvikling, vil projektets tekniske grundlag være baseret på nuværende antagelser på området.

En fremtidig tanke for hele Prøvestenen som naturområde og energiforsynende ø vil indgå som en perspektiverende del af projektet.

Projektet imødekommer FNs verdensmål nr. 7: bæredygtig energi, nr. 12: ansvarligt forbrug og produktion og nr. 13: klima indsats.



vindmøller i Øresund

Fokus

Projektet vil trække på globale problemstillinger og fokus ligge i måden hvorpå disse kan integreres i en lokal kompleksitet. At lade anlægget være offentlig tilgængeligt og indarbejdet som del af et større sted, stiller spørgsmål til hvad et sådan type anlæg kan og skal betyde. Anlægget faciliterer en kollektiv forsyning, så placering og forståelsen heraf har indflydelse på byen i et tidligt perspektiv.

Produktion er ikke længere noget mennesket skal skjermes fra, men må indgå som tegn på egen omgang med jorden. Jeg vil undersøge, hvordan denne type af anlæg kan kvalificeres i en landskabelig kontekst og danne grundlag for fremtidig ageren og forankring for et sted. Københavns åbne træk langs havet er vigtige at bevare som fælles kvalitet for byen, og projektet vil undersøge hvordan en *definerende* arkitektur kan virke fordrende for en fremtidig udvikling af Prøvestenen, uden at stedets regelløshed og uprogrammerede rum vil gå tabt.

Med udgangspunkt i anlæggets lagringsenheder som et arkitektonisk potentiale forud for en teknisk kunnen, vil opgaven bero på en afsøgning af enhederne som markører. Dette vil lægge til grund for udformningen af anlæggets resterende bygningsdele og relationen mellem del og felt. Sittets konstruerede landskab anskues som formbart element med tanke på udgravning og oplagring.



vindmøller langs jordvolden, Prøvestenen

Sted

Prøvestenen er placeret i Øresund langs Københavns kystlinje med Refshaleøen mod nord og Amager Strandpark mod syd. Man ankommer til øen via Prøvestensbroen, øens eneste forbindelse til fastlandet. Anlægget placeres på Prøvestenens sydlige del, et overskudslandskab på 20 hektar udlagt til rekreativt naturområde og havnebassin. Området er aldrig blevet taget i brug og har været lukket for offentligheden frem til sommeren 2020. Placeringen løser et lokalt behov for energilagring fra områdets 23 vindmøller og ligger i forbindelse med nærliggende distributionsmuligheder. Anlægget vil med denne placering indskrive sig i Prøvestenens historik som industriel forsyningscentral, og som stedets navn antyder; *afprøve en ny teknik og dens værd.*

Den flade udstrækning og de vejrlige forhold er i fokus, når man besøger Prøvestenen syd. Selvom stedet med sin beplantning og åbne kyststrækning forbindes med aktiviteter af rekreativ art, er der ikke tale om landskabelig idyl. På Prøvestenen hersker en mere rå natur, og man bliver mødt af en barsk virkelighed, skabt af stedets umiddelbare tomhed og tunge industri. Der dannes en kraft, der føles både fascinerende og fremmedgørende, og man fornemmer en grad af menneskelig uvelkommenhed. Nærheden med horisonten og kontrasten til den tætte bykerne, lader stedet række ud og tale til noget større i én; man mærker en verden omkring. De tilstedeværende kræfter forstærkes af hele øens håndtering af jordens ressourcer og tilegnelsen af menneskelige behov. Alverdens bulk oplagres og udskiftes og danner et kredsløb, som sætter stedet i en global læsning.



Enggræs og jordvold, Prøvestenen



Prøvestenen i 1930

Prøvestenen

Som mange andre af Københavns øer er Prøvestenen kunstig anlagt som del af byens forsvarsværk. Øen stammer fra 1713, hvor flydedokken 'Prøvestenen' blev sænket til etablering af et fortanlæg. I 1860 stod den egentlige ø og det dertilhørende fort færdigt. Fortet er tegnet af Ferdinand Meldahl og er sammen med Mellemfortet, Danmarks ældste betonanlæg.

I 1922 blev Prøvestenen nedlagt som forsvarsværk, og der blev i stedet anlagt havn til deponering af olie og benzin. I samme ombæring blev en forbindelse til land etableret, hvilket muliggjorde transport til og fra øen. Op gennem 1900 tallet blev øens havn og oplagringsarealer udlagt gennem jordopfyld, og øen har i dag et grundareal på 100 hektar. Prøvestenen har siden 2007 været ejet af By & Havn og udgør Danmarks største oplagskapacitet for olie, hvilket forsyner store dele af København og Sjælland.³

Øens nordlige del faciliterer indskibning og lagring af vådbulk i store tankanlæg, mens øens midte anvendes til oplagring af sten og grus, samt restmaterialer fra byggepladser. Begge områder er aflukket for offentligheden. Den sydlige del blev åbnet for offentlig brug i sommeren 2020 og udgør et åbent naturområde og et anløb til lystbådshavn i form af moler, havneindløb og bassiner. Anlæggelsen blev afbrudt grundet manglende økonomiske midler og står i dag uanvendt hen.

³ *Københavns Kommune, 2019*

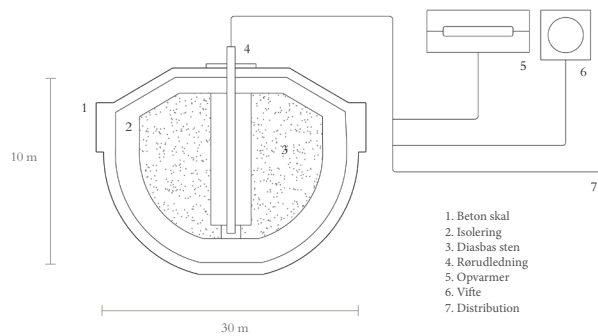


⌚ 1:200.000
Prøvestenen

Mellem Prøvestenens naturområde mod syd og industri mod nord løber en høj jordvold, hvilket skaber en opdeling de to programmer imellem. Der er i 2013 opført tre vindmøller på land langs jordvolden, og i Øresund står 20 havvindmøller. I kraft af områdets åbning for offentligheden, er der opstået en efterspørgsel på infrastrukturelle løsninger, såsom en ny adgangsbro, maritime faciliteter, samt steder til ophold og læ.⁴ Behovet for en ny ankomstvej forstærkes af regeringens igangværende planer for etableringen af Lynetteholmen, en kunstig ø der er planlagt til at stå færdig i 2070 og skal placeres mellem Refshaleøen og Nordhavn. Den daglige transport af jord til Lynetteholmens opfyldning skal ske gennem Prøvestenens hovedvej. I en fremtidig stormflodssikring af København er Prøvestenen en mulig lokation for en løsning mod syd.⁵

Projektet vil indskrive sig i den tids horisont af tilføjelser og prioritering af arealer, som Københavns kyststrækning vil undergå. En opmærksomhed på mulige fremtidige forhold på stedet og dets kontekst vil indgå som overvejelse for projektets placering.

4. Cederskjold, 2020
5. By og Havn, 2021



Principalsnit af depot

baseret på en opskalering af DTUs testenhed

Angivne mål er baseret på projektets forventede størrelse, men kan skaleres efter behov. Depotet kan være nedgravet, men øvrige funktioner og åbning til depot skal kunne tilgås i forbindelse med vedligehold. Alle funktioner må være isoleret og indeholde ventilering. DTUs nuværende forskning i alternative konstruktioner kan medføre en ændring i form. Skrående vægge, en vertikal luftstrømning og rørledning foroven ligger fast, da det sikrer mindst muligt tab. Udformning af eksterne faciliteter indgår som del af projektet.

Depotet forventes at kunne lagre energien i op til to uger med et energitab på 1%. De anvendte sten er af typen svensk diabas i størrelsen 8-11mm og depotet konstrueres i beton.⁷

Energilagring

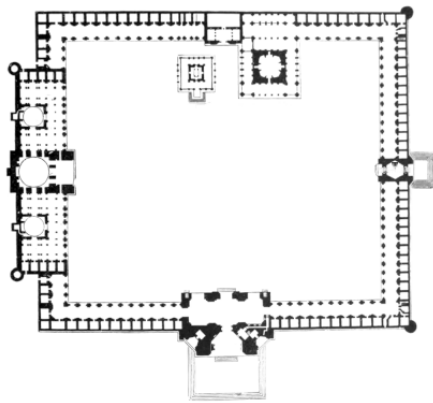
En fremtidig benyttelse af vedvarende energikilder som pålidelig energiressource kræver måder hvorpå den indhentede energi kan omdannes og lagres. Energi fra sol, vand og vind er en ustabil ressource, i det der kun kan dannes energi når de vejrslige forhold tillader det. Da der ikke er udviklet et system til lagring af den indhentede energi, indgår der enten et tab i produktion eller produktionen må sættes i bero, da man oplever ikke at kunne få afsat alt energien idet den laves. En løsning på dette er at etablere energilagre som kan opmagasinere den indhentede energi til senere brug. Elektricitet kan ikke lagres og må derfor omdannes til anden form, hvilket er et område der forskes bredt i for øjeblikket. Målet er ikke at finde én rigtig løsning, men i højere grad at finde forskellige former for lagring i fremtiden.⁶

Dette projekt vil arbejde med højtemperaturlagring i sten. Løsningen består af et stendepot, hvor stenene opvarmes og nedkøles for aflagring og udvinding. Metoden er simpel og bygger på samme logik som sten på et ildsted. Energilagring i sten benytter allerede anvendt teknologi, hvilket sikrer en bæredygtig økonomi for etablering og drift.

På Prøvestenen vil den overskydende elektricitet fra de omkringliggende vindmøller anvendes til opvarmning af depoternes sten. På denne måde omdannes elektricitet til termisk energi, hvilket kan udvindes igen ved en senere afkøling. Stenene vil frigive varm luft som kan indgå i en videre distribution af el og varme. Anlægget på Prøvestenen forventes at indeholde 9 depoter og udgøre et areal på 1 ha.

6. Dansk Energi, 2019

7. Engelbrecht, DTU, 2021



*Jami Masjid moské,
Fatehpur-Sikri, Indien*

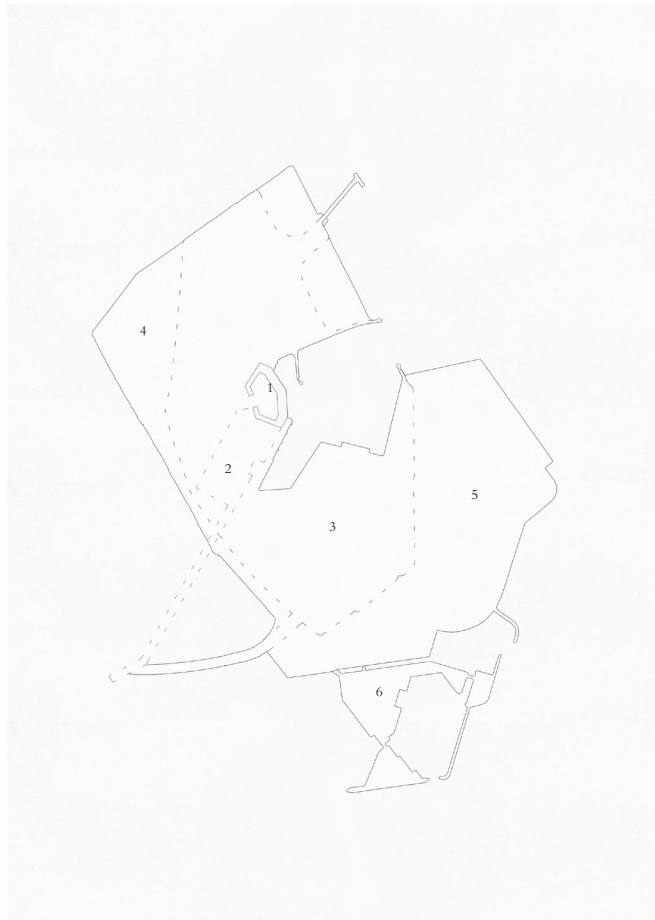
Anlæg og felt

Anlægget kan som typologi optage varierende programmer. I udlægningen af et givent anlæg vil der dannes et hertil defineret felt. At anskue anlægget som felt tilsiger et fokus på den enkelte bygningsdel, såvel som anlæggets indbyrdes relationer. Feltet skabes uden et udlagt skema, men viser sig i en overordnet form, skabt af delenes lokalt etablerede forhold.⁸

Det tekniske anlæg er en interessant arkitektonisk størrelse. Det er funktionsbestemt og indskrives i en arkitektur, som relaterer sig mindre til mennesket og mere til en given produktion. Det er en type af bygning, som enten gemmes væk eller placeres uden kontekstuel indvirkning. Alligevel har denne typologi været dannende i byens udvikling og organisering. Tekniske bygninger indeholder ofte en robusthed og kan opnå en monumental karakter gennem deres tillukkede og utilgængelige indre.

Som offentlig tilgængeligt sted vil projektet bryde med idéen om anlægget som én aflukket enhed. Programmer tilknyttet anlæggets forskning vil være private, og jeg vil derigennem arbejde med en graduering mellem offentlig og privat. Som felt har projektet en naturlig opbygning i helhed og del, hvilket fordrer en arkitektur, der gennem udveksling af skalaforhold indeholder kvaliteter for både det nære og det fjerne.

⁸ Stan Allen, 1996



Prøvestenens udlægning over tid

1. forsvarsværk og fort 1713 - 1880
2. omlægges til olicoplægning 1922
3. udvidelse og ny adgangsvvej 1960
4. udvides mod vest til tørbulke 1980
5. udvides mod øst og syd 1998
6. havn og jordvold i syd 2007 - 2012

Artificielle landskaber

Hele Prøvestenen er kunstigt anlagt og udlagt over tid. På denne måde repræsenterer stedet den antropocæne tidsalder, hvor naturen er blevet noget, mennesket kan tilpasse og forme efter behov. At angive landskabet som kunstigt relaterer sig mindre, til hvorvidt noget er naturligt, men er i højere grad et udtryk for en intentionel ændring. Det artificielle skaber komplekse topologier, da det udover dets stof og materialitet også vidner om politiske og kulturelle forhold.

Jordvolden på Prøvestenen syd er skabt af overskudsjord og anlagt med henblik på støj og en potentiel eksplosionsfare fra nord. Kysten er modeleret med bolværk og spon, som sikrer at jorden bliver holdt på plads. Alt dette er tydelige indgreb, som vidner om en menneskelig intention og ageren. Gennem en årrække med minimal ibrugtagen af stedet, fremstår naturen forladt og motivløs.

Det konstruerede landskab fremstiller naturens tidlige tilstand som præmis og fordrer en anskuelse af stedets natur som formbar. Anlægget skal markere sig som definerende modpart til Prøvestenens foranderlige jord. Som arkitektur vil anlægget findes i et spænd af sin nutidige kontekst og en fremtid af nye forhold, hvori det må lade sig forstå med andre øjne.



Oplagring af sten og grus, Provestenen midt



Diabas sten

Metode

Depoternes tekniske forhold vil være givet på forhånd, men blive bearbejdet som arkitektonisk volumen gennem ekstern form, placering og antal. Depoterne vil fungere som given kontekst og generator for projektets resterende bygningsdele.

I sammenspil med udformningen af anlæggets komponenter, vil opgaven bestå i at definere et felt hvor de indbyrdes relationer såvel som den omkringliggende indvirkning vil være med til at tegne stedet.

De tekniske aspekter i distribution og føring af energi vil ikke blive udspecificeret i projektet, som i højere grad vil have fokus på depotet som figur og projektets resterende bygningsdele som struktur og rumlige forbindelser.



havnekant i syd, Prøvestenen

Rumprogram

vejledende liste med forbehold for ændringer

teknik

Stendepoter og dertilhørende tekniske faciliteter (10.000 m²)
fordeling og antal præciseres i projektets videre forløb

brugere

Bibliotek

Fællesrum

Overdækket udendørs areal

Forelæsningslokale (40 pers)

Forskningskontorer (15 pers)

Overnatningsfaciliteter (6-8 pers)

besøgende

Formidling

Læ og ophold



Landslide, Dennis Oppenheim, 1968

Aflevering

vejledende liste med forbehold for ændringer

model

Situationsmodel 1:2000

Samlet anlæg 1:200

Bygningsdele 1:100 / 1:50

Modelstudier

tegning

Kort 1:5000

Situationsplan 1:1000

Plan, snit og opstalter 1:200 / 1:100

Rumlige repræsentationer

Katalog



Går man ud langs prøvestenen syd, bevæger man sig væk fra byen, til man når et punkt, hvor man må vende om og se tilbage mod den by man kom fra

Kilder

Litteratur

Allen, Stan; *Field Conditions*, 1996, Points and Lines
 Høyer, Steen; *Landskabskunst*, 2006, Arkitektskoles Forlag
 Morton, Timothy; *Ecology without Nature*, 2009, Harvard Press
 Perec, Georges; *Verdens rum og andre tekster*, 2016, Arena
 Ørskov, Willy; *Terrain-vague*, 1992, Borgen

Artikler

Capetillo, Christina; *Et samtidslandskab*, 2011, Landskab, nr. 8
 Cederskjold, Jesper; *Prøvestenen*, 2020, Ama'røsten, nr. 107
 Hesselholt, Christina; *Hvor industri og græs mødes*, 2020, Information

Rapporter

Elmegård, Brian; *Kunsten at lagre energi*, 2008, DTU
 Københavns Kommune; *Afriportering vedr. Prøvestenen*, 2019
 Københavns Kommune; *Københavns Klimaplan*, 2012
 Københavns Kommune; *Lokalplan nr. 326*, 2010

Internetsider

Dansk Energi; *Små sten kan være løsning på stor udfordring*, 2019
<https://www.danskeenergi.dk/nyheder/smaa-sten-kan-vaere-loesning-paa-stor-udfordring>
 DTU Energi; *Energilagring med sten og tvist på gamle ideer*, 2019
<https://www.energy.dtu.dk/nyheder/Nyhed?id=967b482B1ECD>

Andet

Forelæsning om energilagring i sten v. DTU Energy
 Informationsmøde vedr. Lynetteholmens miljørapport v. By og Havn
 Korrespondence m. Kurt Engelbrecht (*Professor v. DTU Energy*)
 Korrespondence m. H.C. Sørensen (*bestyrelsesmedlem i Vindmøllelauget*)

