

PAA / LARSH
Rev. 2
03-07-2025

Teknisk beskrivelse

Lynetteholmens Fase 2
Etablering af brokaj



AARSLEFF

Indholdsfortegnelse

Introduktion	3
Funktionskrav	4
Konstruktionens levetid	4
Forudsatte laster	4
Lossekapacitet	4
Kajhøjde	5
Dybgang	5
Erosionsbeskyttelse	5
Adgangsforhold	6
Afvanding	6
Kajudstyr	6
Brokaj (pæledæk)	7
Materialeforbrug	8
Udførelse	9
Trin 1: Stålpæle nedbringes inden dæk- og filtersten indbygges	9
Trin 2: Dæk- og filtersten indbygges	10
Trin 3: Vederlag og lejer i molen etableres	11
Trin 4: Pæledæk og pilecaps støbes i PAA BIZ og sejles til pladsen	11
Trin 5: Pilecaps monteres	12
Trin 6: Pæledæk og ramper monteres	13
Trin 7: Kajudstyr monteres	14
Bilag	15
Bilag A: Tegninger	15
Bilag B: Datablade fra designskibe	20

Introduktion

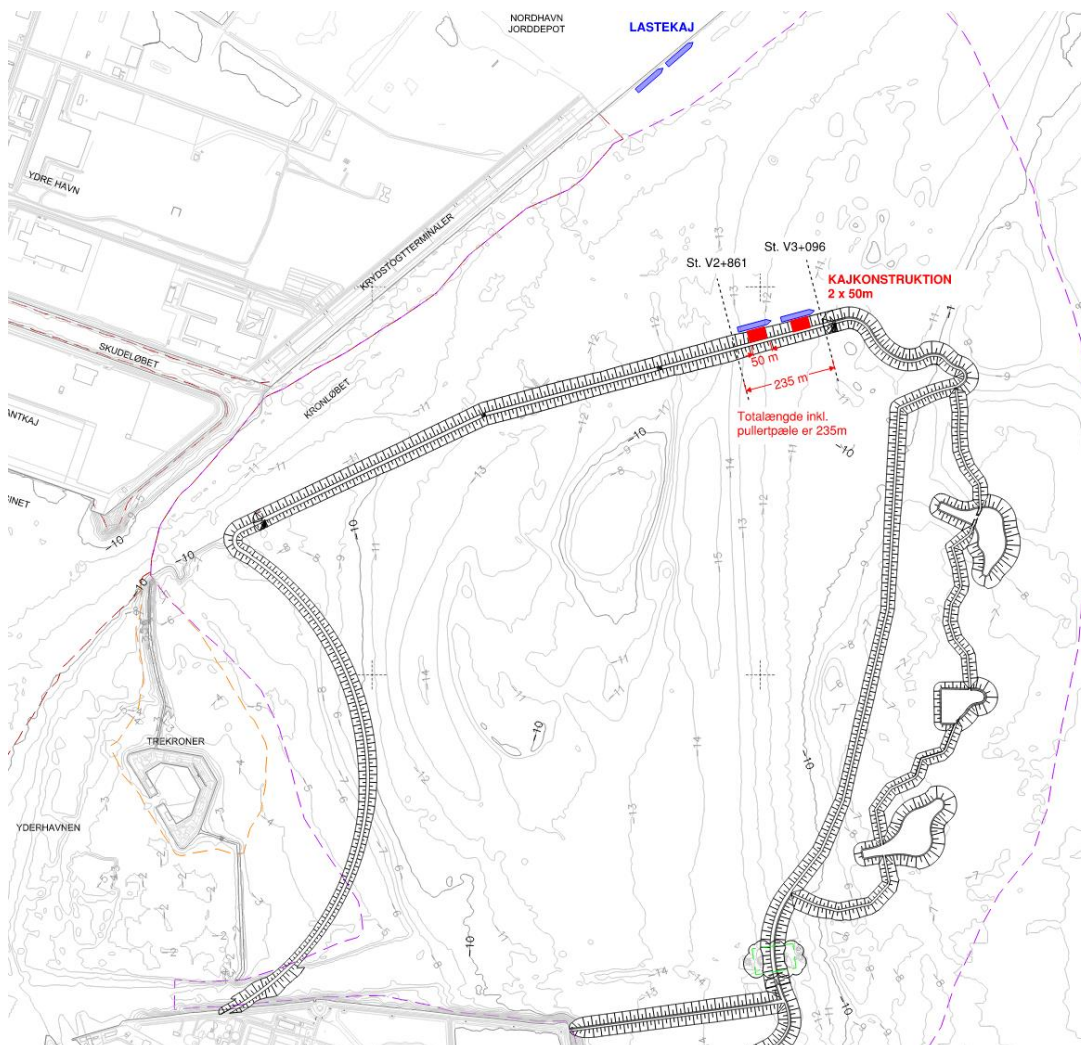
Dette dokument har til formål at redegøre for de tekniske aspekter vedrørende etablering af en permanent kajkonstruktion, der først skal bruges til at indbringe jord i Lynetteholmens Fase 2 og derefter anvendes til andre formål efter projektets afslutning. Dokumentet er udarbejdet af Per Aarsleff (PAA) på foranledning af By & Havn (B&H).

De primære anvendelser er forudsat til at være:

- 1) Modtagelse af jord fra Nordhavnsdeponiet
- 2) Modtagelse af sten til molebyggeri
- 3) Modtagelse af jord fra andre projekter
- 4) Permanent havnekonstruktion efter endt projekt

Kajkonstruktion opdeles i 2 stk. ca. 50 m permanent brokajer med en levetid på 50 år. Kajlængden på 2 x 50 m er baseret på samtidig levering 2 stk. coastere med samlet kapacitet på 10.000 tons, se næste afsnit vedr. funktionskrav. Totallængde inkl. pullertpæle er 235m.

Nedenstående skitse angiver placeringen udpeget af By & Havn. Kajkonstruktionen placeres i skellet mellem entreprisegrænse 2 og 3 (st. V3+096) og strækker sig derefter 235 m mod vest langs den nordligere perimeter (st. V2+893). Den endelige placering fastlægges ud fra evaluering i detailprojektfasen af de geotekniske forhold i strækningen.



Figur 1 - Placering af kajkonstruktion på Lynetteholmens Fase 2 perimeter fra st. V2+861 til st. V3+096.

Funktionskrav

Følgende funktionskrav er identificeret i forbindelse med projektgennemgang, som uddybes de næste afsnit.

- 1) Konstruktionens levetid
- 2) Forudsatte laster
- 3) Lossekapacitet
- 4) Dybgang
- 5) Erosionsbeskyttelse
- 6) Kajhøjde
- 7) Adgangsforhold
- 8) Afvanding
- 9) Kajudstyr

Konstruktionens levetid

Levetiden for den permanente kajkonstruktion er sat til 50 år, detaljer og krav hertil skal afklares i detailprojekt. Det må forventes at dele af kajudstyr skal udskiftes i konstruktionens levetid, samt at der skal udføres løbende drift og vedligehold.

Forudsatte laster

Følgende laster anvendes som forudsætning til skitseprojektet og er baseret på levering af jord med coastere af størrelsen defineret i Bilag B.

Fladelast på kaj:	$q_k = 50 \text{ kN} / \text{m}^2$
Punktlast på kaj:	$Q_{k,v} = 500 \text{ kN} (0,7 \text{ m} \times 0,7 \text{ m})$
Vandret last fra coastere:	$Q_{k,h} = 15 \text{ kN/m}$
Pullertaster	30 ton

Den fremtidige brug af kajen til alternative formål skal være i overensstemmelse med lasterne relateret til jordtransporten. Anvendelser med større skibe bør derefter undersøges og konstruktionen forstærkes derefter, hvis nødvendigt.

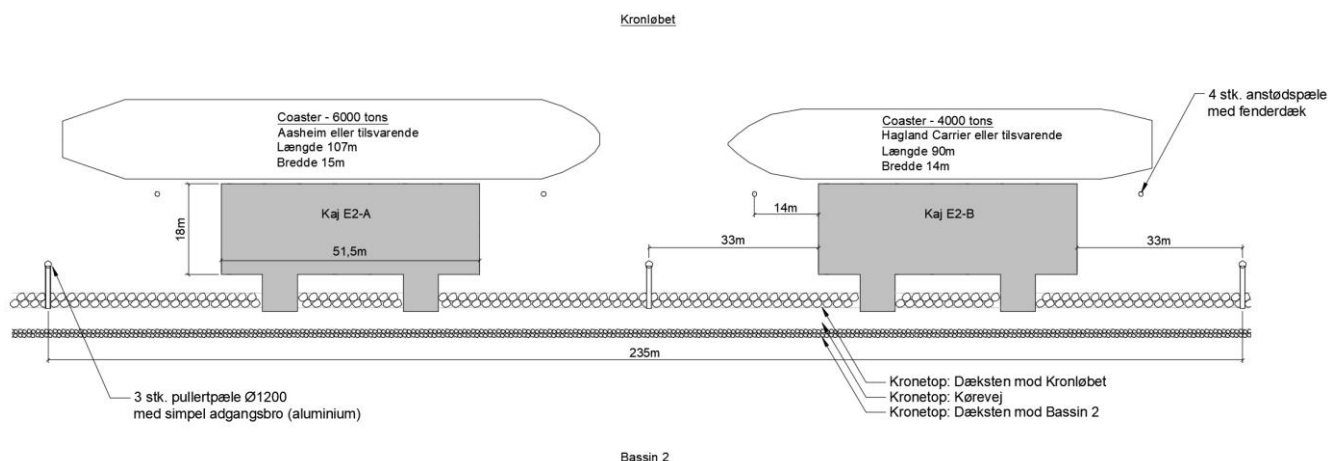
Lossekapacitet

For at tømme Nordhavns jorddepot inden for tidsrammen skal der modtages 10.000 tons jord dagligt. Der forudsættes 11 timers lastetid om natten i Nordhavn og 11 timers lossetid i Lynetteholm om dagen. Dette kræver en gennemsnitlig laste/losserate på 900 tons per time.

Med en coaster og tilhørende dumpere er den maksimale losserate 450 tons per time. For at opnå den krævede losserate på 900 tons per time skal kajen kunne modtage to coastere samtidig. Figur 2 viser dette med to coastere, der har kapaciteter på henholdsvis 4.000 og 6.000 tons.

Coastere med en kapacitet på 4-6.000 tons er typisk 90-110 m lange, så den totale længde skal være mindst 200 m lang. Der er 4 ramper, så skibe kan losses samtidigt, og dumperkørsel kan foregå uafhængigt.

Der placeres en rørpæl med fenderdæk i hver ende af kajen som anstødspæle, da kajerne kun er 51,5m lange. Derudover placeres der 3 stk. pullertpæle til fortøjning af skibenes springliner. Den præcise placering og afstand til kajen skal undersøges yderligere ved fortøjningsanalyser af forudsatte anvendte skibe.



Figur 2 - Skitseforslag til kajopbygning. Større udgave tegning forefindes i Bilag A.

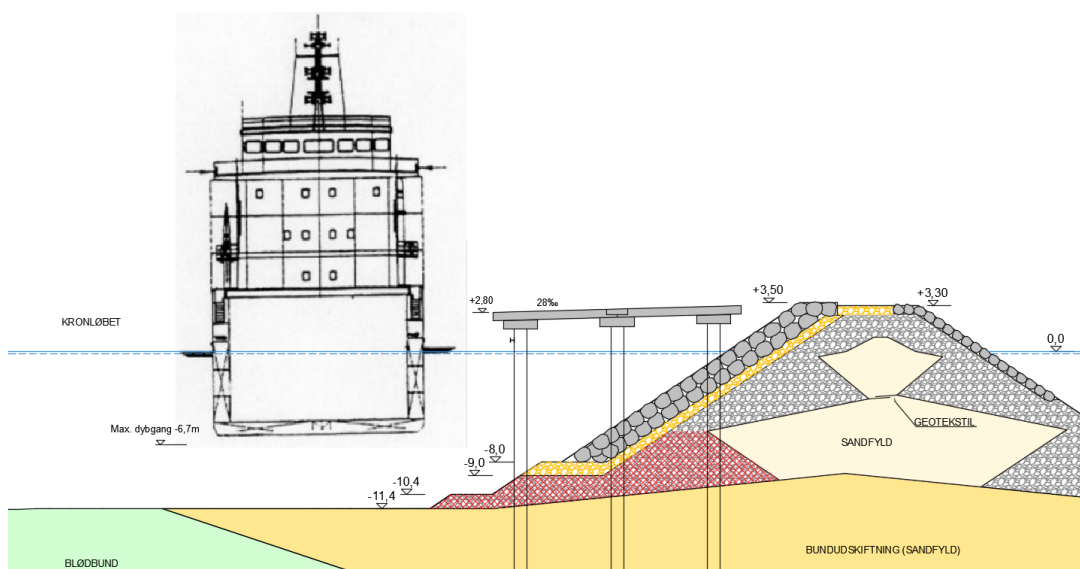
Kajhøjde

Topkote på kajen er i dette projekt sat til kote +2,80m, som er baseret på kajhøjden på krydstogtterminalen i Nordhavn. Coastere vil kunne anløbe ved denne højde. Topkoten for molen er +3,50m.

Det bør undersøges om topkoten på kajen er tilstrækkelig ift. evt. vandstigninger i forbindelse at kajen er placeret på yderside af en kommende sluseport.

Dybgang

Ud fra aktuel placering forventes der en dybgang foran kajen på omkring 10m. Dybgangen for en coaster som Aasheim fuldt lastet er ca. 6,7m, se Figur 3.



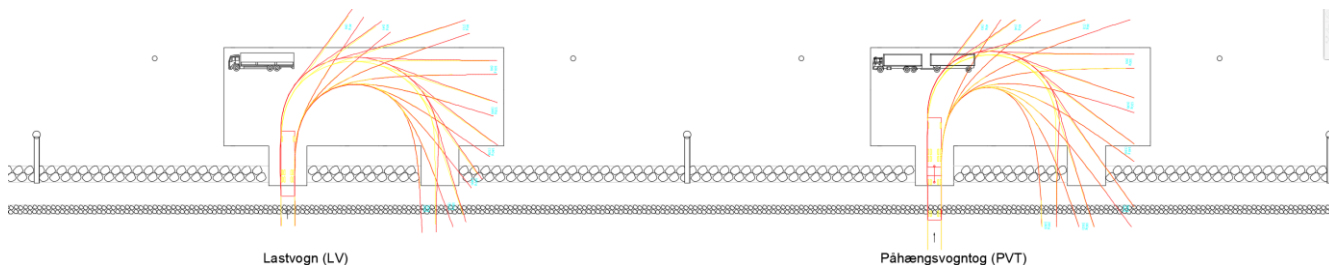
Figur 3 - Dybgang ved kaj

Erosionsbeskyttelse

Som vist i Figur 3, er der cirka 4 meter fri under skibet til sandfylden. Indledningsvis observeres erosion ved årlig pejling af havbunden, hvorefter eventuelle udbedringer kan foretages.

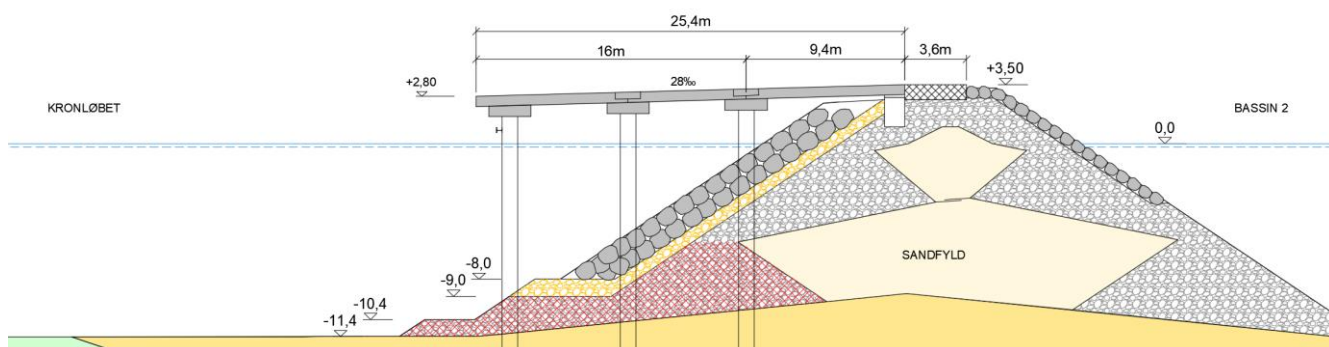
Adgangsforhold

Kajbredden er i dette skitseprojekt sat til 18 m, og har under jordtransport med dumpere tilstrækkelig bredde. På Figur 4 er der angivet kørekurver for forskellige typer lastvogn for at indikere pladsmuligheder for fremtidige anvendelser af kajen.



Figur 4 - Kørekurver for lastvogn, påhængsvogn samt sættevognstog på kajen. Kørekurver jf. Vejdirektoratet.

Kajbredden omkring ramperne til vederlag på molen er ca. 25 m og har en jævn hældning fra mole ud mod Kronløbet på 28‰, se Figur 5. I dette skitseprojekt er rampebredden sat til ca. 7 m, hvilket er tilstrækkeligt til dumperkørsel under jordtransport og senere evt. lastvognstransport.



Figur 5 - Kajbredde ved rampe

Afvanding

Afvanding på arbejdskajerne udføres enten ved, at overfladevand opsamles og udledes direkte til Lynetteholmbassinet, eller at overfladevand udledes til Kronløbet efter samme princip som ved den sydlige kaj. Den endelige metode fastlægges i detailprojektet.

Kajudstyr

Følgende kajudstyr forventes monteres og detaljer herom afklares i detailprojekt.

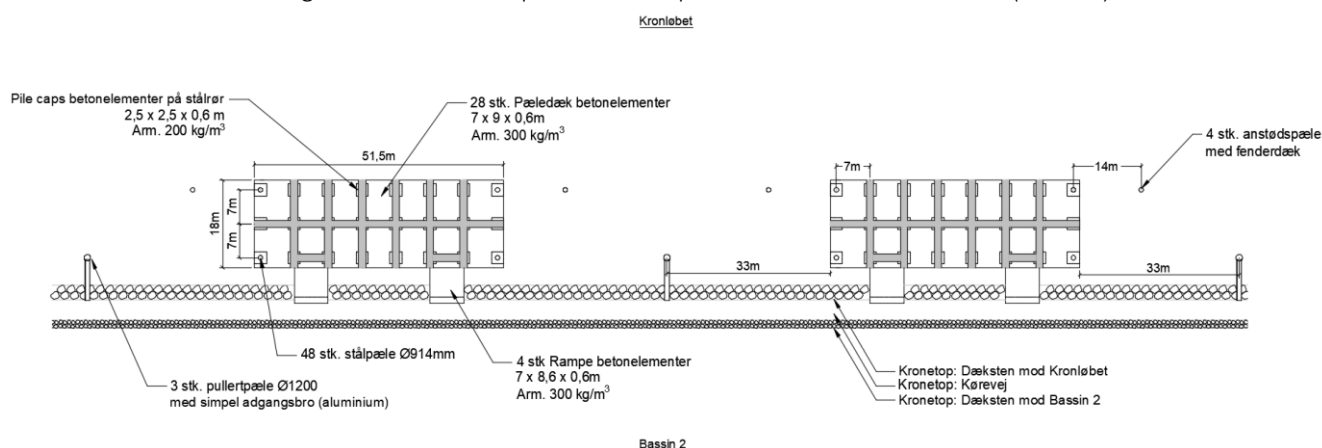
- 1) Pullerter
- 2) Fendere
- 3) Kajstiger
- 4) Redningslinier
- 5) Lysmaster
- 6) Afviserværk til lystfartøjer

Brokaj (pæledæk)

Den planlagte kajkonstruktion vil bestå af 2 x 51,5m brokaj (pæledæk). Konstruktionen inkluderer nedramning af stålpile, hvorefter præfabrikerede betonelementer monteres. Udførelsesmetode beskrives i næste afsnit. Pæle rammes gennem bundudskiftningen, der allerede er foretaget i forbindelse med molebyggeriet, og ned til moræneaflejringer. Derved skal der ikke arbejdes i havbund, som ikke allerede er omfattet af Lynetteholmsens Fase 2.

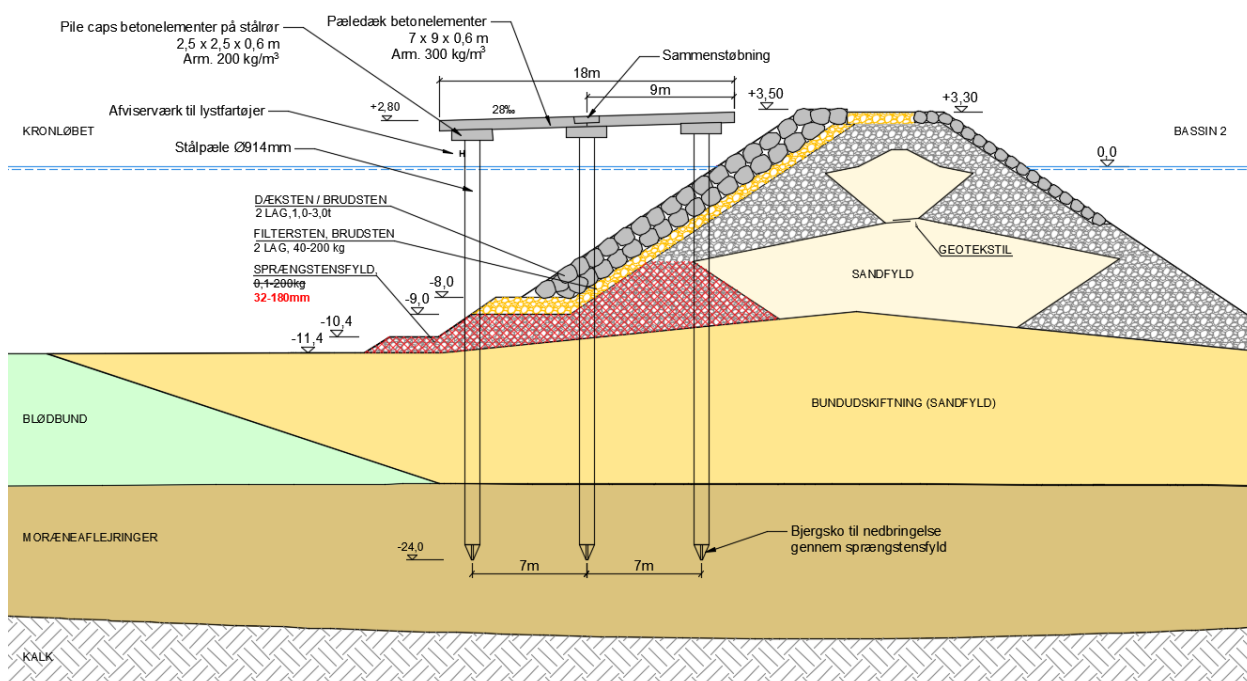
Dimensioner på de kommende tegninger er baseret på et skitseprojekt og skal bestemmes ved et endeligt detailprojekt. Tegningerne skal derfor ses som principielle løsninger, ændringer kan forekomme.

På Figur 6 ses plantegning af pæledækskonstruktionen, som overordnet består af 48 stk. stålpile (+4 stk. anstødspæle og 3 stk. pullertpæle), 48 stk. pilecaps, 28 stk. beton dækelementer og 4 stk. beton adgangsrampeelementer. Betonelementerne sammenstøbes efter montage. Betonelementer præfabrikeres på PAA's elementfabrik i Polen (PAA BIZ).



Figur 6 - Skitseprojekt - Pæle- og elementplan for brokaj. Større udgave tegning forefindes i Bilag A.

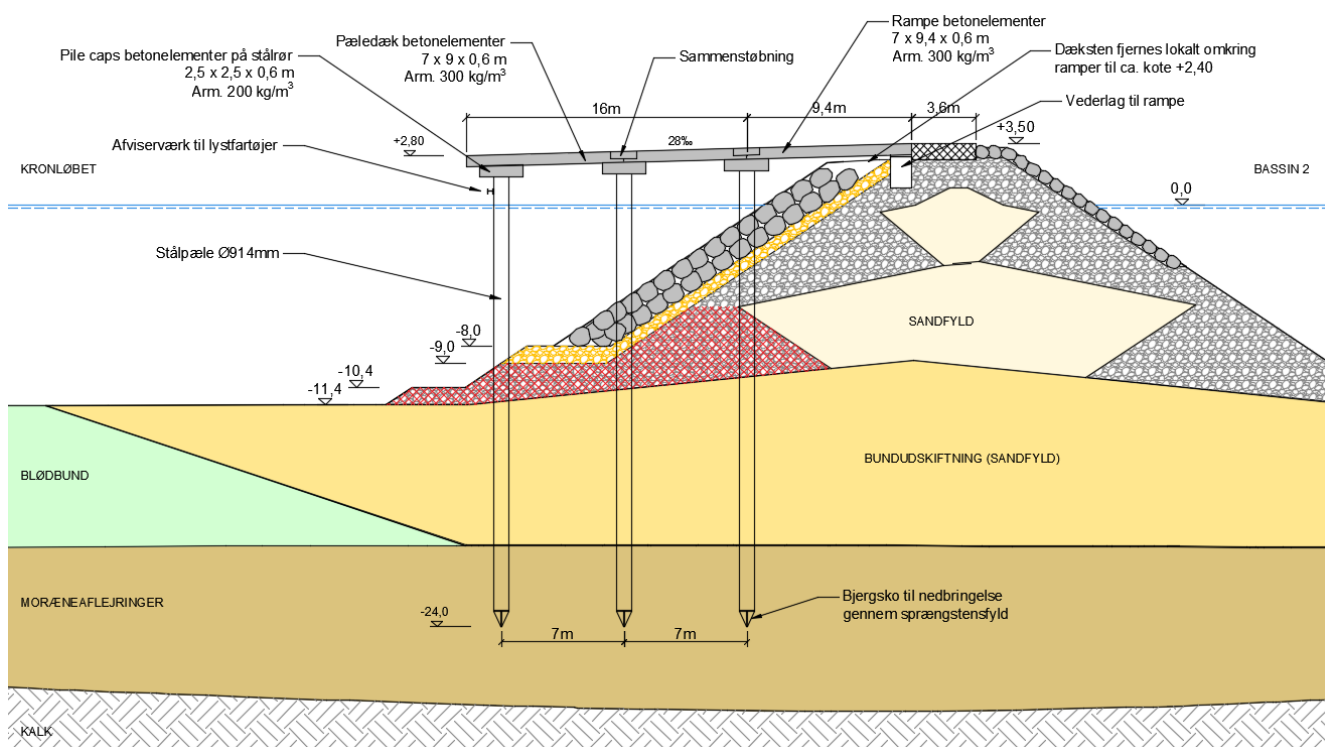
Figur 7 viser et tværsnit gennem molen ved stationering V3+000, omkring midten af kajkonstruktionen.



Figur 7 - Skitseprojekt – Tværsnit i pæledæk og mole ved st. V 3+000. Større udgave tegning forefindes i Bilag A.

Figur 8 viser et tværsnit gennem kajkonstruktioner på det sted, hvor ramperne er placeret. Med aktuel geometri vil hældningen fra kajfronten til molen være ca. 28%. Ramperne præfabrikeres og monteres på samme måde som pæledækslementer. Vederlag skal etableres på molen.

For at bevare molens oprindelige højde på kote +3,50, når rampen skal passere gennem laget af dæksten, opbygges rampen til dette niveau, og molens top justeres tilsvarende.



Figur 8 - Skitseprojekt – Tværsnit i pæledæk ved rampe og mole. Større udgave tegning forefindes i Bilag A.

Moleopbygningen består af dæksten på 1,0-3,0t og herunder filtersten på 40-200kg. Sprængstensfyldet har en størrelse på 0,1-200kg. Det er vurderet, at stålpæle ikke kan rammes i en stenfraktion større end 180mm, derfor skal molen omkring de 55 pæle opbygges med sprængstensfyld på 32-180mm. Det vurderes stadig nødvendigt at påmontere "bjergsko" da der skal forceres sprængstensfyld. Dæk- og filtersten indbygges efter pælene er sat og inden pilecaps / pæledæk monteres (se næste afsnit vedr. udførelse).

Materialeforbrug

Det forventede materialeforbrug i hovedtal for en 2 x 51,5 m brokaj med 4 stk. ramper er opsummeret på nedenstående tabel. Materialeforbruget er baseret på skitseprojektsniveau og må forventes at kunne variere fra endeligt projekt.

Materiale	Hovedmængde
Beton (ekskl. armering)	1.400 m ³
Armering (sort stål)	430 tons
Konstruktionsstål (sort stål)	700 tons

Udførelse

Til etablering af kajkonstruktionen arbejdes der primært fra vandet med flåde med rammemaskinel, flydekran samt senere et logistik set-up på land med en larvebåndskran.

Følgende trin kræves for at etablere arbejdskajen. De kommende afsnit viser de enkelte trin skitseret.

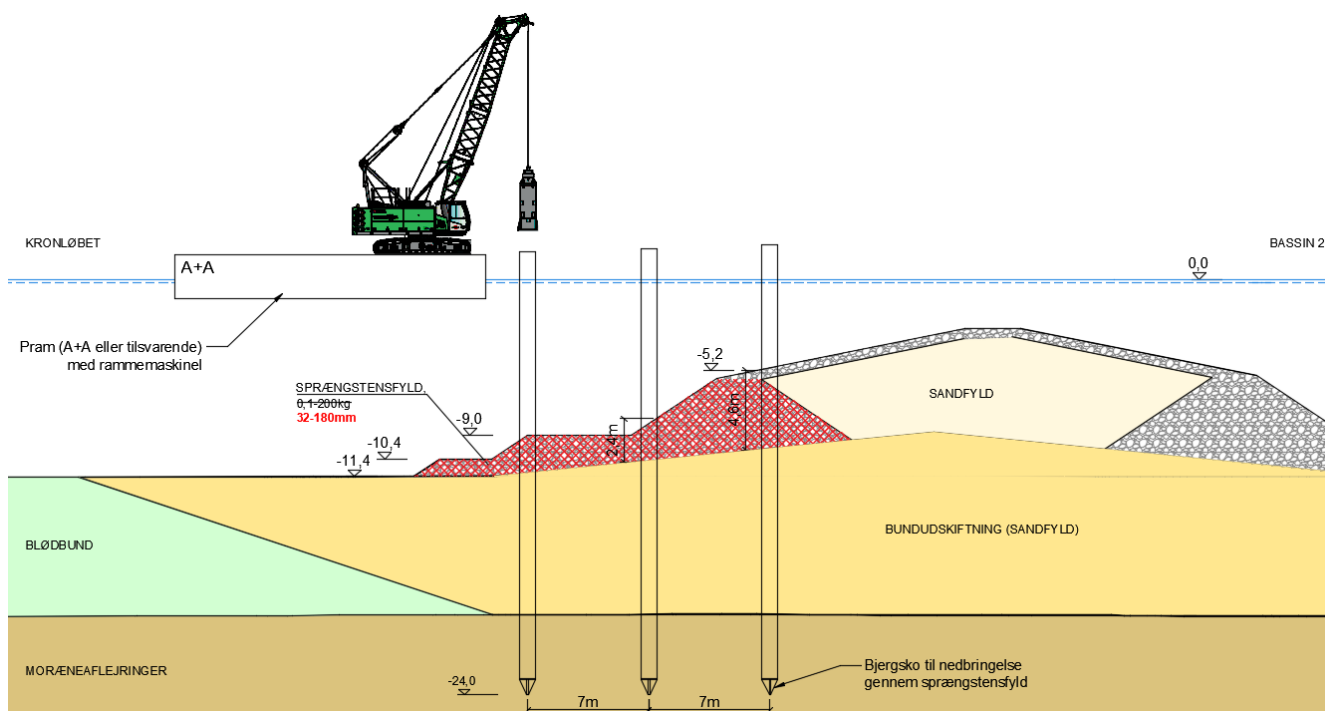
- 1) Stålpæle nedbringes inden dæk- og filtersten indbygges
- 2) Dæk- og filtersten indbygges
- 3) Vederlag og lejer i molen etableres
- 4) Pæledæk og pilecaps støbes i PAA BIZ og sejles til pladsen
- 5) Pilecaps monteres, sammenstøbes i samlinger
- 6) Pæledæk og ramper monteres, sammenstøbes i samlinger
- 7) Kajudstyr (pullert, fender, redningstiger etc.) monteres

Trin 1: Stålpæle nedbringes inden dæk- og filtersten indbygges

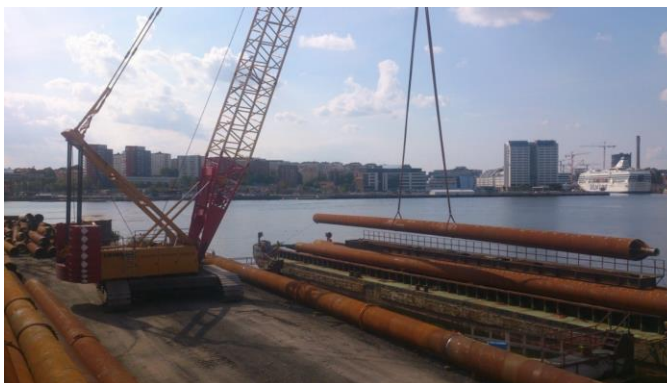
Moleopbygningen nedenfor er baseret på forventet fremdrift ved udførelsesstart oktober 2025.

Pæle nedbringes (vibreres / rammes) fra en pram med rammemaskinel gennem op til 4,6m sprængstensfyld (32-180mm) og herefter gennem sand til moræneaflejringer.

Det vurderes nødvendigt at montere "bjergsko" for at trænge igennem sprængstenslaget. Dette skal endeligt afklares i detailprojektfasen.



På billederne herunder ses processen med nedbringelse af pæle til pæledæk på et Aarsleff referenceprojekt i Värtahamnen (Stockholm).



Læsse på lagerpram (Värtahamnen)



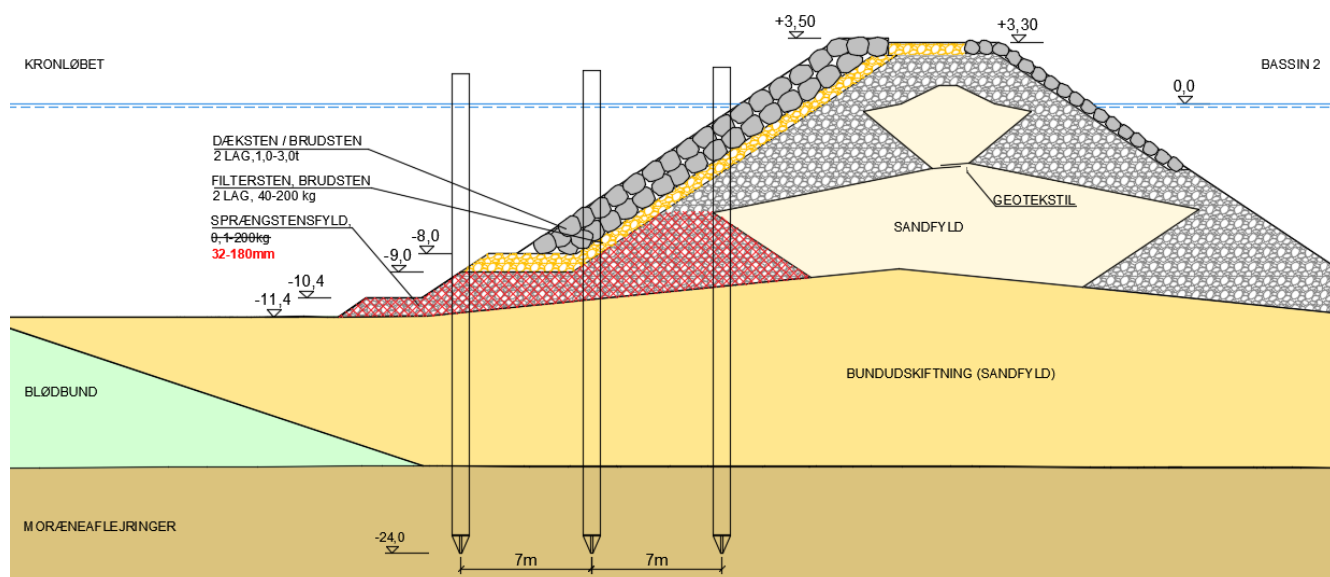
Nedbringelse af pæle (vibrator) (Värtahamnen)



Nedbringelse af pæle (hammer) (Värtahamnen)

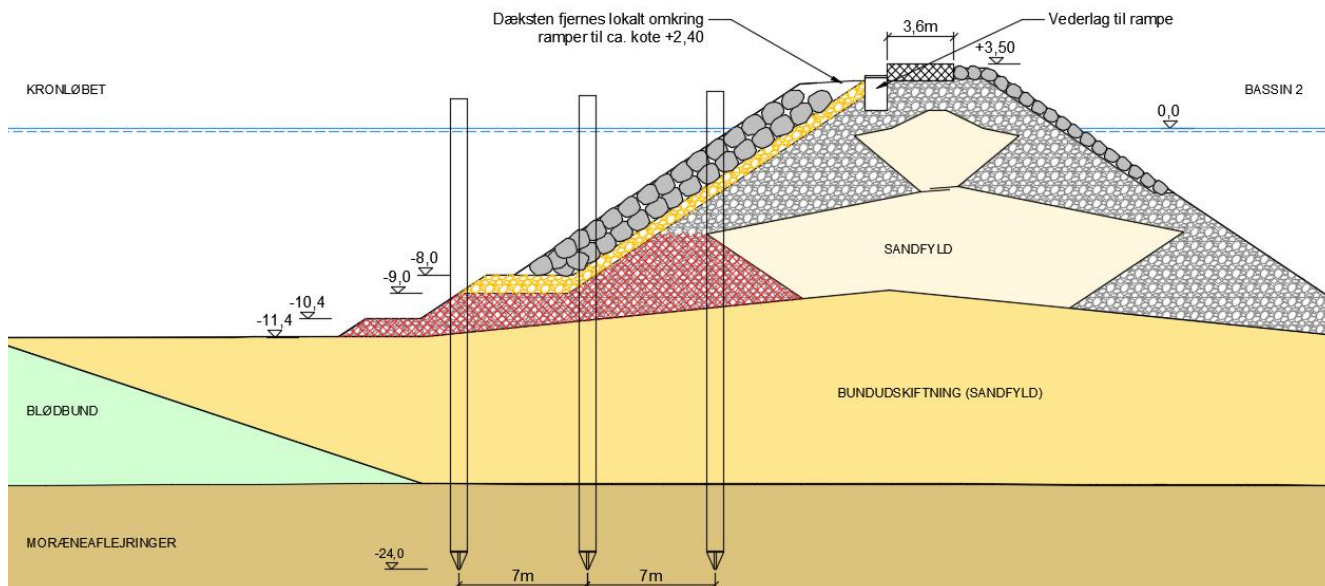
Trin 2: Dæk- og filtersten indbygges

Efter montage af pæle kan molen færdigetableres. Dette gøres både fra land med dumper/gravemaskine, samt fra flåde. Baseret på projektets fremdrift dags dato, vil molen være færdigetableret i kajkonstruktionens udstrækning omkring februar 2026.



Trin 3: Vederlag og lejer i molen etableres

Omkring placering af ramperne skal dæksten lokalt ikke indbygges for at gøre plads til rampen. Præfabrikeret vederlagsfundament og lejer monteres enten fra vand via pram/kran eller fra land via kran.



Trin 4: Pæledæk og pilecaps støbes i PAA BIZ og sejles til pladsen

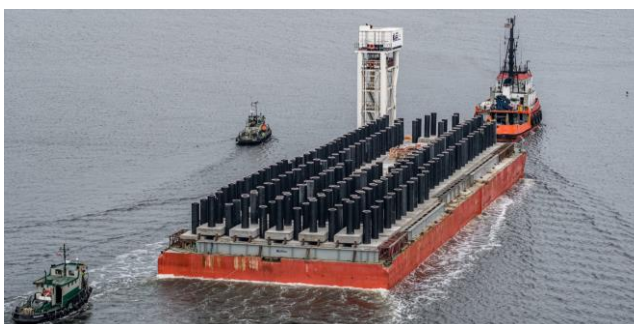
Nedenfor ses billeder fra Aarsleff elementfabrik "PAA BIZ", samt referenceprojekter i Varberg / Värtahmanen, hvor der leveres pilecaps og pæledæk.



Præ-fabrikationsområde med Lodbrock flydekran (Swinoujscie, Polen)



Præ-fabrikationsområde med lagerpram (Swinoujscie, Polen)



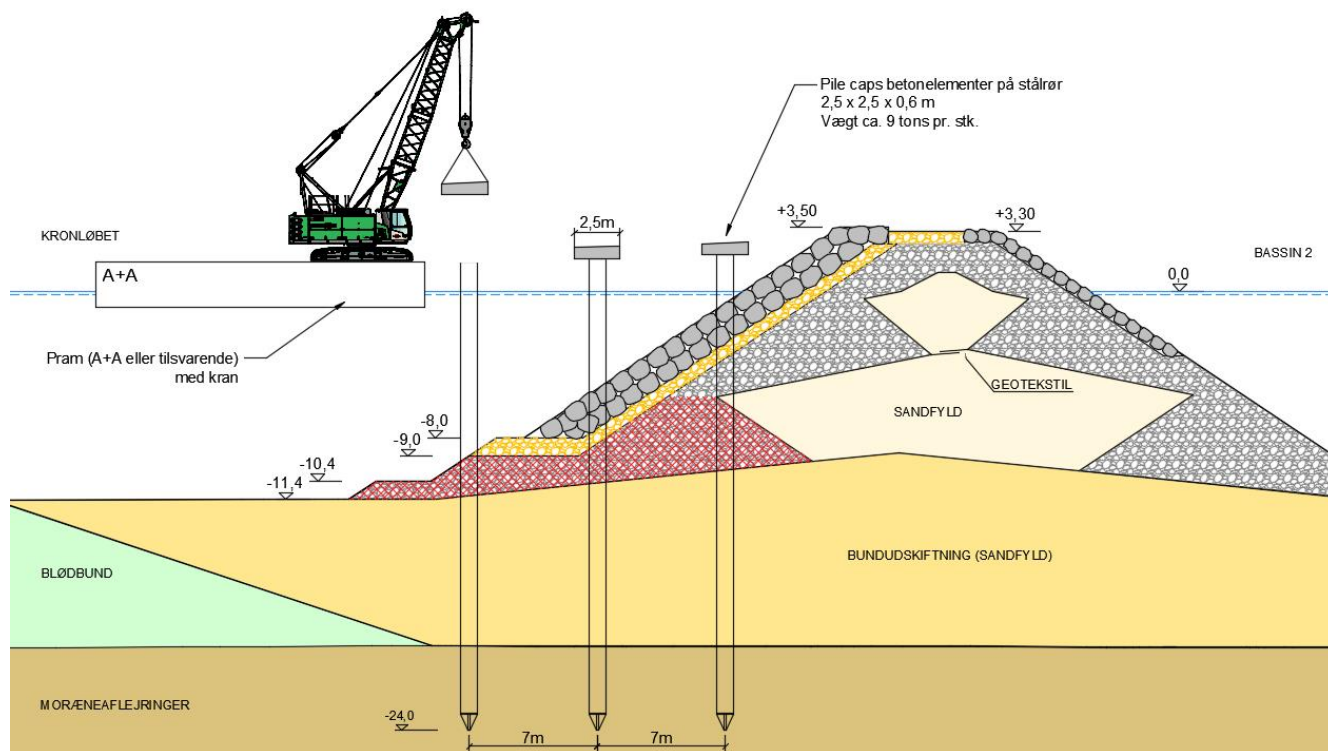
Levering af præfabrikeret pile caps (Varberg)



Levering af præfabrikeret dækelementer (Varberg)

Trin 5: Pilecaps monteres

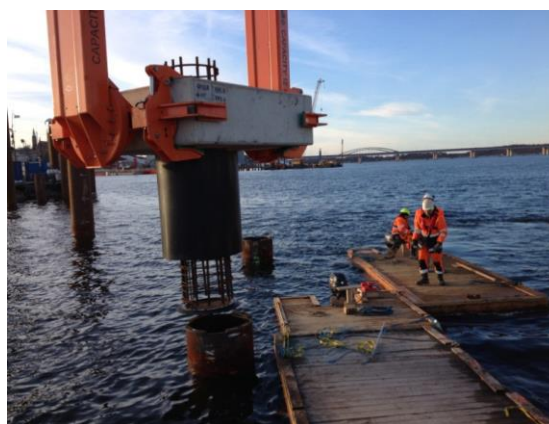
Pile caps leveres med pram/skib fra Polen (PAA BIZ) og monteres med kran fra flåde. Efter montage sammenstøbes pilecaps med stålør.



På billederne herunder ses processen med installere af pilecaps på et Aarsleff referenceprojekt i Värtahamnen (Stockholm).



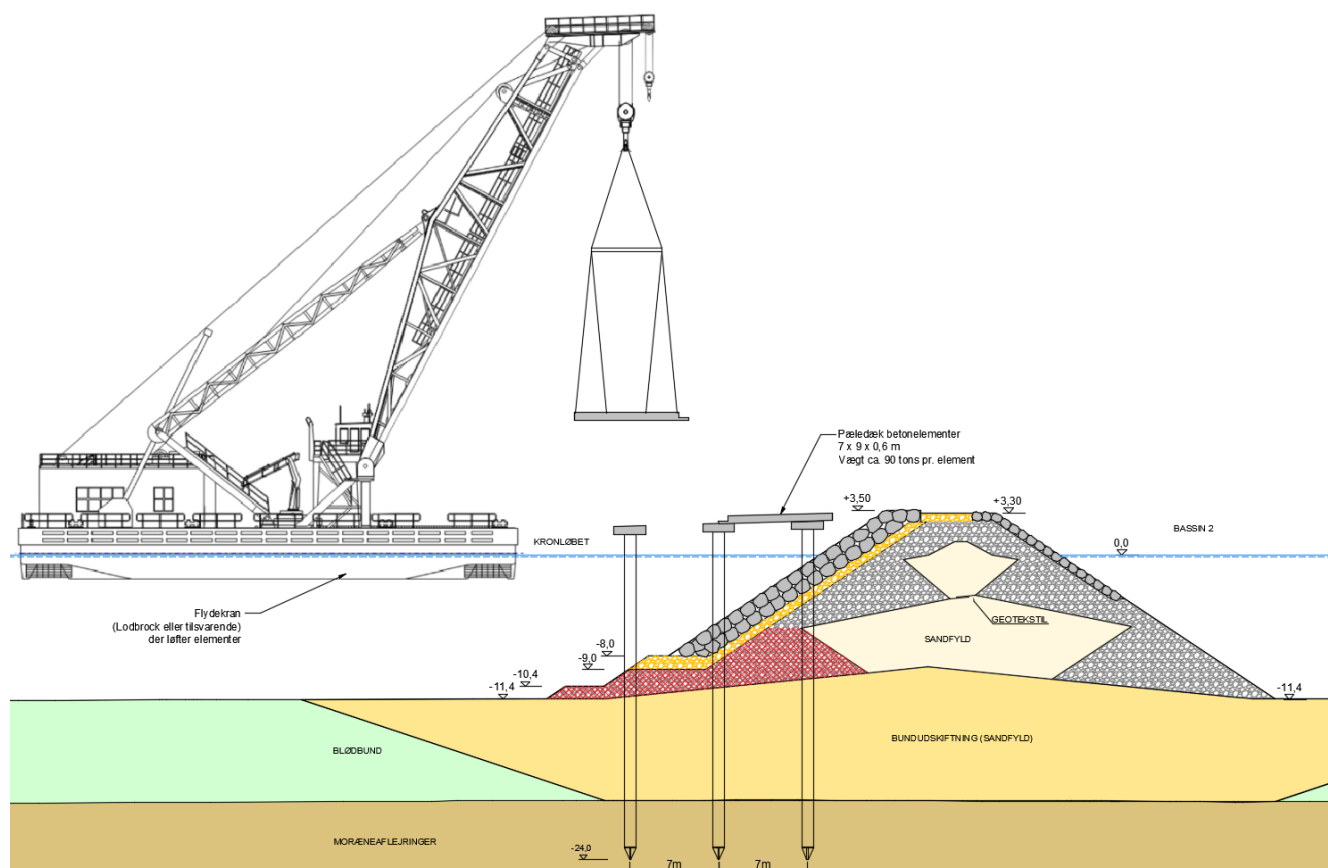
Installering af pilecaps med kran fra flåde (Värtahamnen)



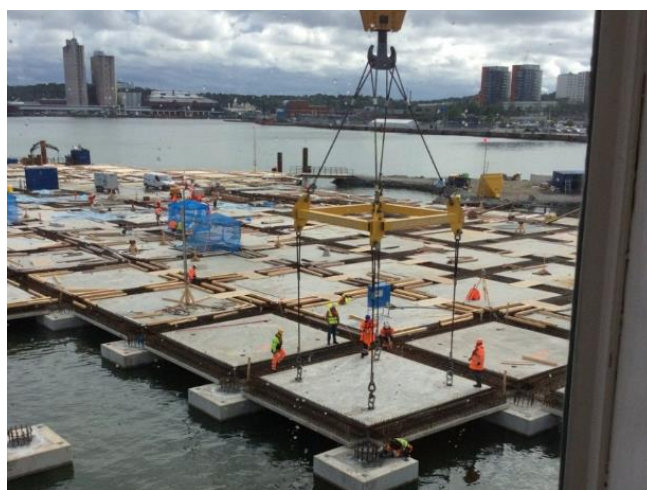
Installering af pilecaps (Värtahamnen)

Trin 6: Pæledæk og ramper monteres

Betonelementer (inkl. ramper) leveres med pram/skib fra Polen (PAA BIZ) og monteres med flydekran. Efter montage sammenstøbes dækelementer.



Løft af dækelementer fra lagerpram med Lodbrock (Värtahamnen)



Installering af dækelementer på pilecaps (Värtahamnen)



Pile caps er monteres på stålpile og installation af dækelementer pågår med flydekran (Varberg)



Dækelementer er monteres og udstøbning af samlinger pågår (Varberg)

Trin 7: Kajudstyr monteres

Detaljer for kajudstyr fastlægges i detailprojekt.

Bilag

Bilag A: Tegninger

Tegningsfortegnelse:

- Lynetteholm - Kaj E2 - Skitseforslag - Oversigtsplan
- Lynetteholm - Kaj E2 - Skitseforslag - Kajplan
- Lynetteholm - Kaj E2 - Skitseforslag - Pæle- og elementplan
- Lynetteholm - Kaj E2 - Skitseforslag - Tværsnit i pæledæk og mole

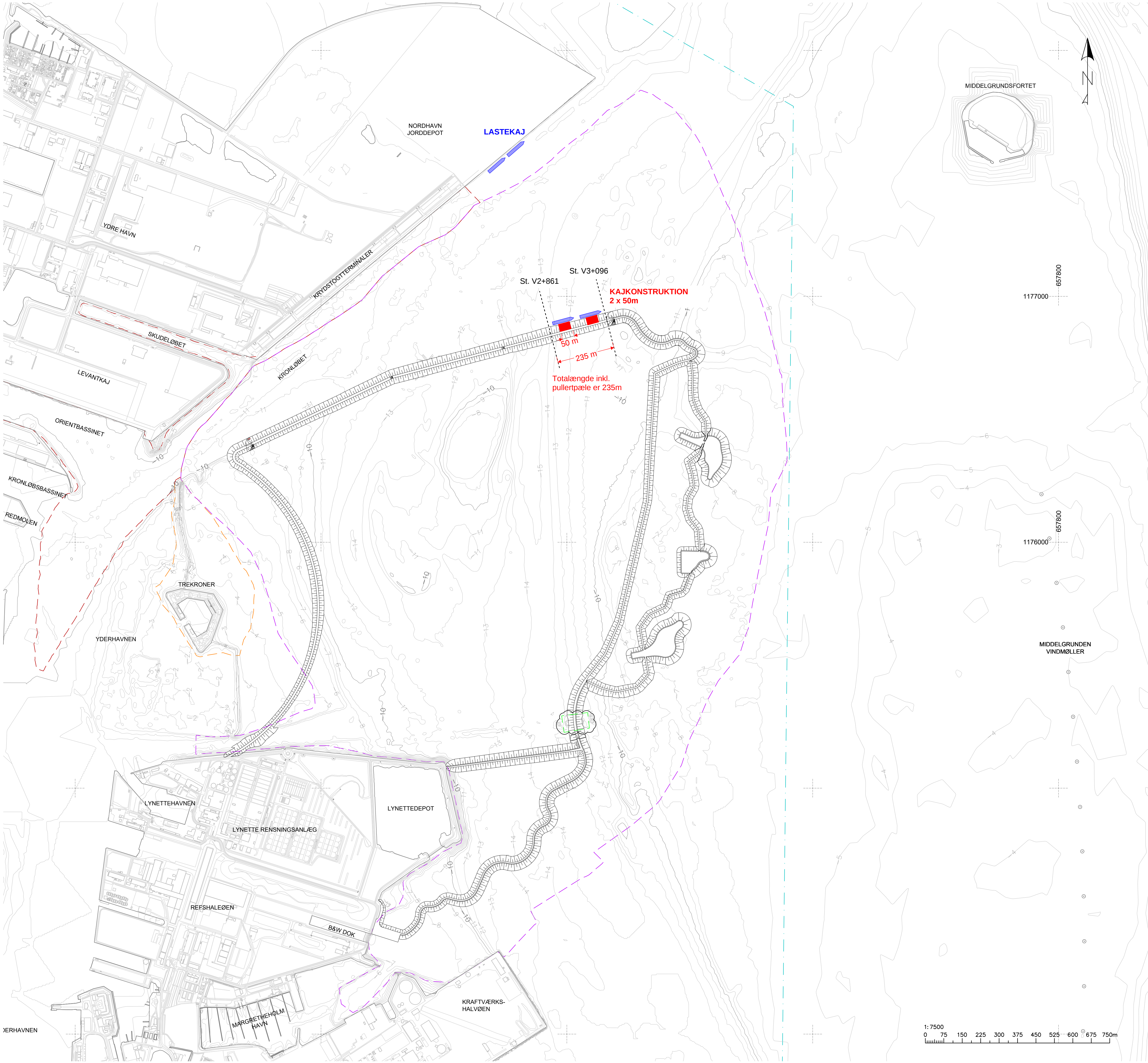


AARSLEFF

OVERSIGTSPLAN

Lynetteholm Fase 2
Skitseforslag til etablering af brokaj (pæledæk)

PAA / LARSH
07/05/2025



3.016-05-2023OPDATERING AF BATYMETRI VED U1NFM / ASHNPFSMHHP

2.030-03-2023JUSTERET LAYOUT AF E2 PERIMETERNFM / ASHNPFSMHHP

1.002-07-2021FØRSTE UDGAVERNFM / ASHNPFSMHHP

VER. DATO REMERKNINGERTEGN./UDARB. CONTROL GODKENDT

BY&HAVN

Udviklingselskabet
By & Havn I/S
Nordre Toldbod 7
1259 København

Tlf +45 33 76 98 00
www.byoghavn.dk

☒ COWI

COWI A/S
Parsøvej 2
2800 Kongens Lyngby

Tlf +45 56 40 00 00
www.cowi.com

☐ ARKITEMA

ARCHITECTS
Arkitema Architects A/S
Ny Carlsberg Vej 120
1799 København N

Tlf +45 70 11 70 11
www.arkitema.com

☐ TREDJE NATUR

TREDJE NATUR APS
Heimdalsgade 35
2200 København N

Tlf +45 42 23 99 15
www.tredjenatur.dk

ENTREPRISE 1, 2, 3 & 4
BATYMETRI
OVERSIGTSPLAN

TEGN./UDARB. NFM / ASHN
KONTROLLERET PFSM
GODKENDT HHP

PROJEKTNR.
A125503

MÅL
1:7500 (A1)

DATO
16-05-2023

DOKUMENTNR.
HP-GEN-DWG-403

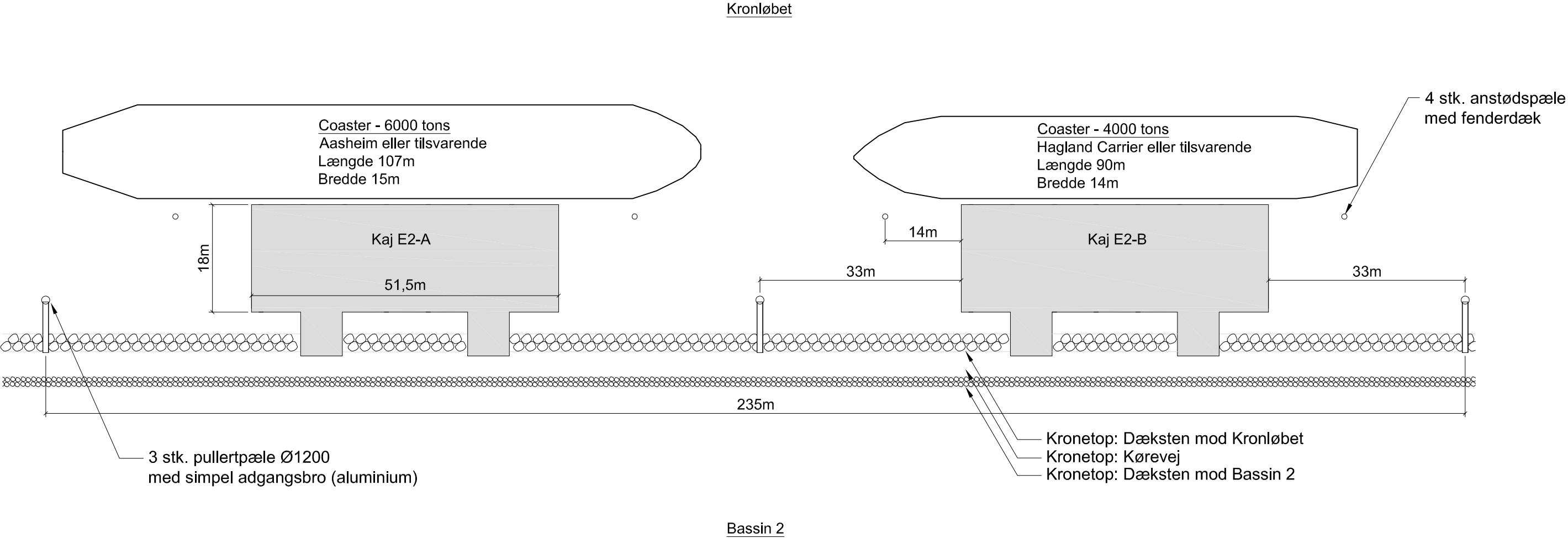
VERSION
3.0

075150225300375450525600675750m

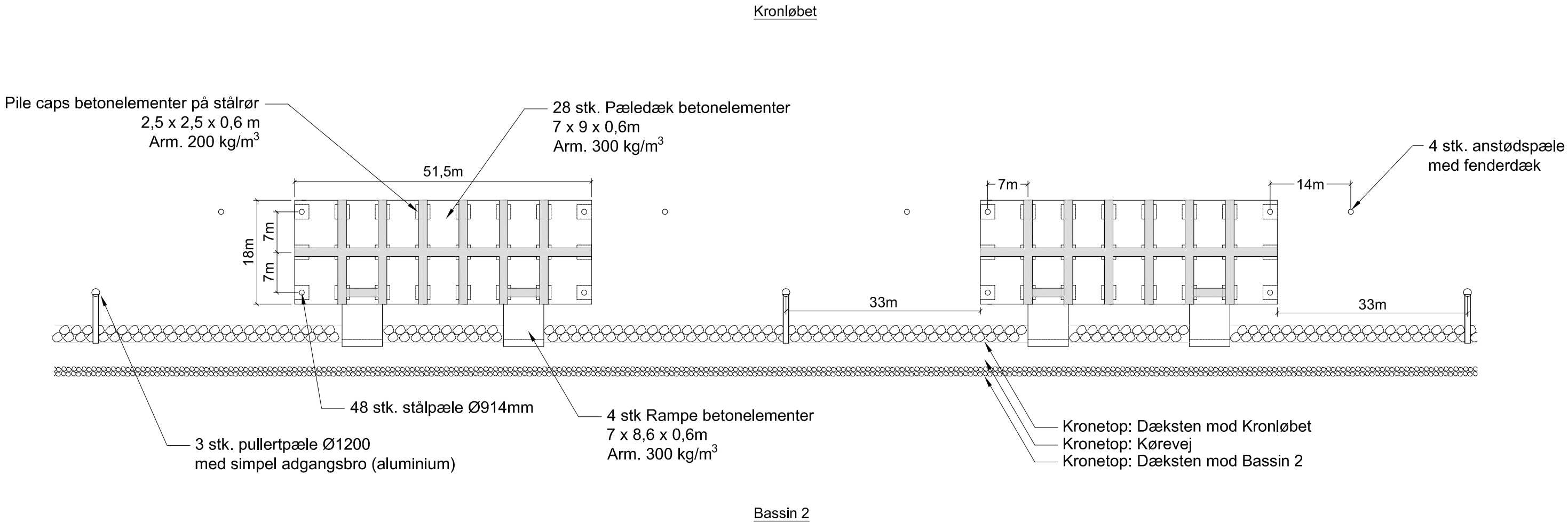
1:7500

SUP1 Thu, 4 May 2023 13:22:05 C:\gwork\dklypw2\cowi_sup\ld0680885\HP-GEN-DWG-403-Bathymetri.dwg

Kajplan - Rev. 1
A3, 1:700



Pæle- og elementplan - Rev. 1
A3, 1:700



A3, 1:400



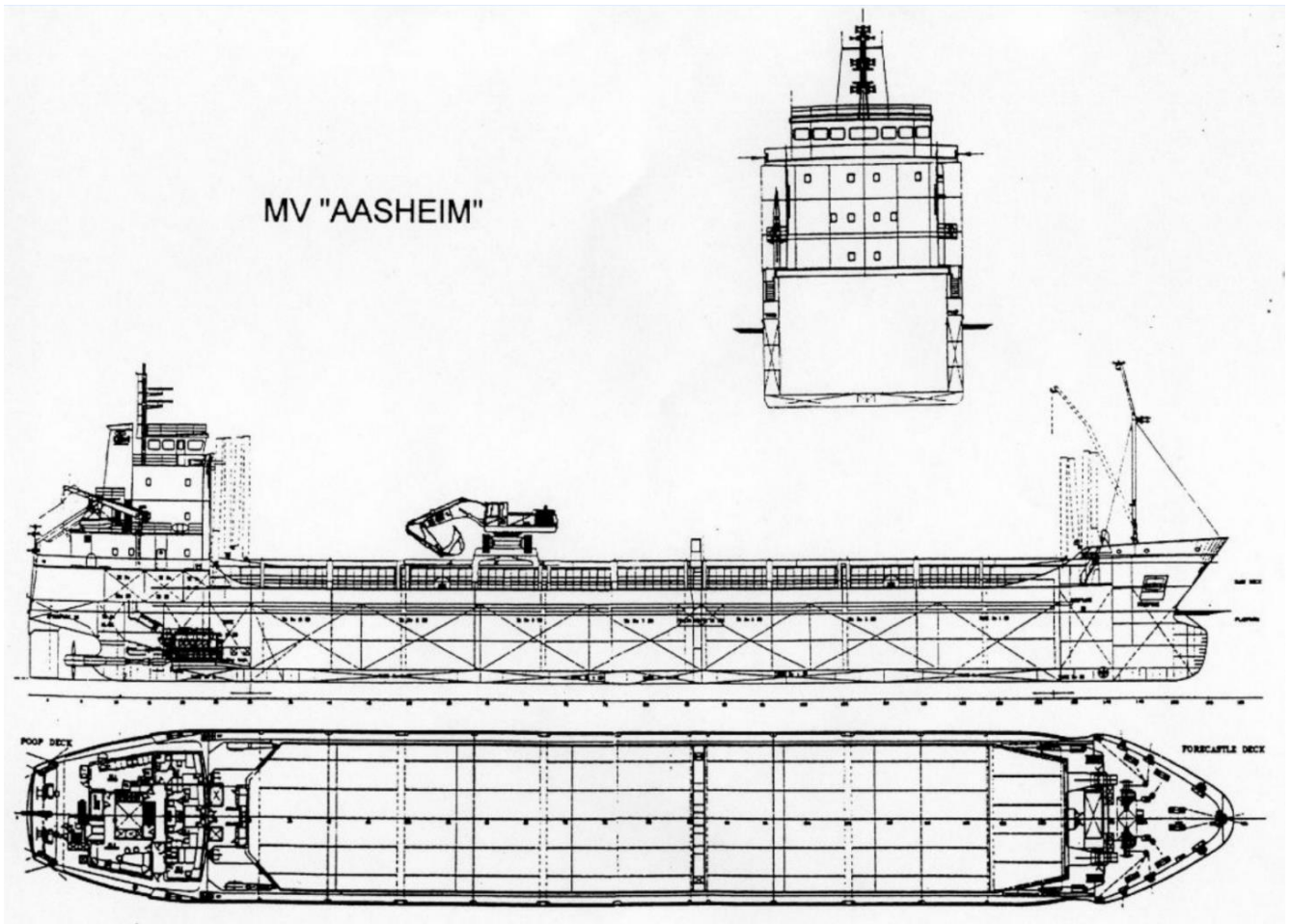
Bilag B: Datablade fra designskibe

<https://aasenshipping.com/fleet/aasheim>

DWAT	6.190 TONS
DWCC, SUMMER	ABT. 5.950 TONS
DWCC, WINTER	ABT. 5.850 TONS
CUBIC HOLD	282.400 CFT TOTAL - 2 HOLDS - 1 BULKHEAD HOLD NO.1: 127.000 CFT HOLD NO.2: 155.400 CFT
GT	4.112
NT	2.267
LOA	107,05 M
BEAM	15,30 M
DRAFT FL.	6,644 M
HATCHES	2 HATCHES HATCH NO.1: 38,80 X 12,68 M HATCH NO.2: 32,10 X 12,68 M
HOLDS	2 HOLDS HOLD NO. 1: 38,80 X 12,68 M HOLD NO. 1: 32,10 X 12,68 M NARROWING FORE/AFT - STEELFLOORED
HEIGHT IN HOLD	9,15 M
HEIGHT WATERLINE / TOP OF COAMING	FORE: ABT. 7,0 M MIDDLE: ABT. 6,27 M AFT: ABT. 5,55 M (FULL BALLAST= DRAFT 4,7 M)
EXCAVATOR TYPE	HITACHI ZX800
DISCHARGE CAPACITY	ABT. 600 TONS/HOUR
OUTREACH	ABT. 10-11 M
BOBCAT	YES
TEU CAPACITY	258 TTL (159 IN HOLD) ALT. 60 FEU + 27 TEU IN HOLD AND 28 FEU + 34 TEU ON DECK
AIRCHANGES	6 AIRCHANGES/HOUR
SPEED LOADED / BALLAST	12 KNOTS / 13 KNOTS
MAIN ENGINE (BHP)	3.750
CONSUMPTION	AT SEA: ABT. 9.600 LTRS G.O. 180 + ABT. 700 LTRS G.O. / DAY. IN PORT: ABT. 1.000 LTRS G.O. / DAY EXCAVATOR: ABT. 40 LTRS / HOUR DURING SELFDISCHARGING.
P & I	GARD
CLASS	RIINA C  - GENERAL CARGO SHIP - DOUBLE SIDE-SKIN - EQUIPPED FOR CARRIAGE OF CONTAINERS - HEAVYCARGO; UNRESTRICTED NAVIGATION.  AUT-UMS ICE CLASS IA
FLAG / HOMEPORT	MADEIRA
YEAR BUILT	2001
BOWTHRUSTER	YES
AIRDRAFT	26 M
MOBILE PHONE	+47 90 80 20 42
SATELITE PHONE	+47 45 96 07 94
E-MAIL	MVAASHEIM@OUTLOOK.COM
MMSI	255769000
CALL SIGN	CQJ
IMO NO.	9247106
TANKTOP LOAD	15 TONS/M2
ISM / ISPS CERTIFIED	YES



MV "AASHEIM"



<https://www.hagland.com/fleet/hagland-carrier/>

M/S HAGLAND CARRIER

Contact this vessel +47 474 72 529 hagland.carrier@hagland.com

VESSEL TYPE: Selfdischarger / boxhold
GT / NT: 2,984 / 1,551
IMO NUMBER: 9479931
FLAG / CALL SIGN: Norway (NIS) / LAHAB



DIMENSIONS

LOA 89.95 m / LBP 84.94 m / Beam 14.40 m



HOLD CAPACITY

202,000 cbft (5,720 m³) grain/bale



TIMBER CAPACITY

Abt. 3,700 solid cbm



GEAR

Hitachi ZX 690 excavator mounted on gantry, fitted with grab for bulk cargoes and logs.



SPEED & CONSUMPTION

Abt. 12.0 knots on abt. 7 mt MGO

All details are without guarantee

DWAT	4,699 mts on 6.23 m sfb
DWCC	4,500 mts on sfb
HOLD DIMENSIONS	1 hold: 62.25 m x 11.70 m x 8.12 m – HWLTHC: 6.95 m
HATCH	Roders Staal pontoon system
CAPACITIES	1,970 mt ballast / 316 mt bunkers / 62 mt FW
MAIN ENGINE / PROPULSION	MAK GM 25 1,980 kW Pitch propeller
AUXILIARIES	2 x 168 kW generators
SPECIAL FEATURES	Bow thruster 250 KW. Bobcat in hold.
CLASS	Bureau Veritas, General cargo ship - Heavycargo, Unrestricted navigation, AUT-UMS (SS), STRENGTHBOTTOM, INWATERSURVEY
BUILT	2011 at Chowgule & Co. Pvt. Ltd., India

M/S HAGLAND CARRIER

Contact this vessel **+47 474 72 529** hagland.carrier@hagland.com



DISCHARGING SPLIT TO LORRIES

LOADING TIMBER

DISCHARGING SAND

