

Broforvaltning med inddragelse af klima og vand

v. Jens Sandager Jensen, COWI A/S

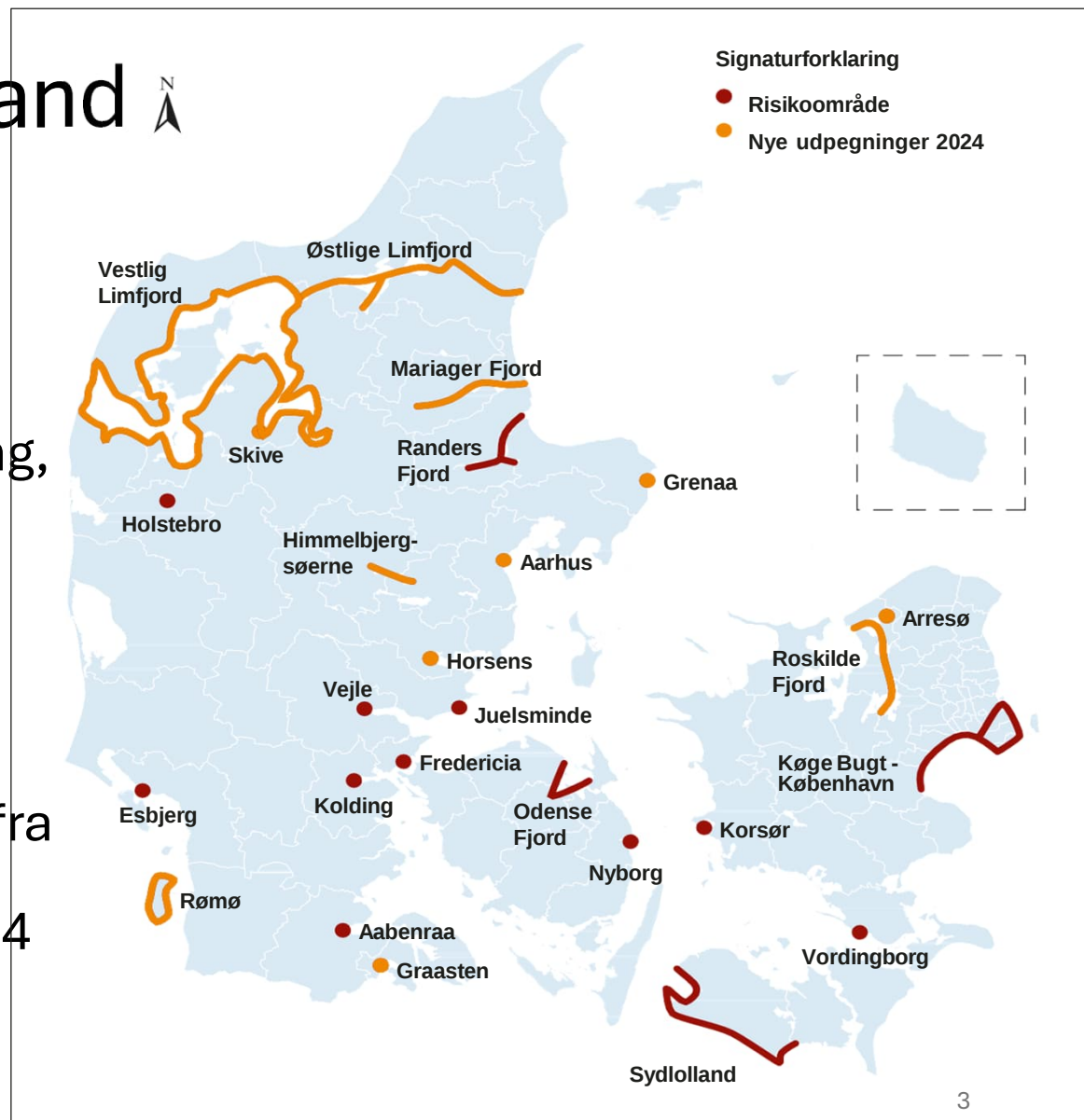
Dagsorden

- Udvikling i klima og vand
- Håndbog - Projekteringsgrundlag for broer – konstruktioner - klimasikring
- Baggrund: bortskylning jernbanebro Adsbøl 2007, jernbane dæmningsskred i Kibæk 2022, Limfjordstunnel 2022, Kolding Å 2025 og Lynetteholm 2025
- Broforvaltning i Danmark
- Ejer og forvaltningsansvar
- Banedanmark og Klimatilpasning
- Erfaringer fra Nederlandene
- Fremtidige perspektiver

Udvikling i klima og vand

- Kystdirektoratet

- Vand fra oven (skybrud, ekstremregn)
- Vand fra siden (havvandsstigning, stormflod, oversvømmelser opstrøms vandløb)
- Vand fra neden (stigende grundvand)
- Risikoområder i 51 danske kommuner for oversvømmelse fra søer, vandløb, fjorde og hav – Kystdirektoratet september 2024



Håndbog - Projekteringsgrundlag for broer – konstruktioner – klimasikring

Afsnit 3.1.1 Krav til sikring af bygværker mod klimaforandringer:

- Bygværker henført til konsekvensklasse CC3, jf. DS/EN 1990/A1 inkl. DK NA, som bærer trafiklast, befinder sig over trafik eller på anden måde er konstruktionsmæssigt vitale for opretholdelsen af trafik, skal dimensioneres således, at de indenfor den forventede levetid er sikret mod virkninger af klimaforandringer
- Det gælder både, når klimaforandringer har direkte indflydelse på sikkerheden med risiko for tab af menneskeliv, og når de er forbundet med store økonomiske konsekvenser
- Sikring mod virkning af klimaforandringer omfatter også mindre bygværker med jordoverdækning og overliggende trafik, fx vandløbsgennemføringer i bane- og vejdæmninger, idet denne type konstruktioner er særligt udsatte

Håndbog - Projekteringsgrundlag for broer – konstruktioner – klimasikring

Klimasikringen skal ske ved anvendelse af en af følgende strategier:

- Bygværket dimensioneres og bygges til at modstå påvirkningerne forårsaget af klimaforandringer.
- Bygværket forberedes ved opførelsen til ombygning/udbygning til at modstå påvirkningerne forårsaget af klimaforandringer. Dimensioneringen skal indeholde kriterier for iværksættelse af ombygning/udbygning og beskrivelse af monitorering og løbende opfølgning og revurdering frem til evt. iværksættelse.
- Etablering af særskilt afværgeforanstaltning, som beskytter bygværket uden at indgå i bygværket, og som dimensioneres til at kunne modstå påvirkningerne forårsaget af klimaforandringer. Afværgeforanstaltningen udføres i forbindelse med etablering af bygværket eller senere. I sidstnævnte tilfælde skal dimensioneringen indeholde kriterier for iværksættelse af afværgeforanstaltning og beskrivelse af monitorering og løbende opfølgning og revurdering frem til evt. iværksættelse

Der skal vælges den mest økonomisk optimale strategi. I den forbindelse bør de økonomiske konsekvenser af trafikale gener, herunder påvirkning af fremkommelighed og punktlighed, indgå

Håndbog - Projekteringsgrundlag for broer – konstruktioner – klimasikring

Følgende mulige effekter af klimaforandringerne skal som minimum medtages og vurderes ved dimensionering af bygværket:

- Stigende nedbørsmængder og nedbørsintensiteter
- Større vandføring og højere vandstand i vandløb
- Stigende grundvandsstand og ændrede sekundære vandspejl
- Havstigninger både som følge af afsmeltning og temperaturstigning (middelvandstand) og som følge af særlige vejrsystemer (ekstremsituationer med oversvømmelser)
- Højere temperaturer (middeltemperatur) og flere hedebløjer (ekstremtemperaturer)
- Hyppigere storme og orkaner
- Parametre som har indflydelse på nedbrydningshastigheder, fx korrosionsrater for stål. Det kan være højere gennemsnitlig luftfugtighed i kombination med højere gennemsnitstemperaturer.

Adsbøl - Sønderborgbanen - 21. august 2007

Dansk Brodag 2010

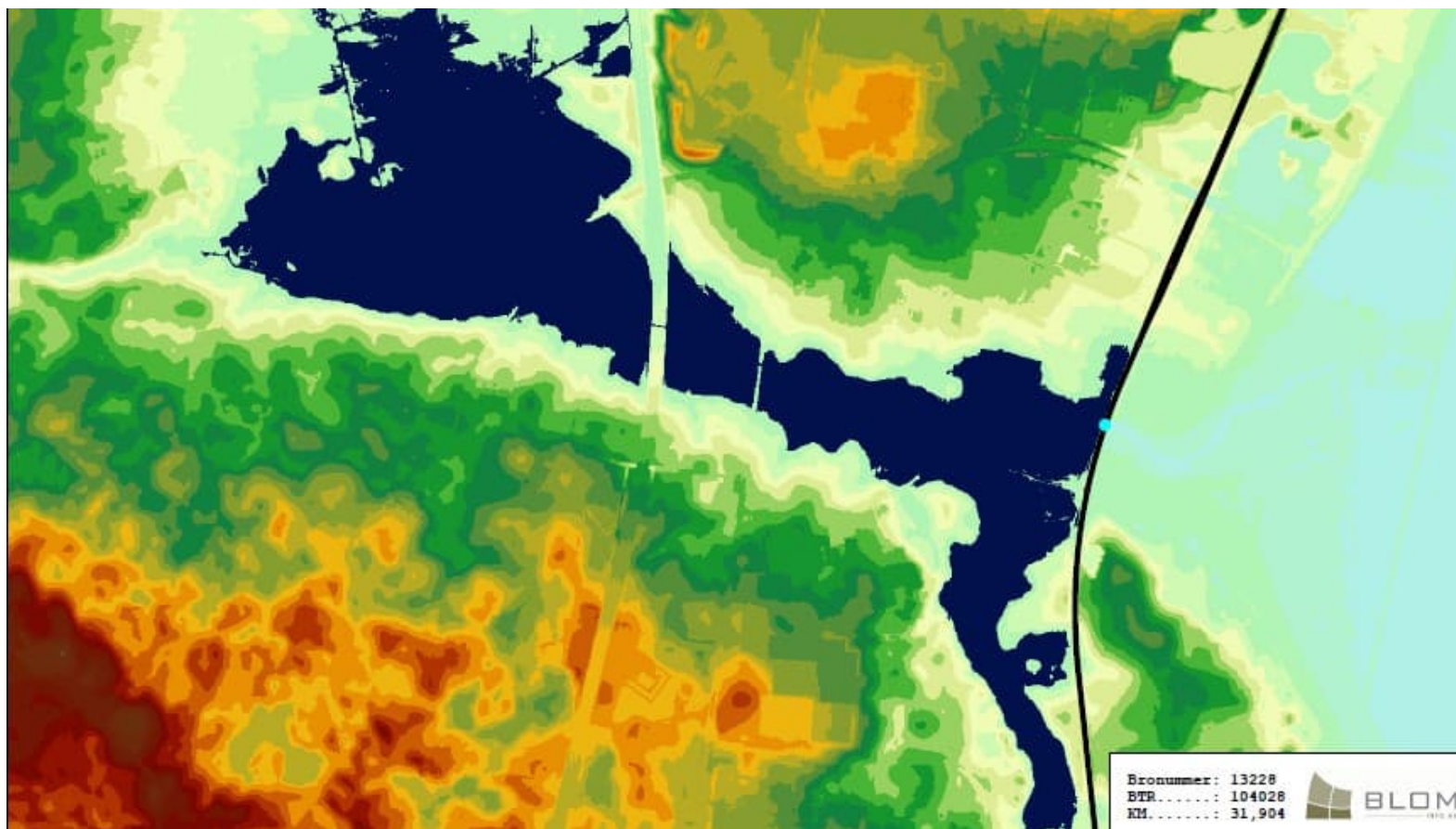


1. april 2025 Dansk Brodag





Kystbanen
Vandløbsbro
Bro nr. 13228
Nivå Å



Nivå Å. Opstuvning fra kote 0,7 til 4,0. 1.700.000 m³, 1.500.000 m² oversvømmet

Skanderborg - Skjern-Banen

Dæmningsskred i Kibæk ved muret underføring fra 1880 i august 2022



Frederikssundbanen Bro 14442 Kagså fra 1879 Projekt Skybrudssikring ved Kagsmosen



Klimasikring tunneller ved hav, fjord og sund

2

ING/
NYHEDER BLOGS DEBAT AVIS SEKTIONER ▾ MERE ▾ VERSION2 PRO EVENT JOB

VORES FOKUS SLUT MED RUSSISK GAS KRIGENS TEKNOLOGI GIFTIGE FLUORSTOFFER POWER-TO-X TECH WEEKLY - ING IN ENGL FLERE >

Tunneler med munding ved havet klimasikres mod stormflod

**PLUS.**

I 2019 blev digerene på nordsiden af Sprogø hævet med 1,5 meter. Det krævede 100.000 ton granitsten og kostede 30 millioner kroner. (Illustration: Sund & Bælt)

Klimasikringen af landets store tunneler bliver for tiden opgraderet.

Af [Hjalte Josefsen](#) 31. mar 2022 kl. 02:00 0

April 2022 Klimasikring af LIMFJORDSTUNNELEN - Niels Gustav Jørgensen & Jan Stæhr

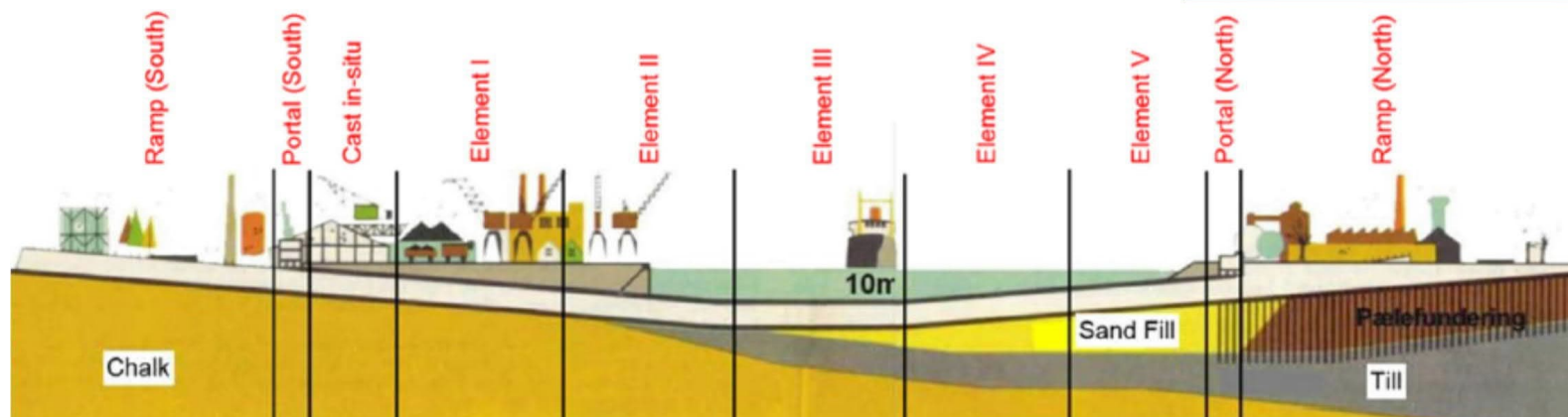
Dansk Brodag 2022

Limfjordstunnelen

- Trafik: ÅDT ca. 90.000
- Længde: ca. 1,0 km
- Dybde: ca. 10,0 sejlrende

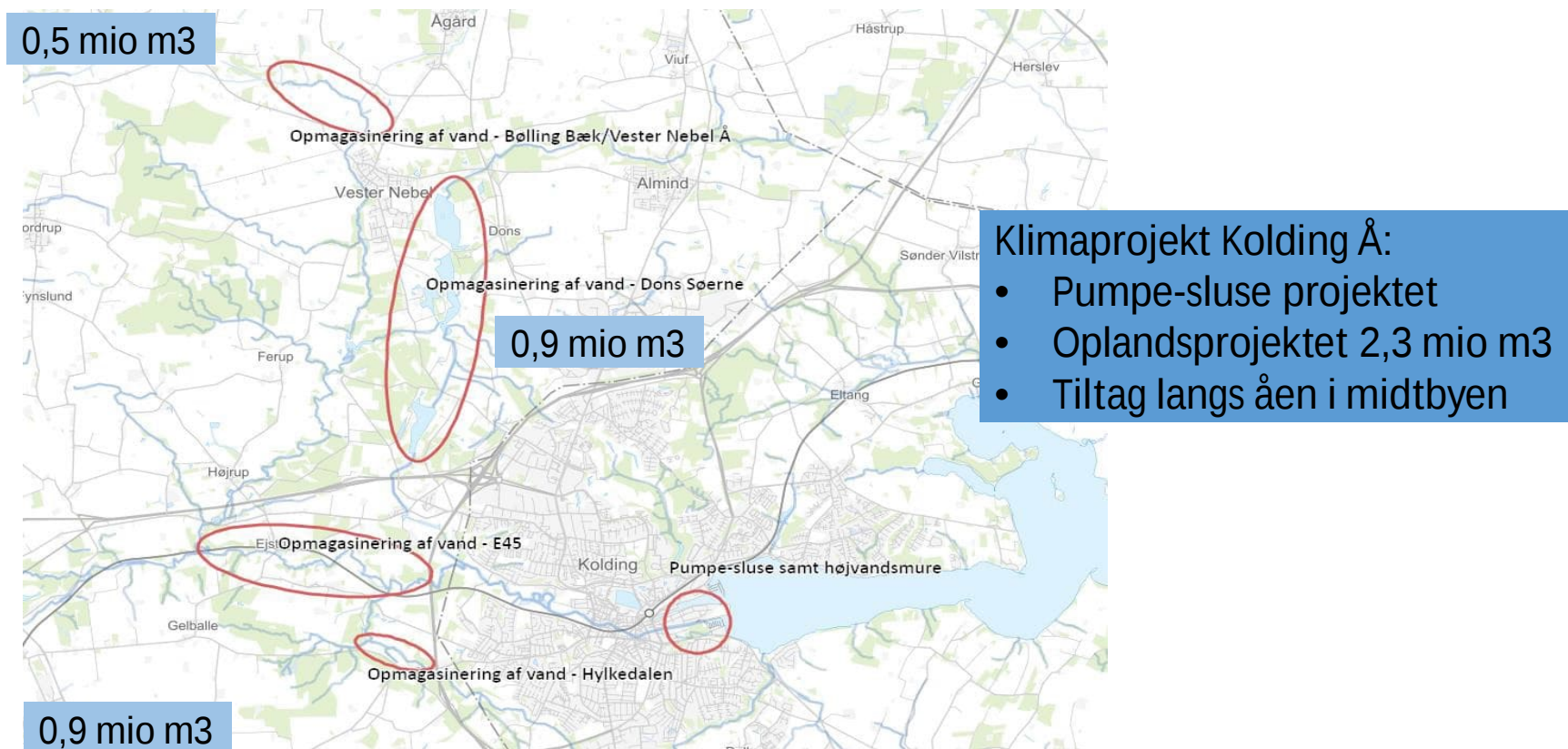


3



April 2022 Klimasikring af LIMFJORDSTUNNELEN - Niels Gustav Jørgensen & Jan Stæhr

Kolding Å - midlertidig opmagasinering vand



Kolding Å – oplandsprojekt med vandparkering



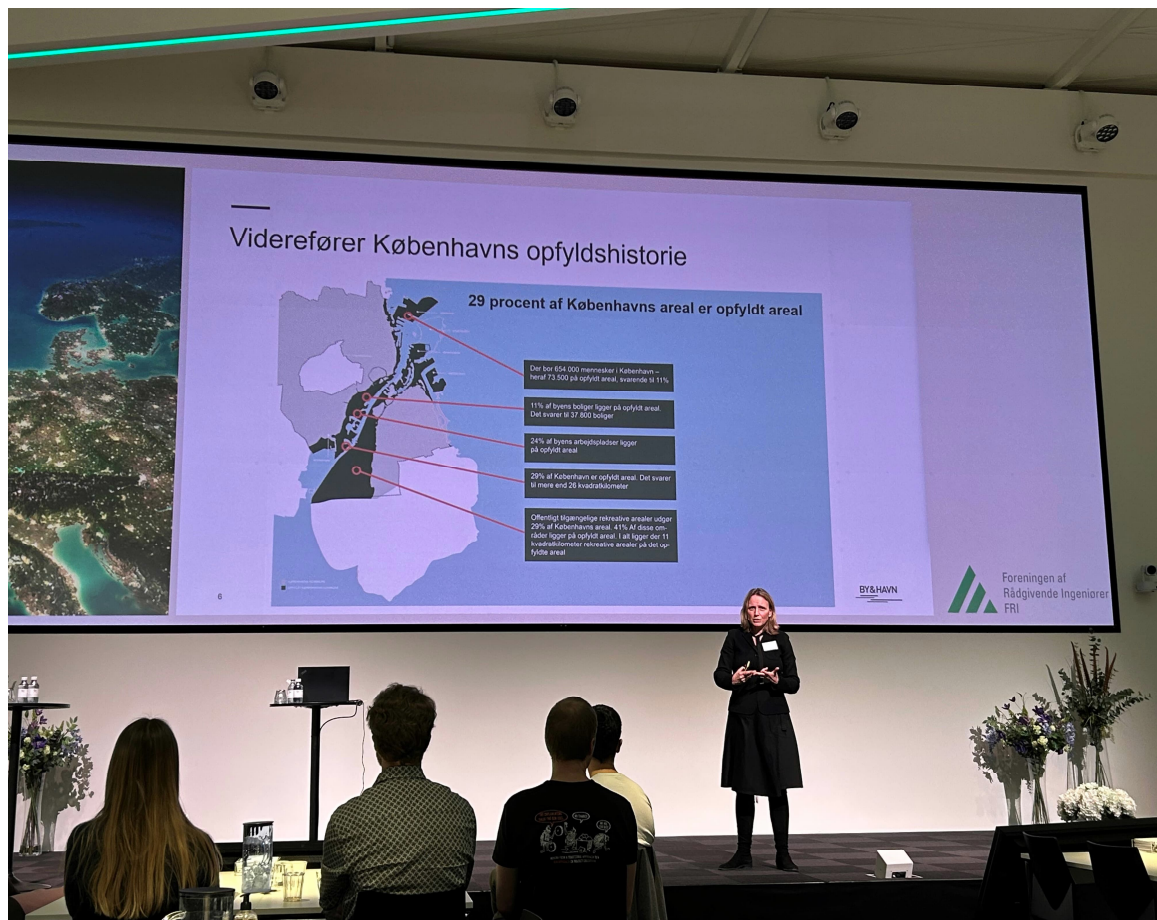
Kolding Å – anlæg af sluse



Lynetteholm – FRI Årsmøde 2025 v. Anne Skovbro By & Havn



Lynetteholm – FRI Årsmøde 2025 v. Anne Skovbro By & Havn



18

1. april 2025 Dansk Brodag

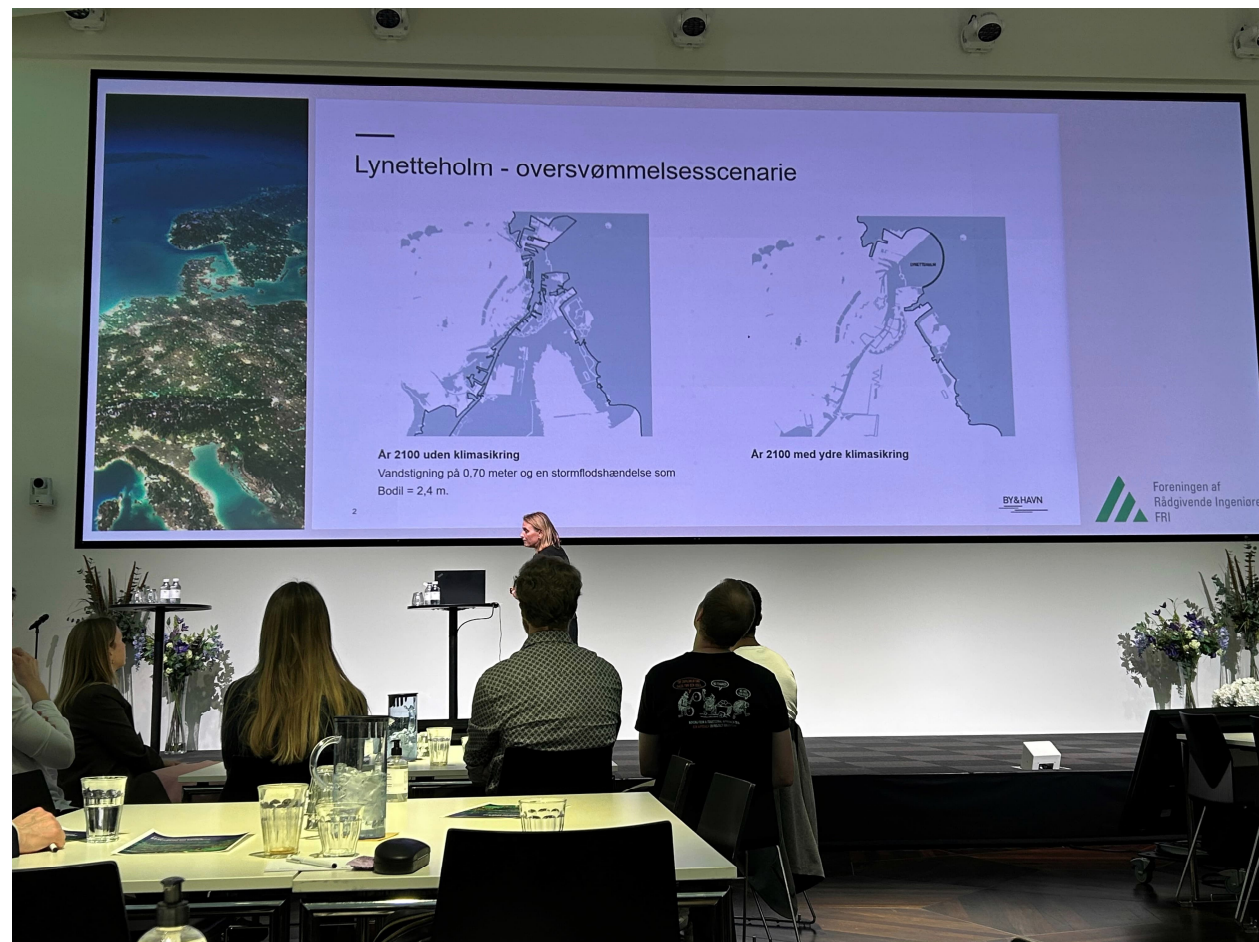
Lynetteholm – FRI Årsmøde 2025 v. Anne Skovbro By & Havn



19

1. april 2025 Dansk Brodag

Lynetteholm – FRI Årsmøde 2025 v. Anne Skovbro By & Havn



1. april 2025 Dansk Brodag

Lynetteholm – FRI Årsmøde 2025 v Anne Skovbro By & Havn



21

Broforvaltning i Danmark

- DANBRO, DANBRO+, MAXIMO & BMS
- Strækingsvurderinger: D4 København – Padborg ved åbning af Storebæltsforbindelsen, S-togsnettet nye S-tog & Ringsted Femern banen
- dTIMS, linear asset management, mv.
- Broer, tunneller, marine konstruktioner, vandløb, kanaler, sluser, dæmninger, diger og øvrige anlægskonstruktioner i transportveje
- Vandforvaltning og vedligehold: Overvåg samt vis vand væk – vand volder vanskeligheder
- Ejer og forvaltningsansvar – SAMARBEJDE mellem alle parter

Ejer og forvaltningsansvar – klima og vand

- Banedanmark (vandløbsbroer, dæmningsanlæg, afvanding, grøfter, mv)
- Vejdirektoratet (Limfjordstunnel(ler), Guldborgsundtunnel, mv)
- Sund & Bælt (Storebælt, Øresund og Femern, samt andel i klimasikring af København)
- Metroselskabet (tunneller og skakte, stationer, dæmninger og broer)
- Kommuner/kystdirektoratet (kritiske områder)
- Private (kritiske områder)
- Vandløbsejere (skal sørge for at vandet kan løbe)



Banedanmark og Klimatilpasning v. Lene Bøgebjerg Bøgvad – Dansk Geoteknisk Forening møde 11/3-25

Lene Bøgebjerg Bøgvad
Infrastruktur - Klimatilpasningsleder

18. December 2024

1. april 2025 Dansk Brodag



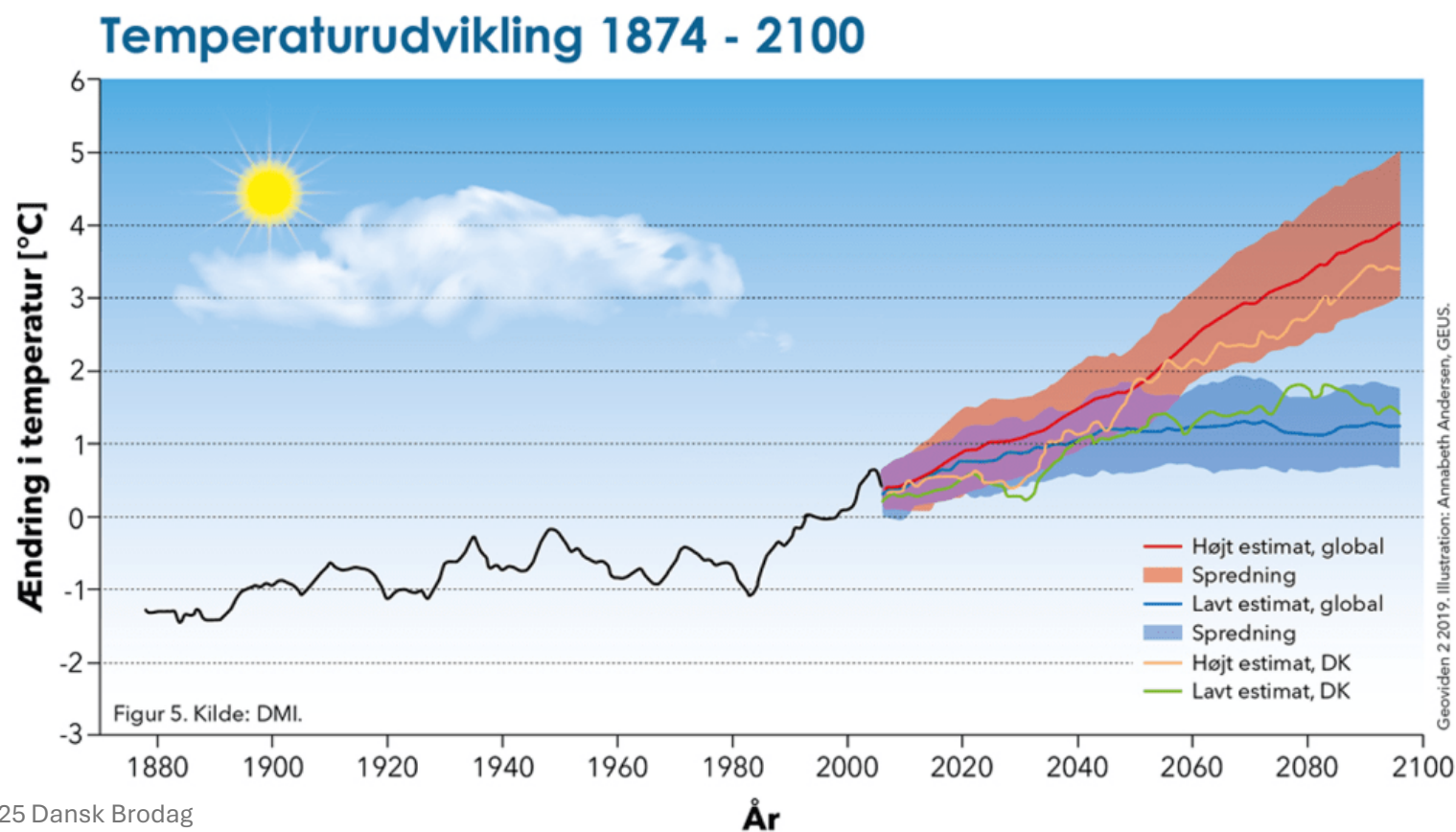
Hvor det hele startede

Jernbanen

- Den første jernbane blev indviet i 1847
- Statens jernbaneinfrastruktur udgør ca. 2,682 km
- Ca. halvdelen af jernbanen er beliggende på dæmning
- Ca. 3800 gennemløb
- Ca. 4000 km grøft



Det alle taler om...

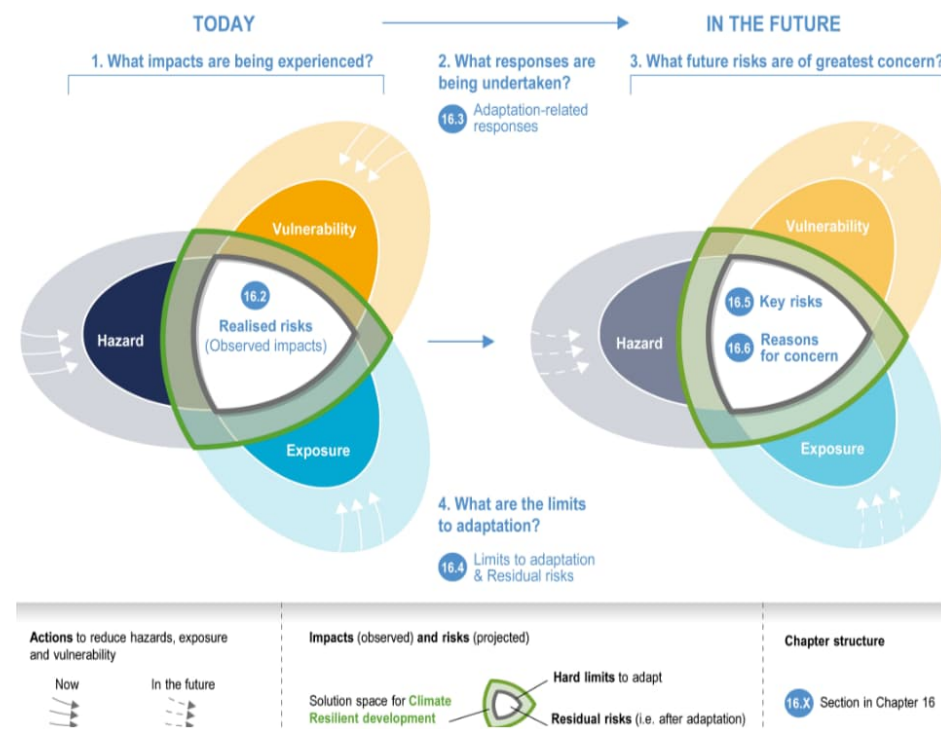


Temperaturen stiger... Vand Vind Varme



Risikoanalyse

- Jernbanen skal være modstandsdygtig overfor klimaforandringer (robusthed)
- Foretage en risikoanalyse – udgangspunkt i ISO14091:2021
- Faren; klimaforandringerne som kraftig nedbør, storm, stormflod, temperaturstigninger osv.
- Eksponeringen; Overbygning, Underbygning osv.
- Sårbarhed; Dæmningsmateriale, gennemløbskapacitet, Bygninger osv.

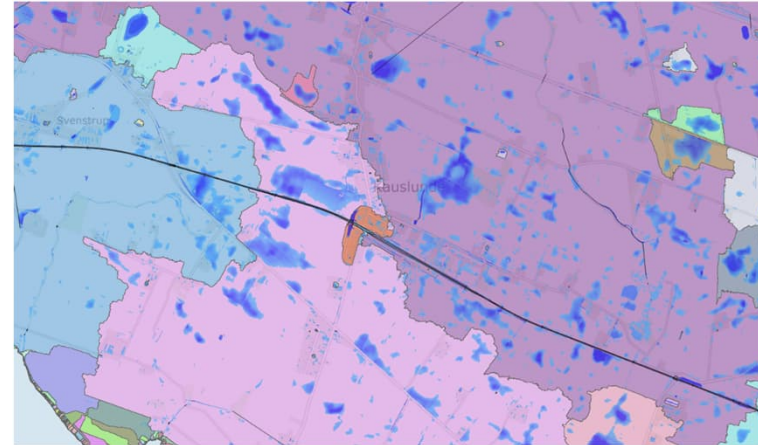


Figur fra IPCC 6. rapport – figur 14.1

Risikoanalysen... og virkeligheden

Jordskred

- Vandløbsbro
- Sporkassen
- Vandløb
- Oplandsstørrelse

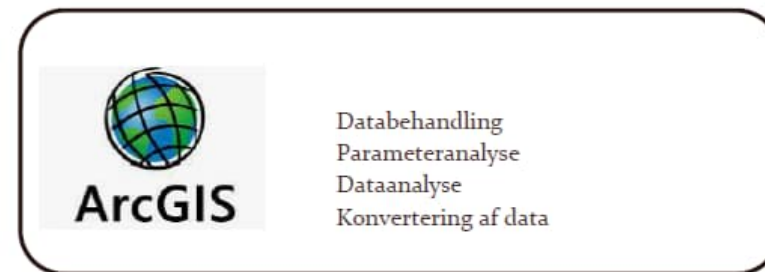


Badekarseffekt

- Sporkassen
- Ballastrensning
- Banenorm

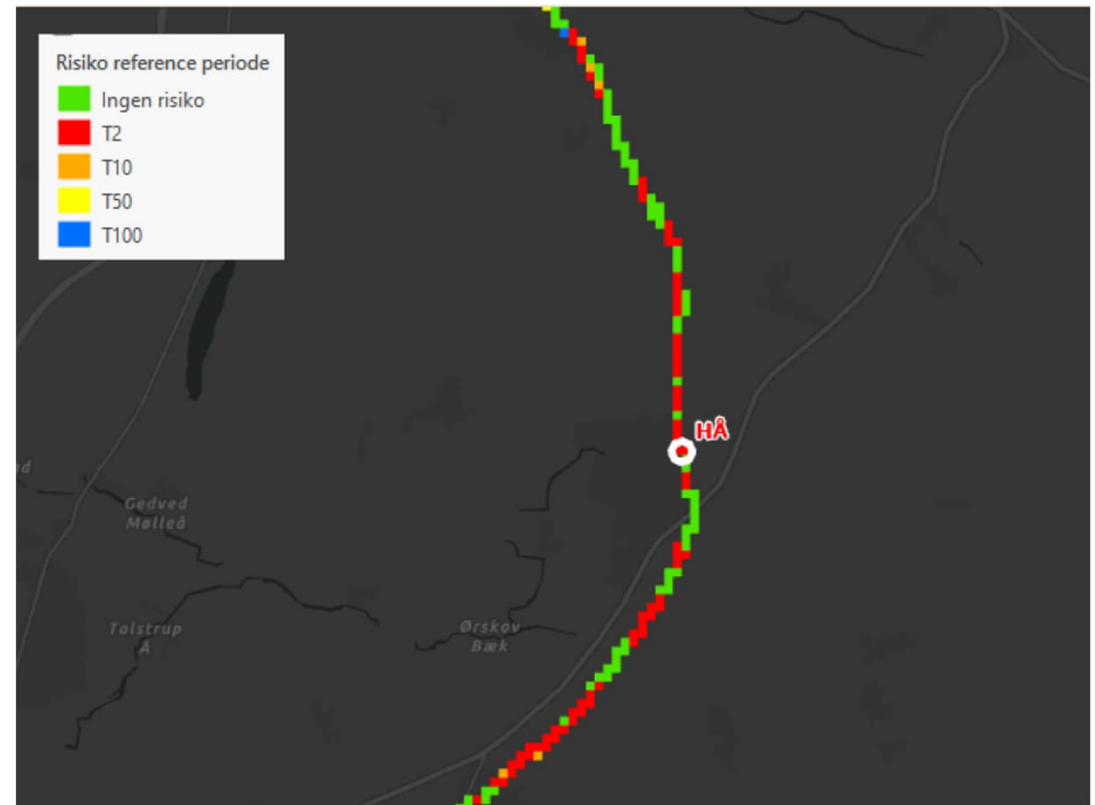


Risikoanalyse kraftig regn

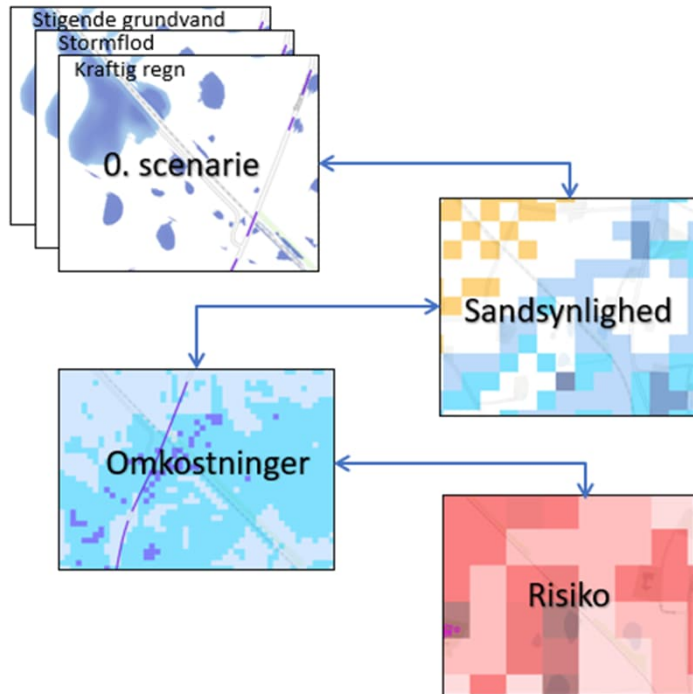


Risikoanalyse grundvand

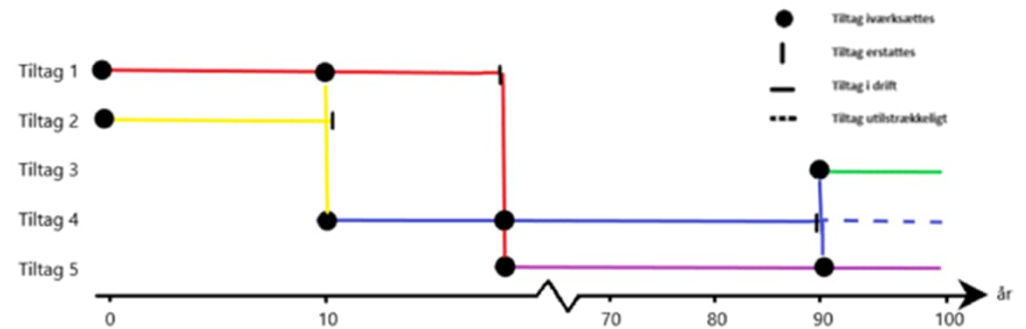
- Jernbanens forløb
- Grundvandsstand i forhold til banens underbygning
- Landsdækkende data
 - Jordart
 - Oplande
 - Grundvandsstand jf. HIP (hydrologisk Informations- og Prognosesystem)
 - IF funktioner
 - F.eks. Hvis bane på dæmning OG sand OG grundvand < 1mut.



Løsningskatalog Vedligehold Lokal risikovurdering



	Flag	Official Language	Official Script/Letter	Government Language	Population
Linguistic	Tamilian Tamil				
	Malay Malay				
	English, Hindi				
	Other Indian				
	Others				
	Others Indonesian				
Administrative Language	Indonesian Indonesian				
	Other				
	English				
	Local Indonesian				
	Indonesian				



Installation af 1200 sensor og varslingsystem

Vand



UDPEGNING AF
LOKALITET (GIS)



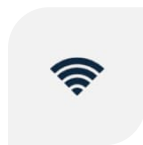
BESØGE LOKALITET
UDBUD RYDNING



SENSORTYPE



INSTALLATION



INTEGRATION AF
SENSOR I DMP
→ BOK



Hvor er vi henne....

- Udarbejdelse af Klimatilpasningsstrategien
- Vejledning til dimensionering af afløbssystemer (BN3 – norm)
- Sårbarhedsanalyse
- Den våde bane
- Sensorer til overvågning af ekstrem nedbør.... Og meget andet



Erfaringsoverførsel fra Nederlandene

- "Deltaworks programme" med varighed 45 år blev startet efter den store 1953 oversvømmelse (tidligere i 1916)
- "Room for river programme" med varighed 20 år blev startet efter oversvømmelse af floderne Rhinen i 1993 og Meuse i 1995
- "Delta programme" blev startet i 2010 med fokus på udvikling til 2100 af frygt for klimaændringer og stigende havvandsniveau.
- I 2026 afsluttes et 6 år stort research program med henblik på evaluering af "Delta programme"
- Hvorfor vandforvaltning i Nederlandene?
- Ijmuiden sluse og vandforvaltning
- Tilpasning af strategier for stigende havniveau i Nederlandene
- Livscyklus forvaltning af hydrauliske anlæg i Nederlandene – satellit teknologi og AI



Hvorfor vandforvaltning i Nederlandene?

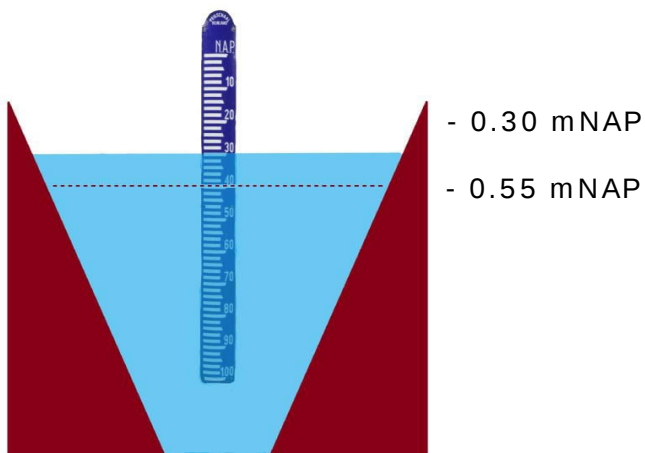


- Ca. 26% af Nederlandene er under havniveau.
- 60% er i risiko for oversvømmelse.
- Vand skal pumpes ud.
- "Amsterdam-Rhine Canal" og "North Sea Canal" er en del af et afvandingssystem.
- Der er ikke nogen påvirkning fra smeltevand fra de større floder.

Vandforvaltning "Amsterdam-Rhine Canal" og "North Sea Canal"

Konstant vandstand:

- undgå oversvømmelse
- sikre skibstransport



Kanal længde ca 100KM
og vandoverflade 29
km² (blåt)

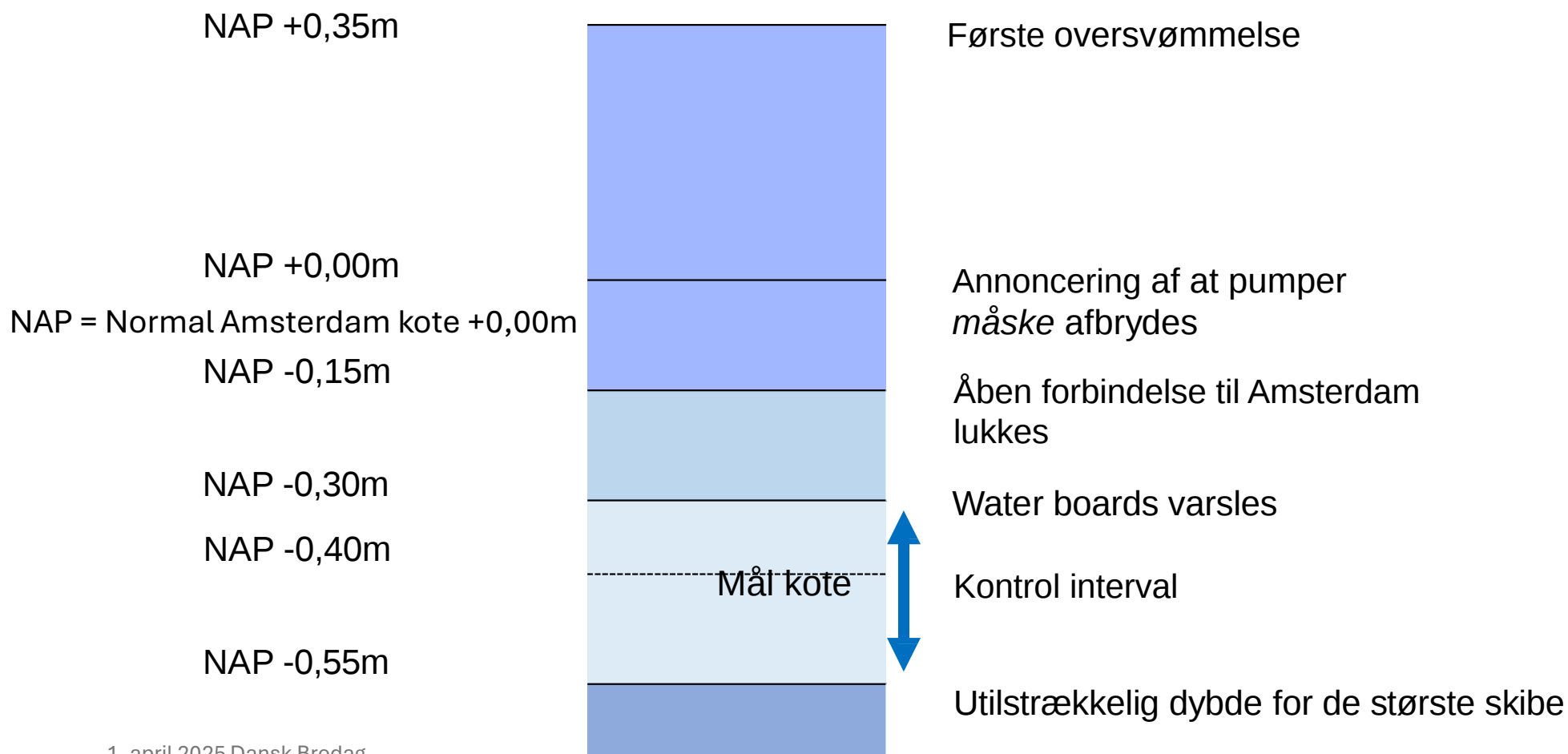
Dræn areal:

Direkte: 2,300 km² (grønt)

Total: 4,000 km² (gult + grønt)

4 mio. indbyggere i
området.

Hvad sker ved forskellige koter?



IJmuiden Locks and watermanagement

Pumping station
(1975) en Sluice
(1940)

Water drainage

Primary flood defence

Zoutdam 2024

Noordersluis (1929)

Zeesluis IJmuiden (2022)

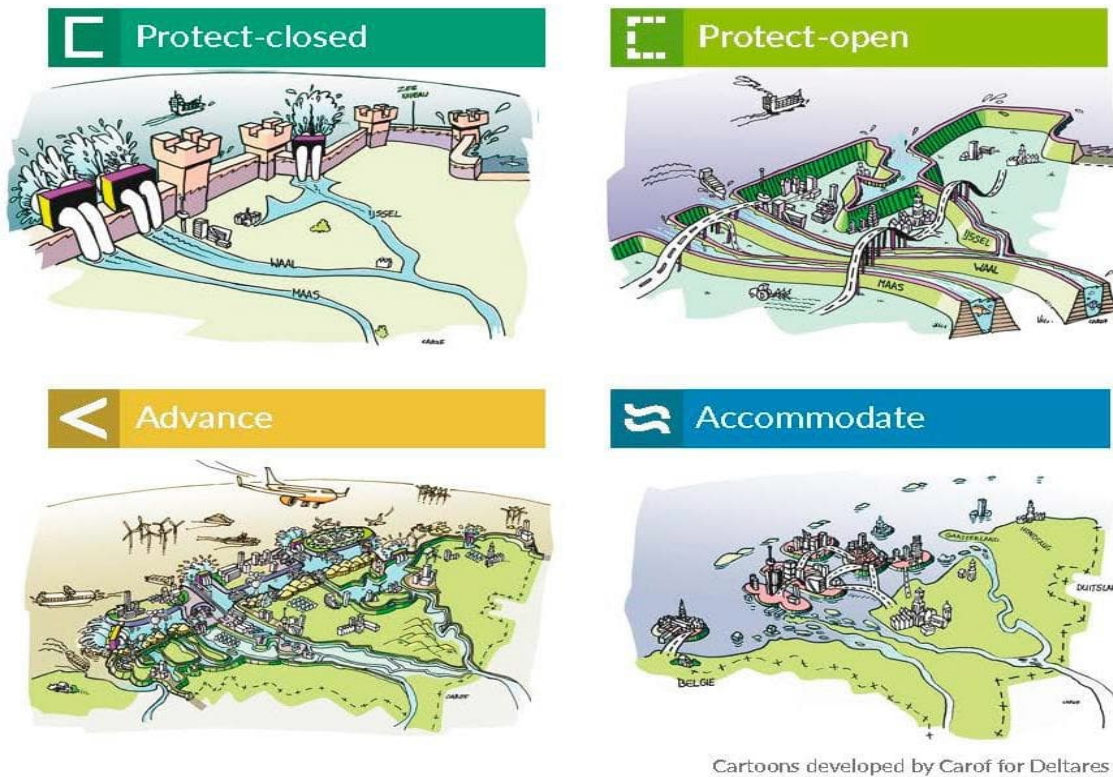
Middensluis (1896)

Kleine en Zuiderluis (1876)

Sluis=Lock



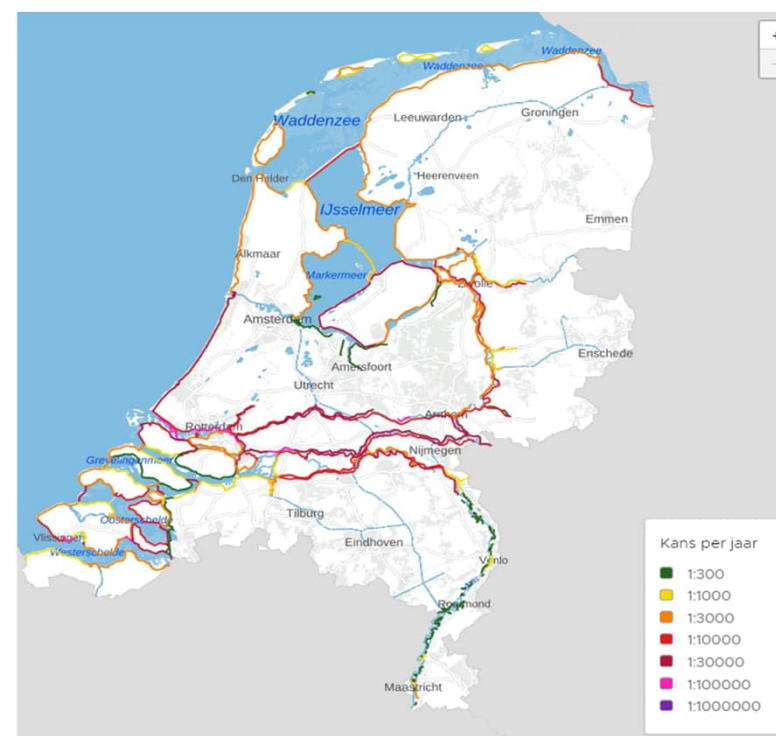
Tilpasning af strategier for stigende havniveau i Nederlandene



Van Alphen et al. 2022 *Uncertain Accelerated Sea-Level Rise, Potential Consequences, and Adaptive Strategies in The Netherlands*. DOI: 10.3390/w14101527

Livscyklus forvaltning af hydrauliske anlæg i Nederlandene

- 22000 km af beskyttelses anlæg mod oversvømmelse
- Anvendelse af satellit teknologi og AI, der muliggør omfattende, effektiv og pålidelig overvågning
- Forbedring af livs cyklus management, inklusiv sikkerhed og levetid af kritiske infrastruktur anlæg
- Startet med fokus på diger
- Øgede vandføring i floder, stigende havniveau og ekstrem vejr



Fremtidige perspektiver - I

- **Mere vand** fra oven (skybrud, ekstremregn), fra siden (havvandsstigning, stormfloder) og fra neden (stigende grundvand)
- 27 kommuner var tidligere udpeget som særligt oversvømmelsestruede ved ekstremhændelser efter reglerne i **EU's Oversvømmelsesdirektiv**
- **Kystdirektoratet** har senest baseret på kortlægning og analyse fastslået at 51 danske kommuner skal udarbejde risikostyringsplaner for at håndtere oversvømmelser.
- Synergi i klimatilpasning og **samarbejde mellem alle parter** i alle faser (planlægning, anlæg og drift)
- Stramning og tilpasning af **lovgivningen** relevante steder

Fremtidige perspektiver - II

- København stormflodssikring med bl.a. Lynetteholm, diger, sluser
- Klimatilpasning i Banedanmark med fokus på at halvdelen af jernbanen på dæmning
- Danske fjorde: Limfjorden, Roskilde, Mariager, Randers og Odense
- Kystbyer: Vejle å, Kolding å og Århus: vandparkering, sluser, udretning/kapacitetsforøgelser åer, højere diger skal klimasikre mod kraftig regn, skybrud, højere grundvand, stormflod
- Lolland & Falster: Nakskov, Sakskøbing, mv: diger, sluseport, sluser, mv

Fremtidige perspektiver - III

- Robusthed og modstandskraft mod klima og vand skal sikres nationalt og regionalt i Danmark samt lokalt i f.eks. kystbyer, i fjordområder, mv.
- Broforvaltning indgår i infrastrukturforvaltning med dræning, afvanding, dæmninger, kanaler og vandløb, hvorfor samarbejde med vandløbsejere og andre infrastrukturforvaltere er meget vigtigt.
- Danmarks topografi (og vandløb) er af ældre dato, hvorfor krydsene infrastruktur som jernbane, motorveje og kommunalveje skal anlægges og forvaltes under hensyntagen hertil.
- Træk på vandforvaltningserfaringer fra andre lande f.eks. Nederlandene.
- Workshops, konferencer, symposier, mv. som de internationale foreninger IABMAS, IALCCE, ITA og IABSE arrangerer med henblik på videndeling.
- Danske og nordiske foreninger/arrangementer som Dansk Brodag, Dansk Geoteknisk Forening, Banebranchen, Nordisk Vejforum, Vejforum, Dansk Betonforening, Dansk Stålinstitut, Brobyggardagen i Sverige, Brukonferansen i Norge, mv.