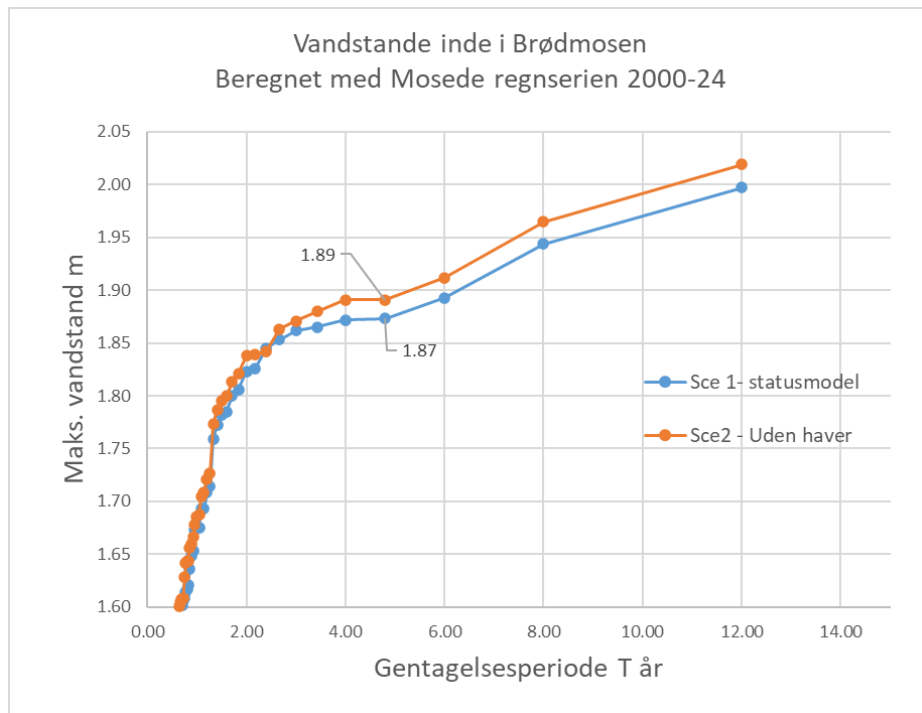


Gentagelsesperioder for vandstande i Brødmosen



Modelteknisk notat

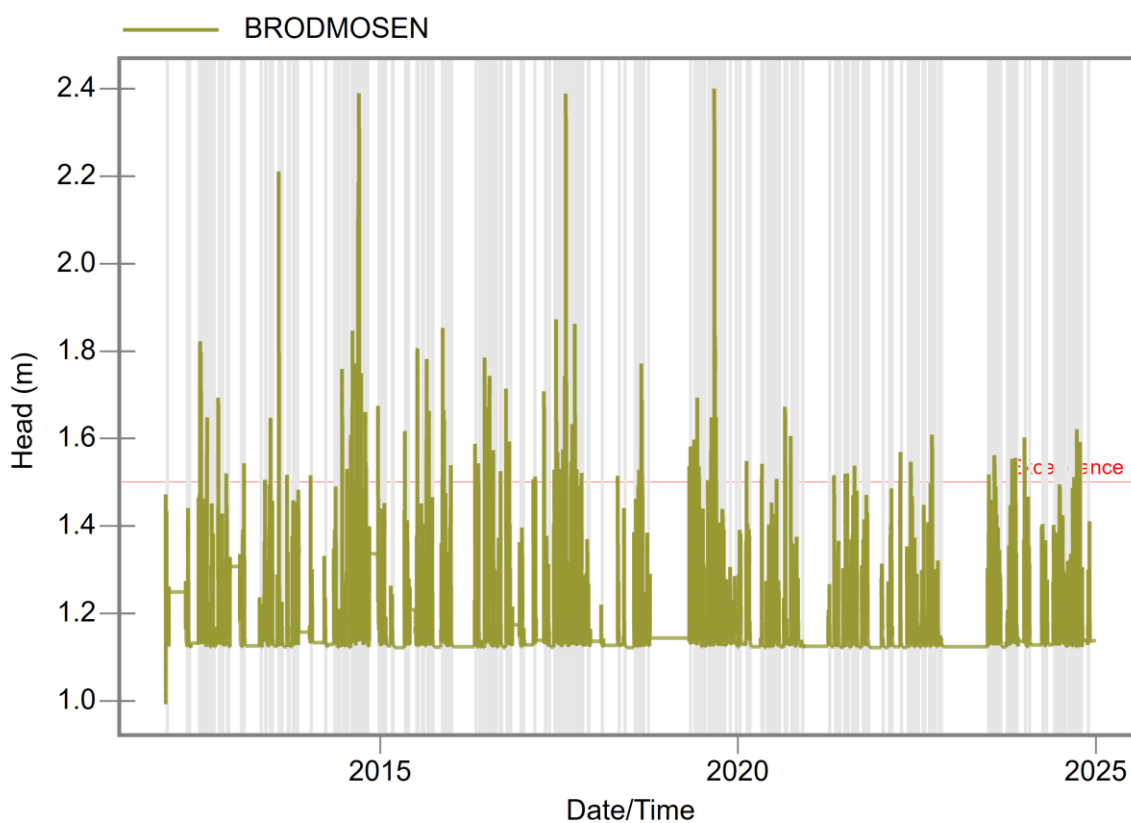
KLAR
FORSYNING

Ver. 2.0 : 11-03-2026 ABB / KS CHBJ

1. Indledning

Til forskellige formål ønskes det at beregne hvordan gentagelsesperioden for en given vandstand i Brødmosen, vil ændre sig for forskellige planlægningsscenarier. Brødmosen er et naturområde, som under udbygningen af Karlslunde Strand i 1960'erne blev indrettet til opstuvningen af regnvand under større regnhændelser.

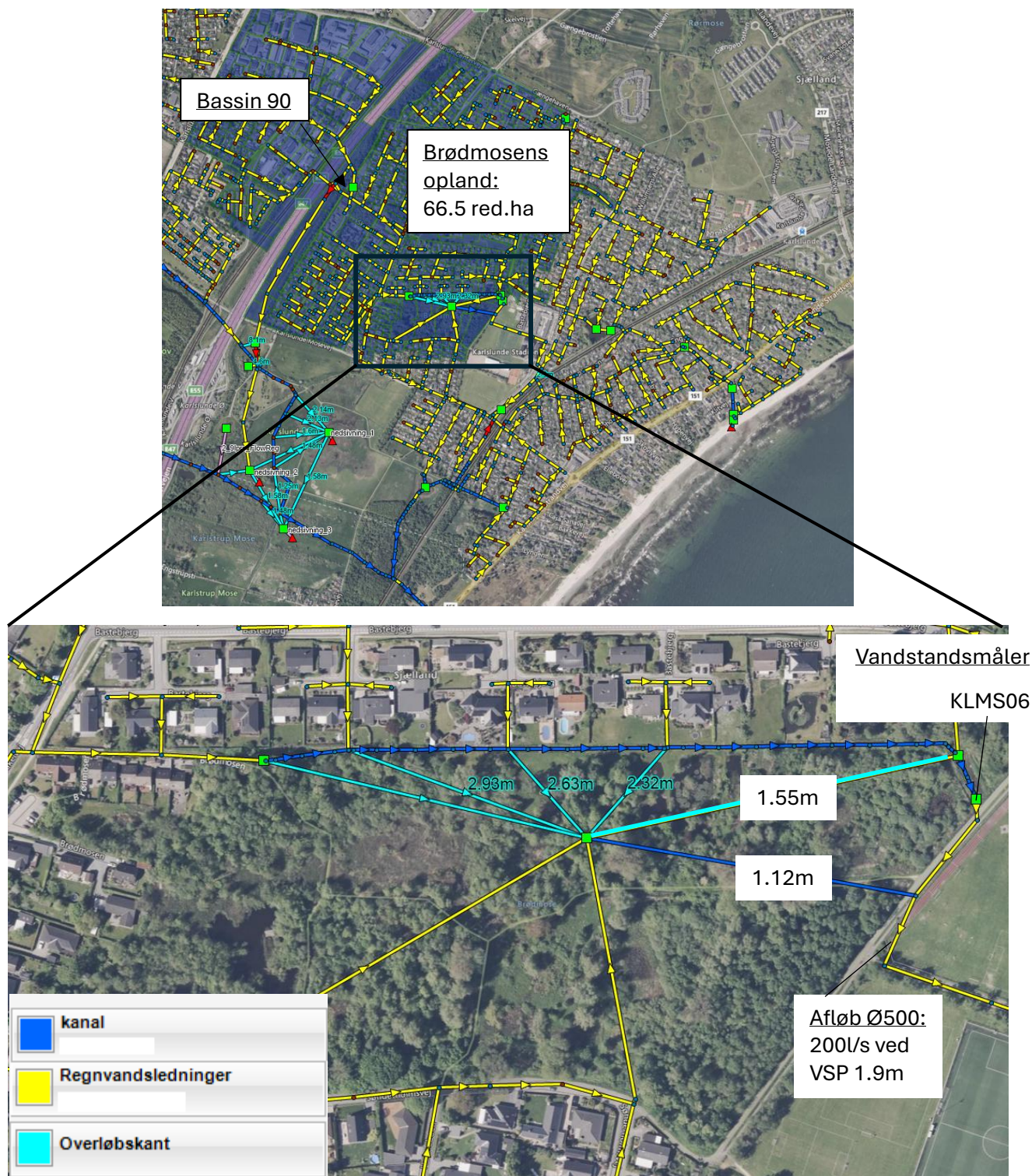
Når man vil fastlægge gentagelsesperioden for vandstande i regnvandsbassiner med relativt små afløbstal (For Brødmosen er afløbstallet ca 3 l/s/red.ha), bør man anvende en lokal regnserie af en vis længde til beregningen. På Mosede Renseanlæg har man en regnmåler som har målt siden 1979, hvor en delperiode år 2000-24 anvendes til at analysere forskellige planscenarier, se Figur 1.



Figur 1 Med en langtidsberegning kan man få vist en tidserie af vandstande beregnet pba. af lokalt målt regn, her er vist vandstande i perioden 2012-24. Det kan optælles hvor mange gange en bestemt kritisk kote overskrides, dvs. vandstandstoppe over den røde linje, og hvis dette relateres til periodens længde, kan gentagelsesperioden af overskridelsen beregnes.

2. Forudsætninger for opsætning af hydraulisk model

Der er opsat en hydraulisk statusmodel for hele afløbssystemet i Karlslunde Strand - Karlslunde Syd, som vist på Figur 2, i programmet PCSWMM.



Figur 2 Oplandet til Brødmosen vist med blå som er en del af den samlede model Karlslunde Strand og Karlslunde Syd. Zoom viser i detaljer hvordan Brødmosen er sat op i modellen.

Figur 2 (zoom) viser de enkelte delelementer af Brødmosen i modellen:

- Placeringen af bassinvolumenet er vist med en grøn firkant centralt i mosen.
- Langs den nordlige grænse af Brødmosen løber den åbne kanal – Brødmose renden- vist med blå streger på Figur 2. Når kapaciteten af kanalen er nået, sker der opstuvninger ind i selve Brødmosen. Kanalens dimensioner bundbredde, bundkote og anlæg er defineret pba. af projektmaterialer fra 1972.
- Overløbene fra kanalen til mosen er modelleret som overløbskanter (Turkis farve), med nogle givne overløbskoter, se tekst på Figur 2, svarende til de generelle brinkniveauer over længere strækninger i højdemodellen 2011. Det er den østligt placerede overløbskant i den laveste kote 1.55m, som først kommer i spil og hvor interaktion mellem kanalen og Mosen begynder. Hvis afløbsledningen er helt fyldt, kan der ske et begrænset indløb til mosen gennem en kanal i ca. kote 1.12m.
- Vandstandsmåleren KLMS06, som bruges til at verificere modelresultaterne, sidder i sandfanget ved udløbet af Brødmose-renden, og er altså ikke målinger af vandstanden i selve Brødmosen. Måleperioden er 2014-2024 med en nedbrudsperiode i 2021.

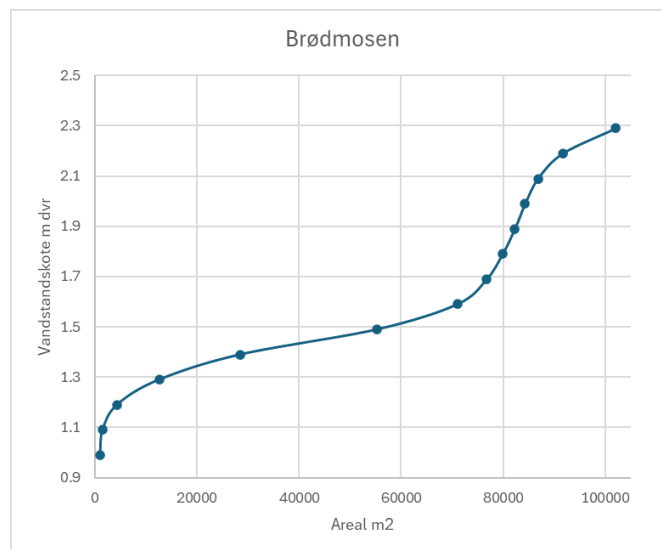
At opsætte en model kræver som altid en vis forsimples af virkeligheden, fx er hele Brødmosens volumen lagt ind som et punkt. Haverne ved Bastbjerg er derfor ikke modelleret separat, men de er anvendt som randbetingelse for modellen. Derfor kan statusmodelresultater fra Brødmosen ikke bruges til at vise en hydraulisk spredning af vand inde i haverne, men beregne hyppigheden for vandstande mosen, når haverne ikke oversvømmes.

En indsigt i hydraulikken, er at det styrende element for fyldningen og tømningen af Brødmosen er afløbsledningen Ø500, som kan lede 200 l/s ved vandstand ca. 1.9m. Dette kan omregnes til et afløbstal på ca. 3 l/s/red.ha, hvis man dividerer med oplandsarealet. Afløbsledningen udgør den hydrauliske begrænsning i systemet, hvorfor det fx ikke forandrer vandstanden i Brødmoserenden at udvide kanalen.

Det befæstede oplandsareal til Brødmosen er vist med blå på Figur 2 og er ca. 66.5 red.ha.

Modellen er en overordnet planmodel, som KLAR forsyning typisk anvender til beregninger omkring serviceniveauet for regnvandsystemet T=5 år ud over større byområder. Derfor er modellen opsat med det fulde befæstede arealer svarende til hydraulisk reduktionsfaktor = 1.

I statusmodellen er Brødmosens volumen ca. 36.000 m³ under kote 1.92m. Bassinet er beskrevet ved en areal-højdekurve på baggrund af data kommer fra Danmarks højdemodel, se Figur 3.



Figur 3 Brødmosen højdearealkurve baseret på Danmarks højdemodel.

Herudover er det eneste bassinvolumen i Brødmosens opland: bassin 90 – ”Fugleparken” som ligger lige øst for motorvejen som har et volumen på ca. 3000 m³, se Figur 2.

Anvendte randbetingelser- regn og havvandstand

I et fremtidigt klima bliver de dimensionsgivende regn større, men det er ikke nødvendigvis tilfældet for hverdagsregn, hvorfor det pr. årsbasis vil være en overestimering af nedbøren at anvende en fast klimafaktor, hvorfor denne tilgang fravælges.

En nærmere analyse af delperioden 2000-24 af Mosede Regnserien viser dog et passende klimasignal, når den sammenlignes med den regionale model.

Tabel 1 viser F-værdier for forskellige længder af Mosede SVK-regnserien, for regnvarigheden 6 timer, hvilket er kritisk for bassiner som Brødmosen. F-værdierne blev fundet med spildevandskomiteens regnrækkeværktøj [ref. 1], og viser hvor meget en lokal regnserie afviger fra den regionale model, der fx er udgangspunktet for CDS-regnen, som bruges til rørdimensionering.

T år	Mosede 1979-2024	1979-1999	2000-2024	2013-2024
0.1	1.04	1.06	1.02	1.05
0.5	0.96	1.02	0.91	1.02
1	0.94	1.01	0.88	1.09
2	0.92	1.03	0.85	1.12
5	0.91	1.08	0.81	1.1
10	0.9	1.13	0.78	1.06
20	0.89	1.19	0.75	0.99
50	0.89	1.29	0.71	0.88

Tabel 1 F-værdier for varighed 360 min.

Mosedede regnserien indeholder mange større regnhændelser specielt fra 2000-2012, som gør at serien samlet set, ligger meget over den regionale model i nærområdet, hvilket ses af at f-værdierne er under 1. For Mosede 2000-24 og de relevante gentagelsesperioder 5-10 år svarer f-værdierne 0.8, til at man burde gange regnintensiteterne med ca. 0.8, altså fjerne ca. 20% af regnen for at få den til at svare til det nutidige klima i den regionale model.

Hvis man regner den anden vej, og ganger 0.8 med de typisk anvendte klimafaktore 1.24 og 1.3 (for hhv. T=5 og T=10år), fås ca. værdien 1

Derfor baseres dimensionering af bassiner i KLAR forsyning bassiner på perioden 2000-24 for Mosede regnserien, som viser et passende klimasignal, se ref.2.

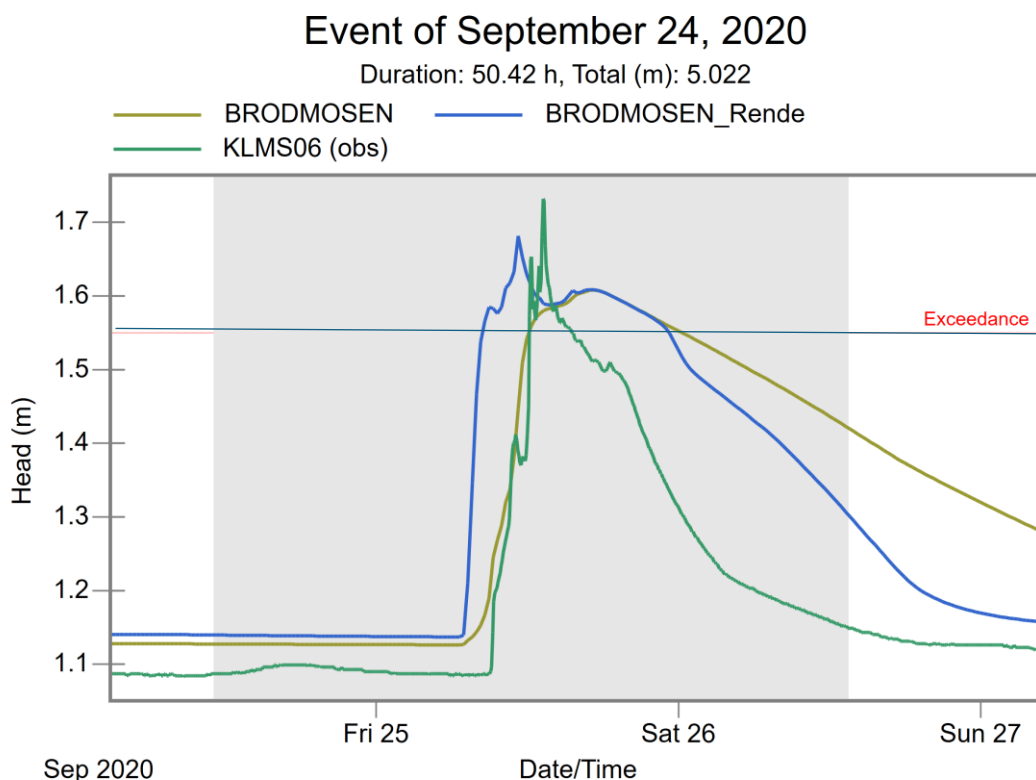
Havvandstand er sat til 0.3m fast svarende til nuværende forhold under regn.

Der er ikke indregnet en hydrologisk afstrømning fra grønne arealer i modellen, herunder heller ikke taget højde for grundvandstilstrømning til Brødmosen, hvilket der selvfølgelig vil være i virkeligheden. Der er en stor årstidsvariation på den hydrologiske tilstrømning som er størst om vinteren, og der kan den i princippet have indflydelse på maks. vandstanden hvis fx mosen allerede er halvfyldt når kanalen begynder at gå i overløb. Den hydrologiske afstrømning har mindre indflydelse på afstrømningen i selve kanalen, da det primært er befæstede områder der løber til kanalen, og da der ikke er nogen kendte markdræn der går på. Disse hydrologiske bidrag antages ikke at være betydende, og derfor ikke med i modellen. Denne antagelse kvalificeres ved at sammenligne med målinger af vandstand i følgende afsnit.

Verifikation af modelresultater med målte vandstande

Vandstandsmåleren KLMS06, som sidder i sandfanget ved udløbet af Brødmose-renden se Figur 2, bruges til at verificere modelresultaterne, og er altså ikke en måling af vandstanden i selve Brødmosen. Sammenligningsperioden er 2014-2024, med en målere nedbrudsperiode år 2021.

Figur 4 viser en hændelse hvor dynamikken for vandstandsmålingerne KLMS06 (grøn kurve) svarer rimeligt til modelresultaterne i Brødmosen-rende (blå kurve), mens selve Brødmosen (brun kurve), følger en anden dynamik. Det store volumen i selve Brødmosen tager lang tid at fylde, og fyldningen starter først når vandstanden i renden oversigter 1.55m, hvor det første overløb på Figur 2 kommer i spil. Vandstanden i Brødmosen vil altså typisk ikke nå så højt et niveau som i selve renden.

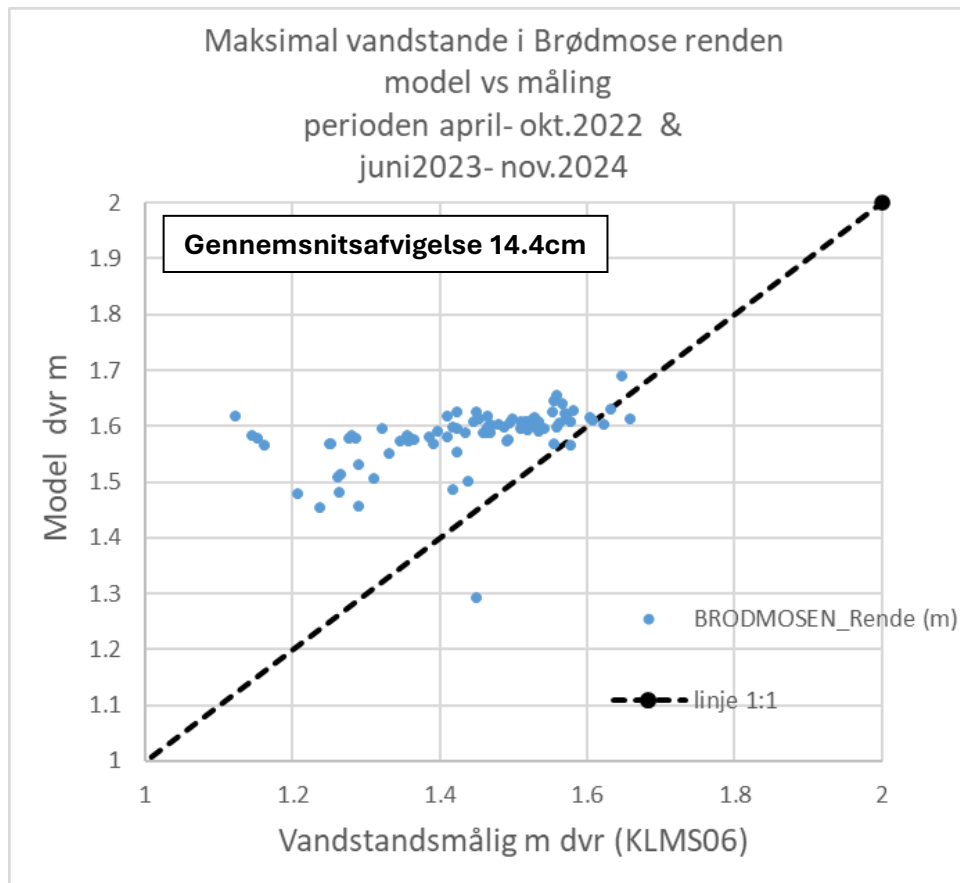


Figur 4 Illustration af hvordan vandstanden i renden typisk vil nå en højere maksimal vandstand end selve mosen. Med vandret linje kote 1.55m er vist det niveau hvor mosen begynder at fylde. Hændelse 25. september 2020 vist som eksempel.

For at kunne fastslå om der er en generel tendens til at modellen over eller underestimerer vandstande i forhold til målinger, bør man analysere en lang række hændelser som vist på Figur 5 og Figur 6.

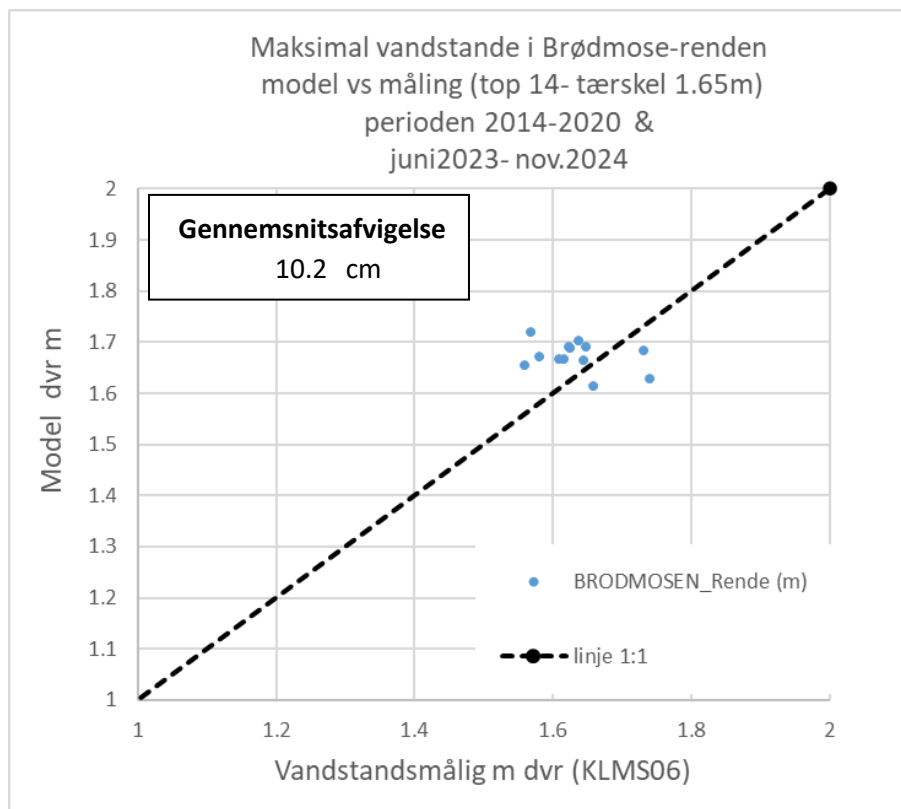
Maksimal vandstand for målinger og beregnede modelresultater er plottet på Figur 5 for perioden efter 2022- 2024, hvor der ikke har været målt nogen rigtigt høje vandstande, men til gengæld mange lidt lavere vandstande i Brødmoserenden. De 88 prikker på Figur 5, svarer til 88 hændelser hvor maks. vandstande for model og målinger er sammenlignet.

Der er en ikke direkte overensstemmelse mellem model og måling idet de fleste punkter ligger over 1:1 linjen, og giver en værdi omkring vandstand 1.6m i modellen (5 cm over overløbskanten). Men det er sikret at modellen beregner konservativt i forhold til de usikkerheder, der er forbundet med årstidsvariation og usikkerheder på målinger og model. I gennemsnit er der en absolut afvigelse på 14.4cm på vandstanden, med en klar tendens til modellen giver et konservativt estimat af vandstanden i Brødmosen.



Figur 5 Maksimal vandstande i Brødmosen model vs. måling for perioden april til oktober 2022 og juni 2023 til november 2024 i alt 25 måneder. 88 sammenlignede hændelser.

Fordi modellen har en stor afvigelse for de lidt mindre hændelser, laves tilsvarende sammenligning for hele den periode hvor der er samhörørende værdier af målinger og modelresultater 2014-20, samt juni 2023- november2024, se Figur 6. I den periode er der registeret nogen større regnhændelser.



Figur 6 Maksimal vandstande i Brødmosen model vs. måling for perioden 2014-2020 og juni 2023-24. Der er kun vist hændelser med vandstand over 1.65m i enten model eller måling (tærskel 1.65m). Plot af de 14 største vandstande

Figur 6 viser et plot af de 14 største hændelser målt i Brødmoserenden, og her ser man at hændelserne ligger tættere på, med hændelse både over og under 1:1 linjen. Der er en bedre overensstemmelse mellem model og måling, for disse lidt større hændelser omkring serviceniveau. Der beregnet en gennemsnitlig absolut afvigelse på 10.1cm, med en klar tendens til modellen giver et konservativt estimat af vandstanden i Brødmosen.

Modellen kan derfor bruges til at give et konservativt estimat for dimensionering og analyse af vandstanden i selve Brødmosen, med reference til standard proceduren ved bassindimensionering i KLAR Forsyning [ref.2].

Modellen bliver i resultatafsnittet brugt i bredere sammenhæng til scenarieanalyse og langtidsstatistik for årene 2000-24 med Mosede regnserien.

Scenarier

Der laves modelberegninger for følgende planlægningsscenarier for afløbssystemet i Karlslunde Syd, som sammenlignes inde for selve Brødmosen (ikke Brødmoserenden)

Scenarie nr:

1. Baseline- statusmodel
2. Minus haver 1000m³ – v. bastebjerg

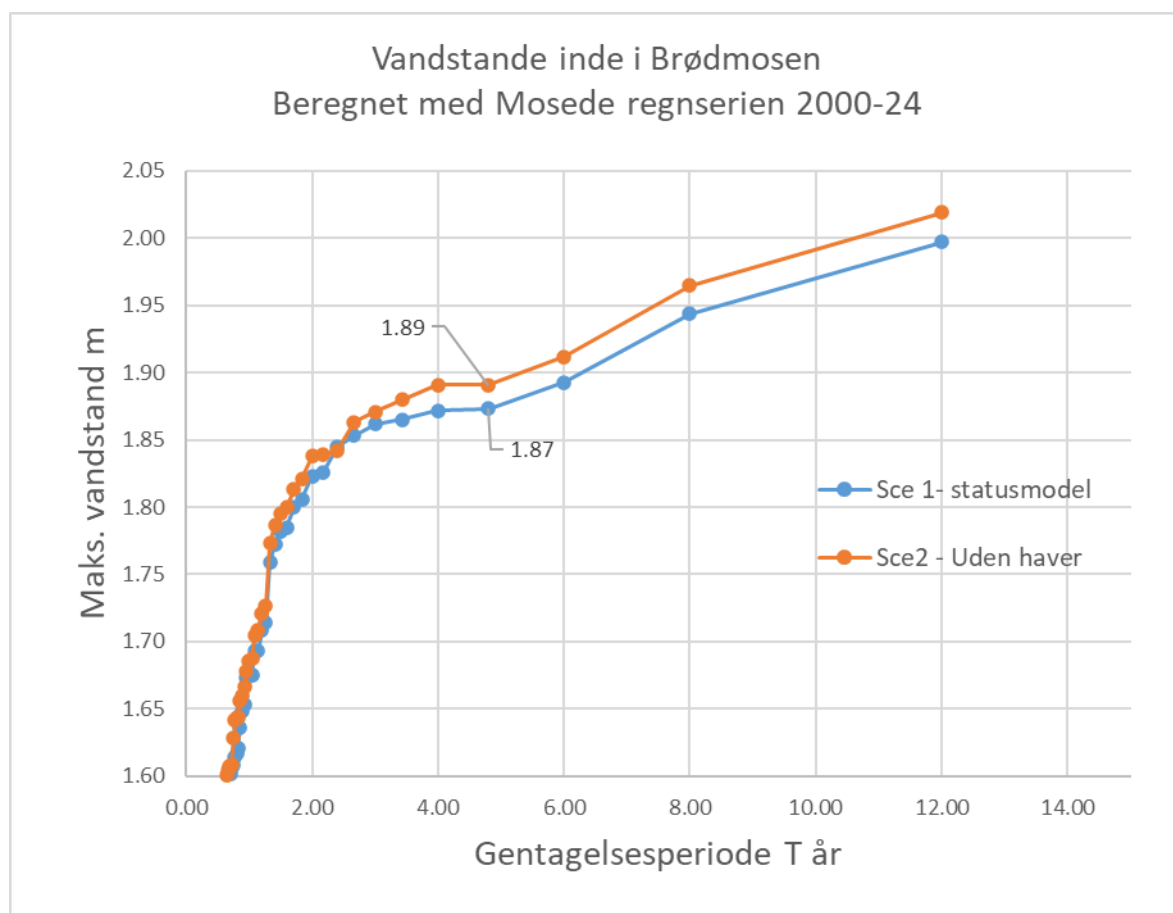
I baseline scenariet med Statusmodellen er Brødmosen volumen ca. 36.000 m³ under kote 1.92m, og når der scenarie 2 fjernes 1000 m³ af dette volumen, svarende til haverne ved Bastebjerg, er det derfor forventeligt at effekten er meget lille, idet det kun svarer til 2-3% af opstuvningvolumet der forsvinder.

Modelresultater

Resultaterne i dette afsnit er vandstandskoter i selve Brødmosen (ikke Brødmoserenden), som kan bruges som udgangspunkt for projektering af digehøjder, se sidste afsnit.

Da målingerne har vist, at modellen er mere retvisende for de større hændelser (herunder også en 5-års regn) end for hverdagshændelserne, fokuseres der på vandstandsforskelle mellem scenarierne for de store hændelser omkring serviceniveau.

Figur 7 viser vandstande i Brødmosen for forskellige gentagelsesperioder. Vandstandskoten for T=5 år med klimafremskrevet til år 2100, er 1.87m i status og 1.89m når der etableres et dige ind mod haverne. Stigningen i vandstand ved at fjerne 1000m³ fra Brødmosen totale volumen, aflæst som forskellen mellem scenarie1 og scenarie 2 er ca. **1-2cm** afhængigt af hvilken gentagelsesperiode der aflæses for. For T=5 år er stigningen 2cm. 1- 2cm stigning er inden for usikkerhederne på modelresultatet, hvorfor der i praksis ikke vil være nogen forskel i oplevet vandstand og hyppighed eller udbredelse i mosen.



Figur 7 Gentagelsesperioder for en given vandstand i Brødmosen for scenarie 1 og 2 med klimafremskrivning til år 2100.

For gentagelsesperioder lavere end $T=1.5$ år (under vandstand 1.8m) falder stigningen ved at fjerne haverne til under 1cm, hvilket er et udtryk for at store dele af afstrømningen løber forbi Brødmosen i afløbsledningen, under disse hændelser. Stigningen i vandstand ved at fjerne volumenet i haverne vil være minimal inde i selve Brødmosen for hændelser med vandstand under 1.6m.

Digehøjde

Her argumenteres der for at vælge en digehøjde på 2.0 m dvr, når scenarie 2 skal detailprojekteres.

Dette giver en vis overhøjde ca 10 cm i forhold til en vandstandskote 1.89m, det konservative estimat af en 5 års hændelse med klimafremskrivning til år 2100.

Overhøjden er primært fordi løsningens serviceniveau udfordres over tid af terrænsætninger i den underliggende gyttejorden, og fordi det er svært rent anlægsteknisk at være så præcis som 1.89m. Det er standard procedure at lægge sikringsniveau med overhøjde i forhold til stuvningsniveau, når man fx anlægger bassiner eller andre jordanlæg langs vandløb, især hvis der er blød jordbund i jordlagene.

Referencer

[ref. 1] Skrift nr. 32, Spildevandskomiteen 2023

[ref. 2] Dimensioneringspraksis for bassiner KLAR forsyning 22-05-2025