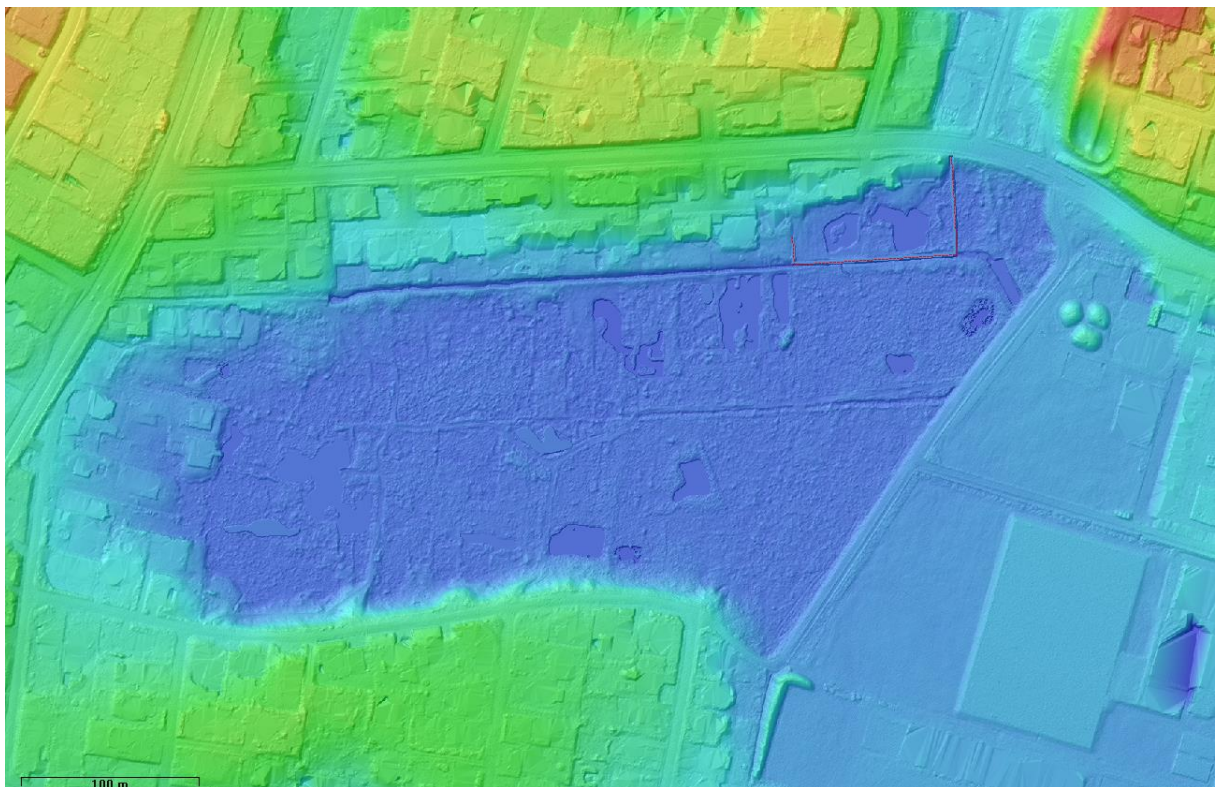


KLAR FORSYNING

# BRØDMOSEN – SUPPLERENDE MODELBEREGNINGER TIL ESTIMERING AF DIGEHØJDER

Dato: 2026-03-13

KLIK OG SKRIV FORTROLIGHED





|                     |                                                                       |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Projekt navn:       | Brødmosen – Supplerende modelberegninger til estimering af digehøjder |
| WSP projektnr.:     | 22003761                                                              |
| Kundens projektnr.: | NA                                                                    |
| Projektleder:       | Torben Sune Bojsen                                                    |
| Udarbejdet af:      | Jørn Torp Pedersen                                                    |
| Kvalitetssikret af: | Torben Sune Bojsen                                                    |
| Godkendt af:        | Troels Christiansen                                                   |

## INDHOLD

|          |                                               |           |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INDLEDNING .....</b>                       | <b>4</b>  |
| 1.1      | FORUDSÆTNINGER OG DATAGRUNDLAG .....          | 4         |
| <b>2</b> | <b>METODE 1 – BASSIN DIMENSIONERING .....</b> | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>METODE 2 – BOKS MODEL.....</b>             | <b>10</b> |
| 3.1      | EKSISTERENDE FORHOLD .....                    | 10        |
| 3.2      | PLAN FORHOLD .....                            | 15        |
| <b>4</b> | <b>OPSUMMERING .....</b>                      | <b>20</b> |
| <b>5</b> | <b>REFERENCER.....</b>                        | <b>21</b> |

# 1 INDLEDNING

Til brug for en miljøkonsekvensvurdering samt dimensionering af digehøjder ved projekt i Brødmosen har KLAR forsyning opstillet en PC SWMM model, der ved LTS beregninger simulerer vandstande i Brødmosen og Brødmoserenden. KLAR forsyning har ved statistisk bearbejdning af modellens resultater estimeret, at digehøjden skal være 1,89 m DVR90, hvis diget dimensioneres til en overskridelseshyppighed på en gang hvert femte år ( $T=5$ ) i et fremtidigt klima. Med samme model er det beregnet, at vandstanden i Brødmosen uden dige vil være 1,87 ved T5 i det fremtidige klima. Forskellen på de to tal skyldes, at etablering af diget vil afskære et volumen i Brødmosen, svarende til at vandstanden skal være 2 cm højere ved T5 for, at mosen indeholder det samme volumen.

For at sandsynliggøre, at estimaterne fra KLAR Forsynings model er troværdige, har WSP foretaget to selvstændige analyser til estimering af vandstande ved T5 ud fra en betragtning om, at den bedste måde at vurdere et modelresultat på er at beregne det på en anden måde, og se om det giver det samme.

---

## 1.1 Forudsætninger og datagrundlag

Til brug for estimering af volumen og vandstand i Brødmosen er følgende forudsætninger anvendt:

- 1: Opstrøms areal = 66,5 red ha. (/1/)
- 2: Maksimal vandføring i nedstrøms Ø500-ledning, der fungerer som flaskehals (vandbremse) ud af området, er 200 l/s (/1/)
- 3: Nedbørsintensiteter målt ved SVK Station 58.10, Mosede Renseanlæg i perioden 1979 til 2025. Der anvendes "Alle Hændelser", dog er åbenlyse fejlregistreringer i juli 2007 fjernet fra serien.
- 4: Danmarks Digitale Højdemodel, nyeste version nedtaget via Scalgo-Live i efteråret 2025.
- 5: Målte vandstande (2014-2025) ved målestation KLMS06 udleveret af KLAR Forsyning.
- 6: Samtidige modelberegnete vandstande og vandføringer ved ovenstående Ø500 rør (udleveret af Klar Forsyning), der kan anvendes til udarbejdelse af Qh relation.
- 7: Spildevandskomiteens SVKs Regional Regnrækkeværktøj v2023låst.xlsm.
- 8: Projektforslag. Brødmosen. Ver. 3,0 af 26. maj 2025.

Nedenfor præsenteres de to metoder.

## 2 METODE 1 – BASSIN DIMENSIONERING

Med Spildevandskomiteens SVKs Regional Regnrækkeværktøj v2023låst.xlsm er der foretaget en bassindimensionering for T5 i dag og T5 inklusive klimafaktor på 1,25. Der er anvendt koordinater for SVK måler 58.10 Mo-sede Renseanlæg, et reduceret areal på 66,5 red ha., samt en afskærende ledningskapacitet på 200 l/s.

Figur 1 viser, at der skal anvendes et forsinkelsesvolumen til T5 i dag på 22.507 m<sup>3</sup>.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

Regnkurve karakteristika

Northing (WGS84 ZONE 32)

6163375

Easting (WGS84 ZONE 32)

706565

Årsmiddelnedbør [mm]

625

Middelværdi ekstrem døgnnedbør DMI Klimagrid [mm/dag]

28.7

Gentagelsesperiode (år)

5

Operationel faktor (-)

1

Beregnes ud fra N og E koordinater

Beregnes ud fra N og E koordinater

Bassindimensionering opstrøms udløb

Oplandskarakteristika

Befæstet areal (ha)

66.5

Hydrologisk reduktionsfaktor (-)

1

Afskærende lednings kapacitet (l/s)

200

Klimafaktorens andel af den operationelle faktor kan beregnes på fanen "Beregning af klimafaktor"

NB. Frekvens- og operationel faktorer på regnen indgår ved beregning af bassinvolumen

14

15

16

17

18

19

20

21

22

Design regnkurve

Varighed

Intensiteter

Spredning

Operational faktor \*

Udglattet tilpasning som grundlag for CDS regn

$z_T$

$S\{z_T\}$

$f^* z_T$

Regression

(min)

( $\mu\text{m/s}$ )

( $\mu\text{m/s}$ )

( $\mu\text{m/s}$ )

( $\mu\text{m/s}$ )

2

31.49

1.56

31.49

31.76

5

24.14

1.06

24.14

23.99

10

17.84

0.65

17.84

17.53

30

9.14

0.66

9.14

9.19

Volumen af bassin

22507 m3

Effekten af koblede regn ER inkluderet (20 % ekstra volumen)

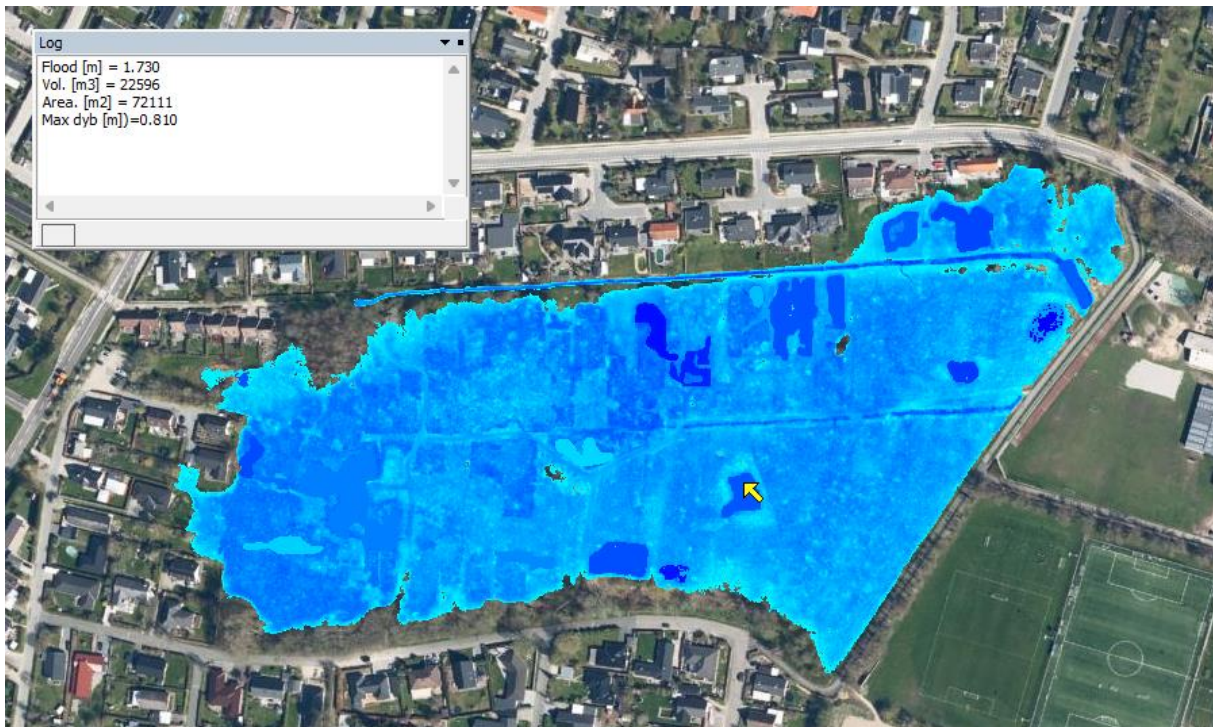
Tjek volumenkurven for at validere om de 20 % er fornuftigt

Minimum tømmetid [timer]

31.3

Figur 1. Bassin dimensionering for T5 i dag

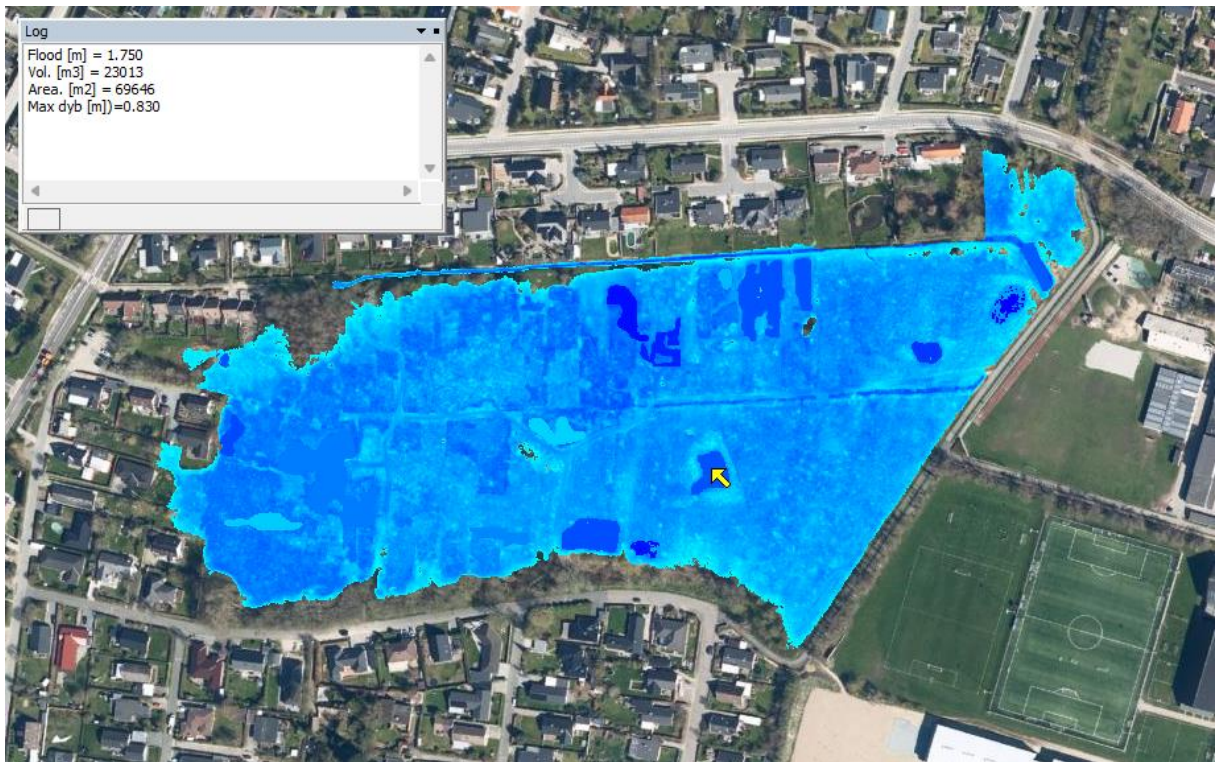
I Danmarks Digitale højdemodel er det beregnet, at vandstanden i og omkring Brødmosen skal antage 1,73 m DVR90 for at dette volumen er til stede (Figur 2).



**Figur 2. Udbredelse af vand i og omkring brødmosen (eksisterende forhold), hvis der skal være et volumen på godt 22.500 m<sup>3</sup> (T5 i dag). Volumen findes ved en vandstand på 1,73 m DVR90**

Hvis der etableres et dige i Brødmosen skal vandstanden i stedet være ca. 1,75 m DVR90 for at indeholde T5 i dag volumenet (Figur 3).

Etablering af diget vil således medføre en vandstandsstigning i Brødmosen på 2 cm ved T5 i dag.



Figur 3. Udbredelse af vand i og omkring brødmosen (Plan forhold), hvis der skal være et volumen på godt 22.500 m<sup>3</sup> (T5 i dag). Volumen findes ved en vandstand på 1,75 m DVR90

Anvende en klimafaktor på 1,25 (svarende til en fremskrivning til år 2100) skal volumenet til T5 være 30.400 m<sup>3</sup> (Figur 4)

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

Regnkurve karakteristika

Northing (WGS84 ZONE 32)

6163375

Easting (WGS84 ZONE 32)

706565

Årsmiddeldnedbør [mm]

625

Middelværdi ekstrem døgnnedbør

DMI Klimagrid [mm/dag]

28.7

Gentagelsesperiode (år)

5

Operationel faktor (-)

1.25

Beregnes ud fra N og E koordinater

Beregnes ud fra N og E koordinater

Klimafaktorens andel af den operationelle faktor kan beregnes på fanen "Beregning af klimafaktor"

Bassindimensionering opstrøms udløb

Oplandskarakteristika

Befæstet areal (ha)

66.5

Hydrologisk reduktionsfaktor (-)

1

Afskærende lednings kapacitet (l/s)

200

NB. Frekvens- og operationel faktorer på regnen indgår ved beregning af bassinvolumen

Design regnkurve

Varighed

Intensiteter

Spredning

Operationel faktor \*

Udglattet tilpasning som grundlag for CDS regn

$z_T$

$S(z_T)$

$f^* z_T$

Regression

(min)

( $\mu\text{m/s}$ )

( $\mu\text{m/s}$ )

( $\mu\text{m/s}$ )

( $\mu\text{m/s}$ )

2

31.49

1.56

39.36

39.70

5

24.14

1.06

30.17

29.99

10

17.84

0.65

22.30

21.91

30

9.14

0.66

11.43

11.49

Volumen af bassin

30404 m3

Effekten af koblede regn ER inkluderet (20 % ekstra volumen)

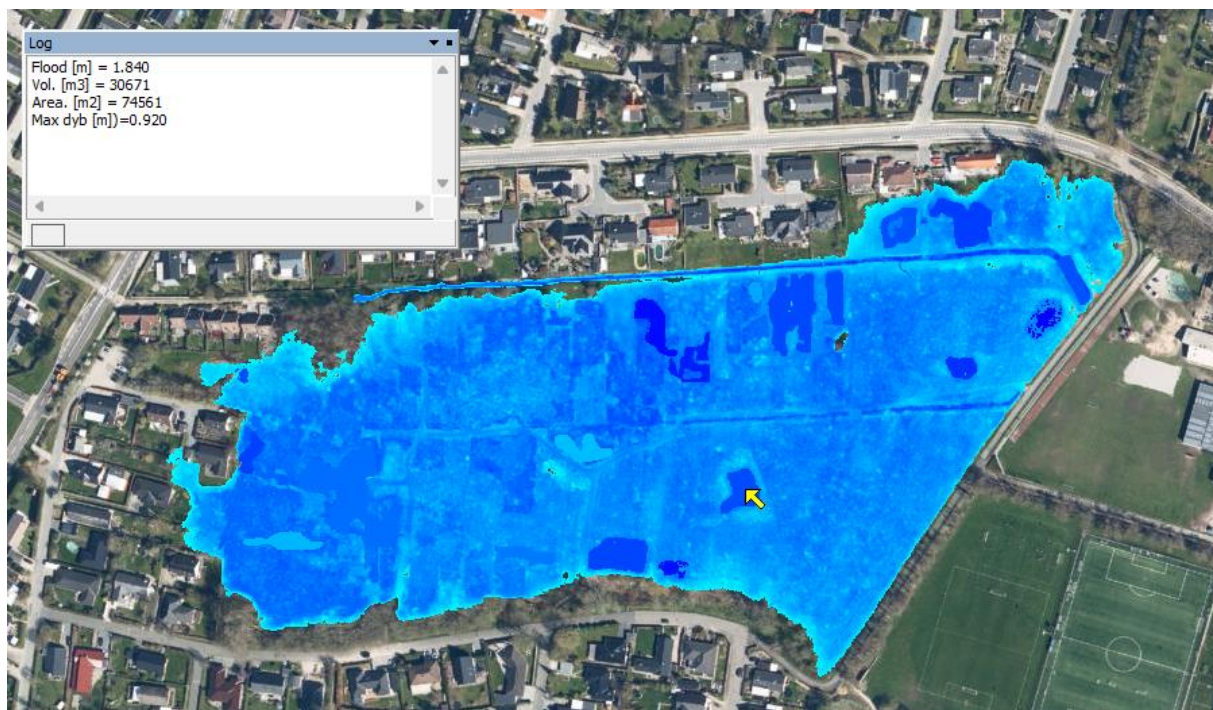
Tjek volumenkurven for at validere om de 20 % er fornuftigt

Minimum tømmetid [timer]

42.2

Figur 4. Bassin dimensionering for T5 Klimafremskrevet til år 2100.

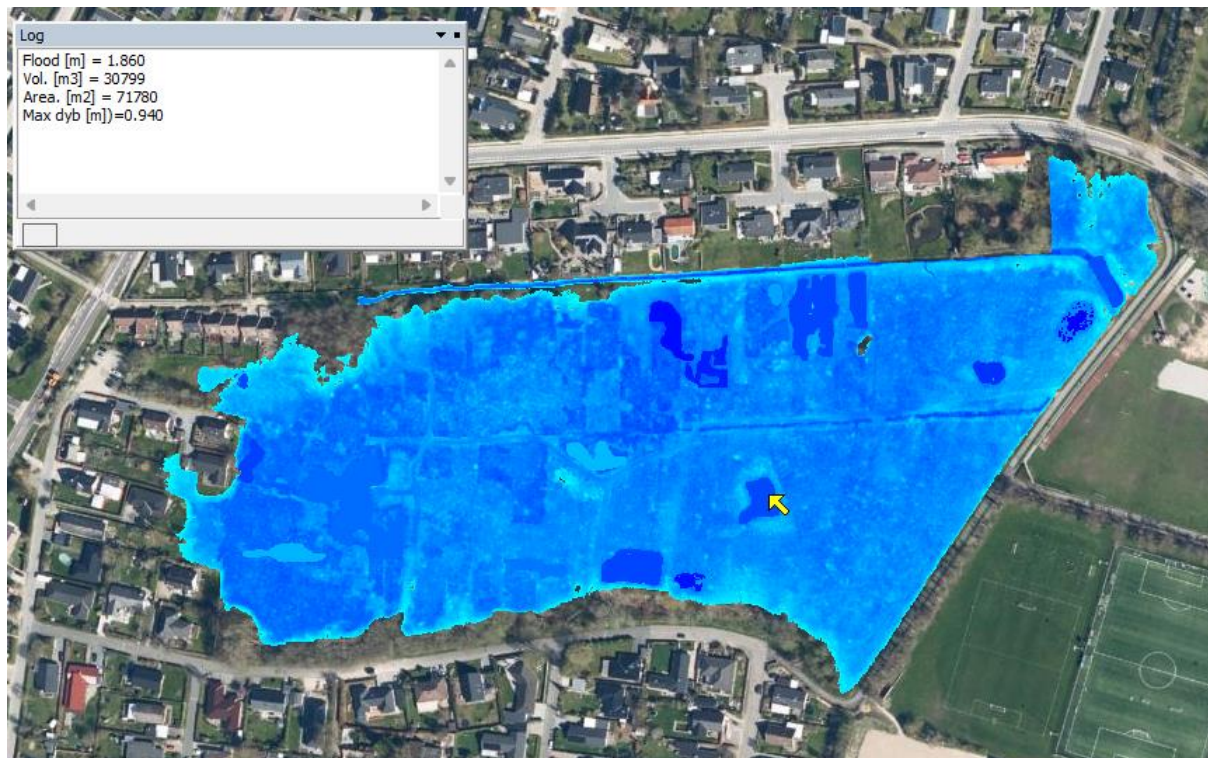
Hvis dette fremtidige T5 volumen skal findes i det eksisterende terræn, skal vandstanden i og omkring Brødmosen være 1,84 m DVR90 (Figur 5).



Figur 5. Udbredelse af vand i og omkring brødmosen (eksisterende forhold), hvis der skal være et volumen på godt 30.400 m<sup>3</sup> (Klimafremskrevet T5). Volumen findes ved en vandstand på 1,84 m DVR90.

Hvis der etableres et dige i Brødmosen skal vandstanden i stedet være ca. 1,86 m DVR90 for at indeholde det fremtidige klimafremskrevne T5 volumen (Figur 6).

Etablering af diget vil således medføre en vandstandsstigning i Brødmosen på 2 cm ved T5 i et fremtidigt klima.



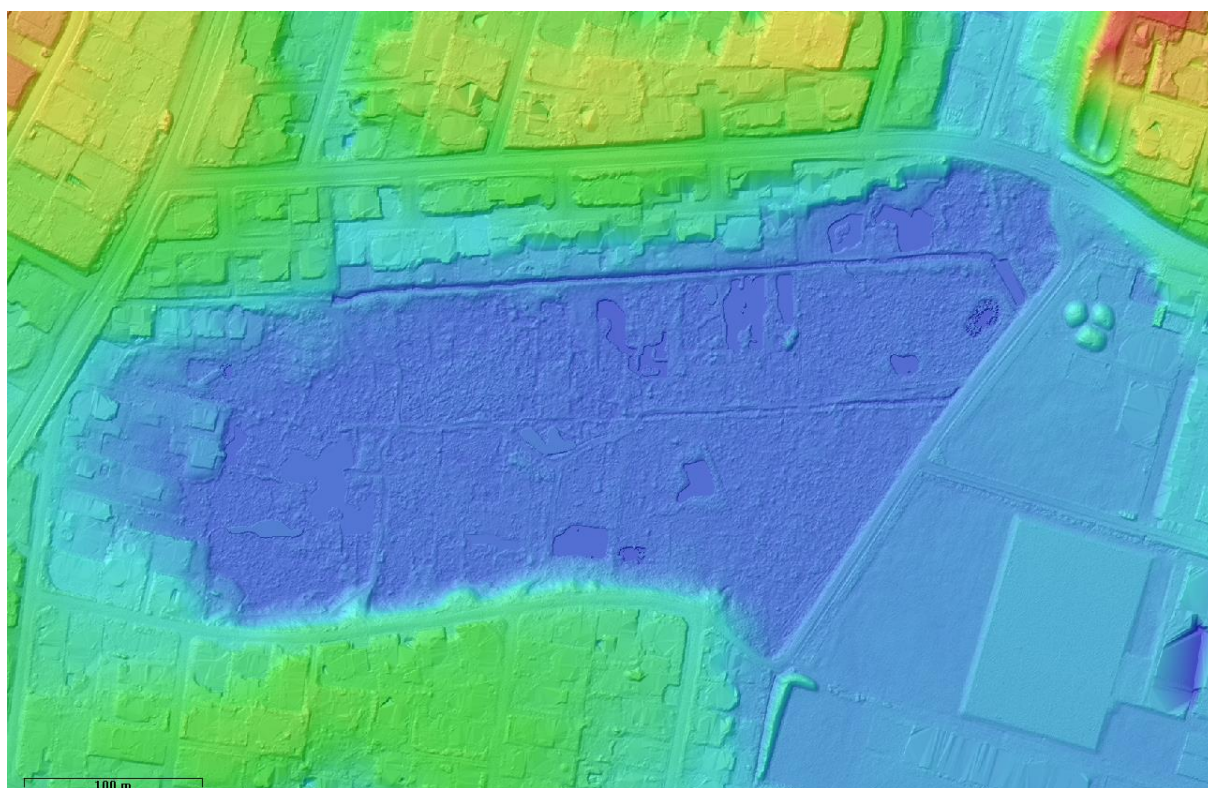
**Figur 6. Udbredelse af vand i og omkring brødmosen (Plan forhold), hvis der skal være et volumen på godt 30.400 m<sup>3</sup> (Klimafremskrevet T5). Volumen findes ved en vandstand på 1,86 m DVR90.**

## 3 METODE 2 – BOKS MODEL

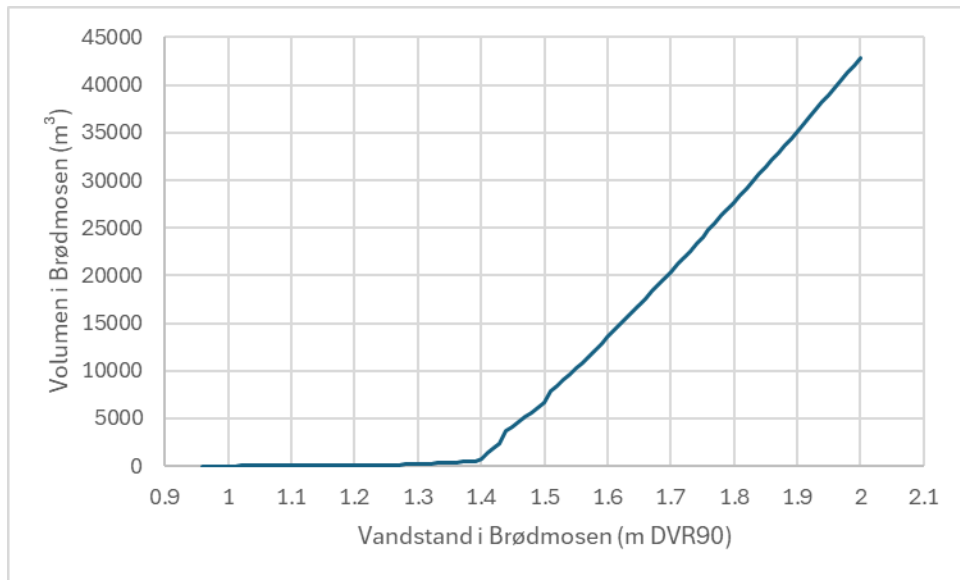
I WSPs software SUMBA er der opstillet en boksmodel, der via et opland (66,5 red ha.) konverterer nedbørsintensiteter (SVK station 58.55) til en vandføring. Vandføringen påføres en koncentrationstid på 30 min, inden den ledes ind i et magasin der beskriver Brødmosen (hhv. Eksisterende forhold og Plan forhold, med dige). Der bortledes vand fra magasinet ved en Qh relation, der forholder vandstanden i Brødmose-magasinet til vandføringen ud af det begrænsende Ø500 rør.

### 3.1 Eksisterende forhold

For de eksisterende forhold (Figur 7) er der udarbejdet en hypsograf, der beskriver sammenhængen mellem vandstanden i Brødmosen og det tilhørende magasineringsvolumen (Figur 8).

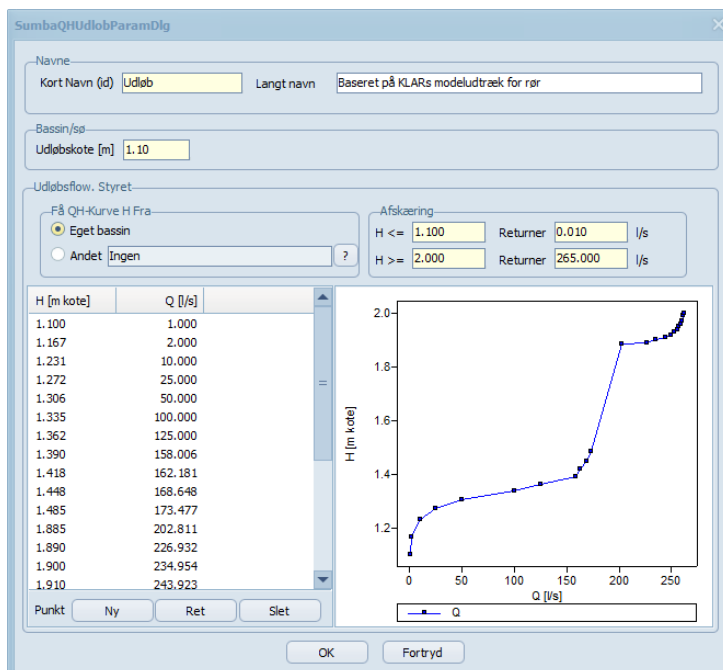


Figur 7. TSR (Terrain Shade Relief) for eksisterende forhold.



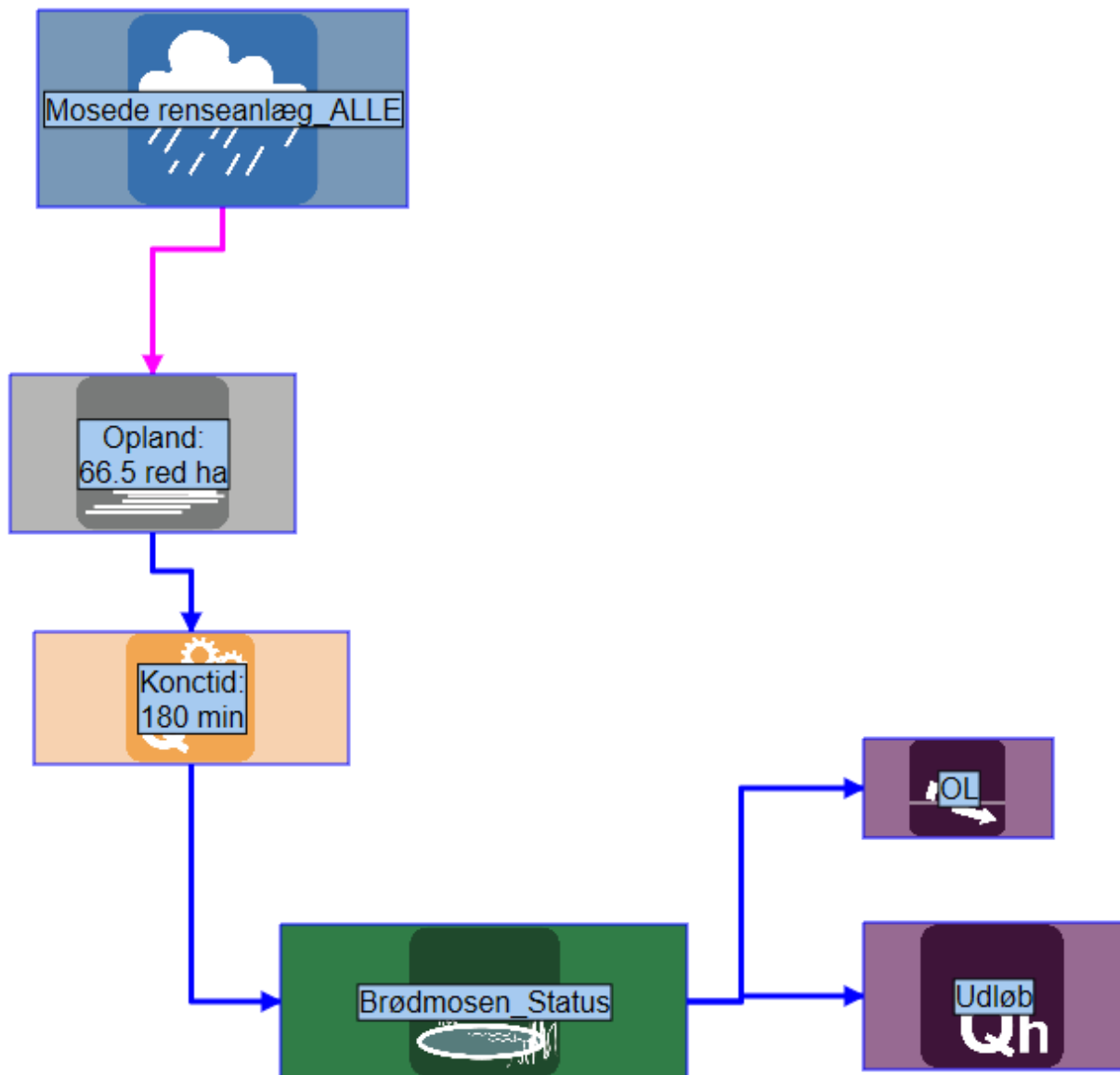
Figur 8. Hypsograf, der beskriver sammenhængen mellem vandstand og volumen i Brødmosen for eksisterende forhold.

Til beskrivelse af udløbet fra Brødmosen er der udarbejdet en Qh relation pba. KLAR Forsynings fremsendte modelberegneede sammenhænge mellem vandstande og vandføringer i det begrænsende Ø500 rør, der bortleder vand fra Brødmosen (Figur 9).



Figur 9. Qh relation for det begrænsende Ø500 rør, der bortleder vand fra Brødmosen.

SUMBA model opsætningen for eksisterende forhold er vist i Figur 10.

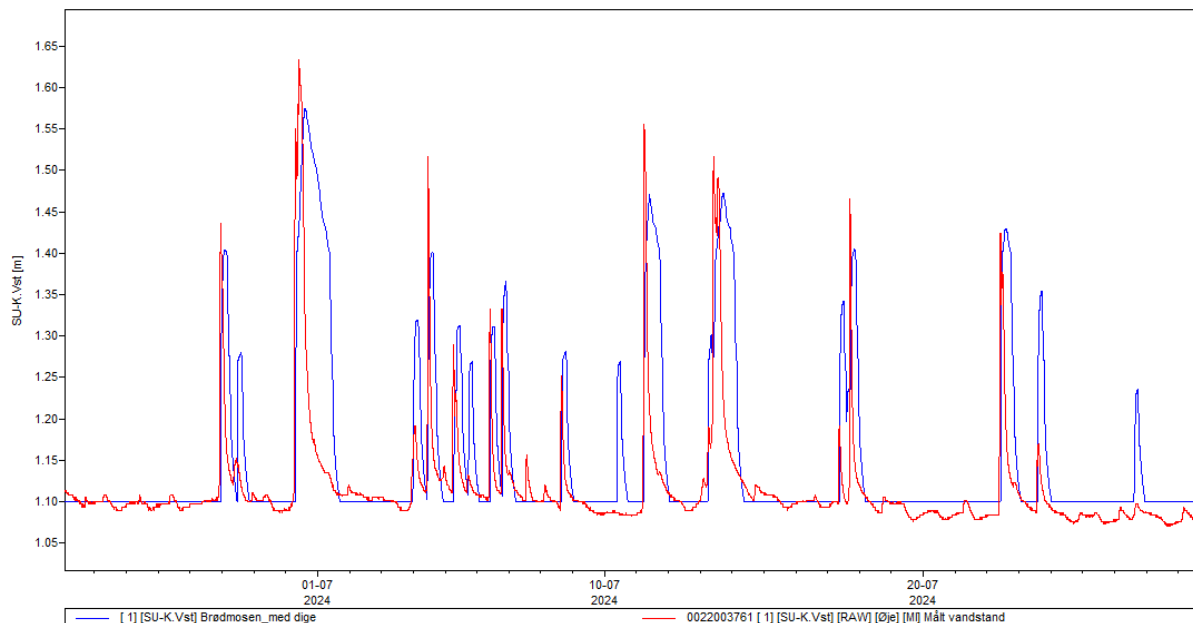


Figur 10. SUMBA model for eksisterende forhold.

I modellen betragtes Brødmosen og Brødmoserenden som et sammenhængende volumen.

I Figur 11 er vist hhv. målte og modelberegnete vandstande for en periode i 2024. Det fremgår, at modellen simulerer de målte vandstande inden for en usikkerhed på ca.  $\pm 5$  cm, og at der ikke er en bias i de simulerede vandstande (modellen såvel over- som underestimerer vandstande). Det formodes, at grunden til at modellen ikke rammer vandstanden 100 % korrekt ved alle hændelser er, at der som input til modellen anvendes en

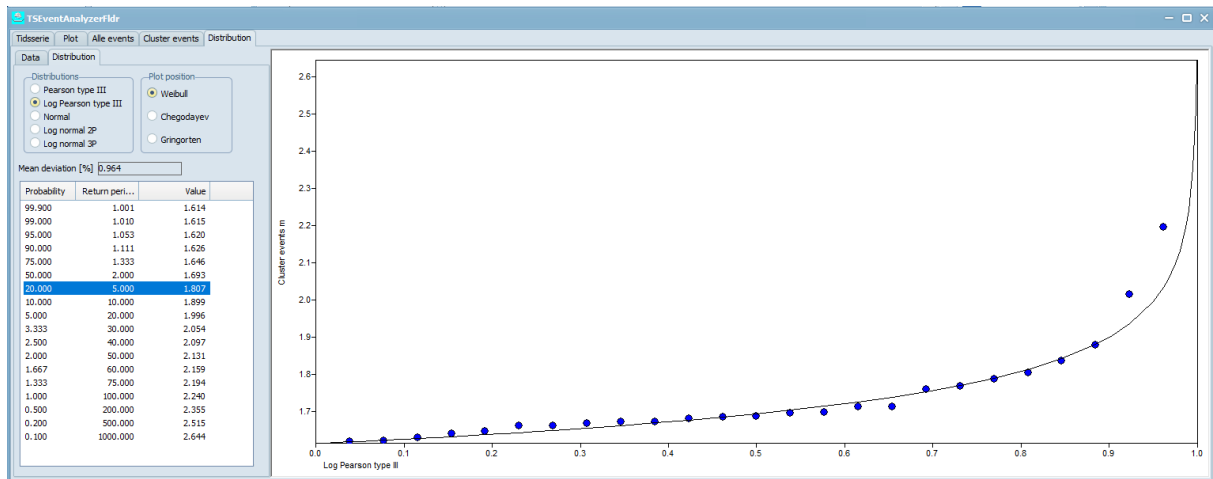
punktmåling af regn ved Mosede Renseanlæg, der ikke nødvendigvis repræsenterer den faktiske regn hændelse over hele oplandet.



**Figur 11. Målte (rød) og modelberegnete (blå) vandstande i Brødmosen – zoom på juli 2024.**

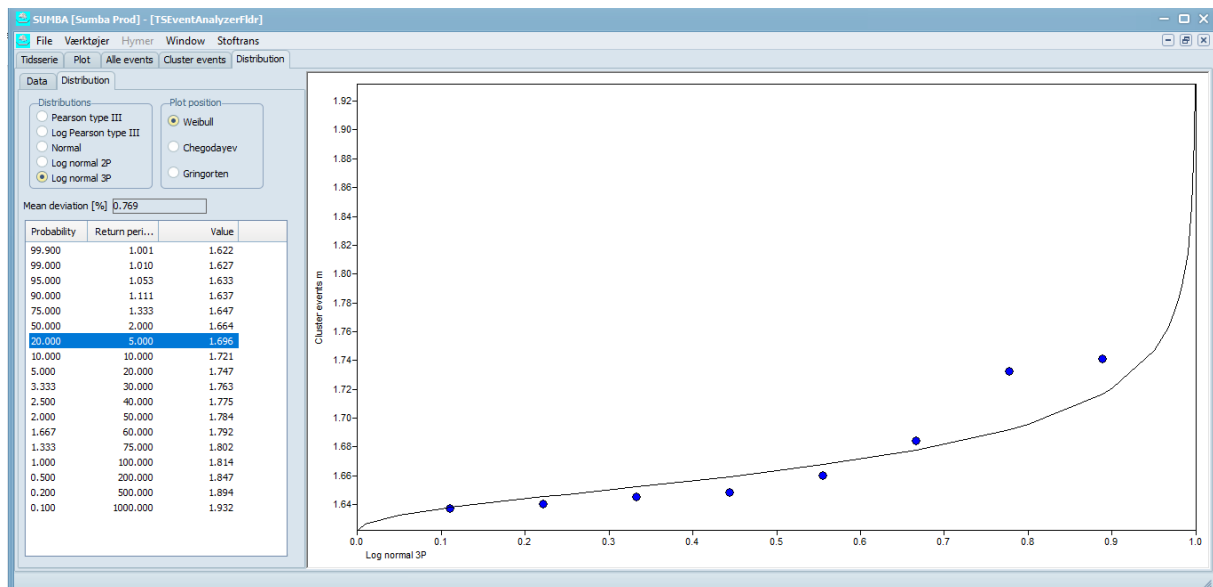
Der er foretaget statistiske ekstremværdi analyser af de modellerede vandstande. Analyser er foretaget ved en Peak Over Threshold bearbejdning, hvor der fittes forskellige ekstremværdifordelinger til de største vandstande. Der er anvendt fem forskellige typer af ekstremværdifordelinger (Pearson Type III, Log Pearson Type III, Normal, Log Normal 2P samt Log Normal 3P). Alle fem fordelinger er anvendt på modelberegnete vandstande gennem hele simuleringsperioden fra 1979-2025, samt for delperioden 200-2025. Beregninger af f-værdier i /1/ indikerer, at førstnævnte fulde periode repræsenterer det statistiske klima i dag, mens sidstnævnte delperiode har indeholdt en overrepræsentation af større hændelser, og derfor repræsenterer det statistiske klima, der forventes i fremtiden (år 2100).

I Figur 12 er der vist et eksempel på en ekstremværdianalyse for delperiode 2000-2025.



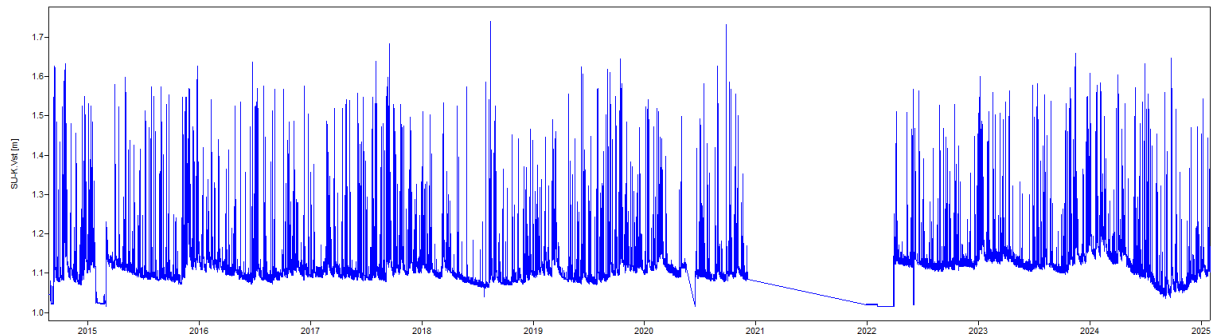
Figur 12. Eksempel på Log Pearson Type III ekstremværdifordelig for delperiode 2000-2025, eksisterende forhold. Med blå til venstre er det highlighed, at vandstanden ved T5 er 1,807 m DVR90.

Der er foretaget den samme analyse på de målte vandstande ved Målestation KLMS06 (Figur 13).



Figur 13. Eksempel på Log Normal 3P ekstremværdifordelig for målte vandstande (KLMS06). Med blå til venstre er det highlighed, at vandstanden ved T5 er 1,696 m DVR90.

De målte vandstande er vist i Figur 14. Det fremgår, at måleserien er forholdsvis kort med flere udfald, og at der derfor er en betydelig usikkerhed på den statistiske bearbejdning.



**Figur 14. Målte vandstande ved Målestation KLMS06.**

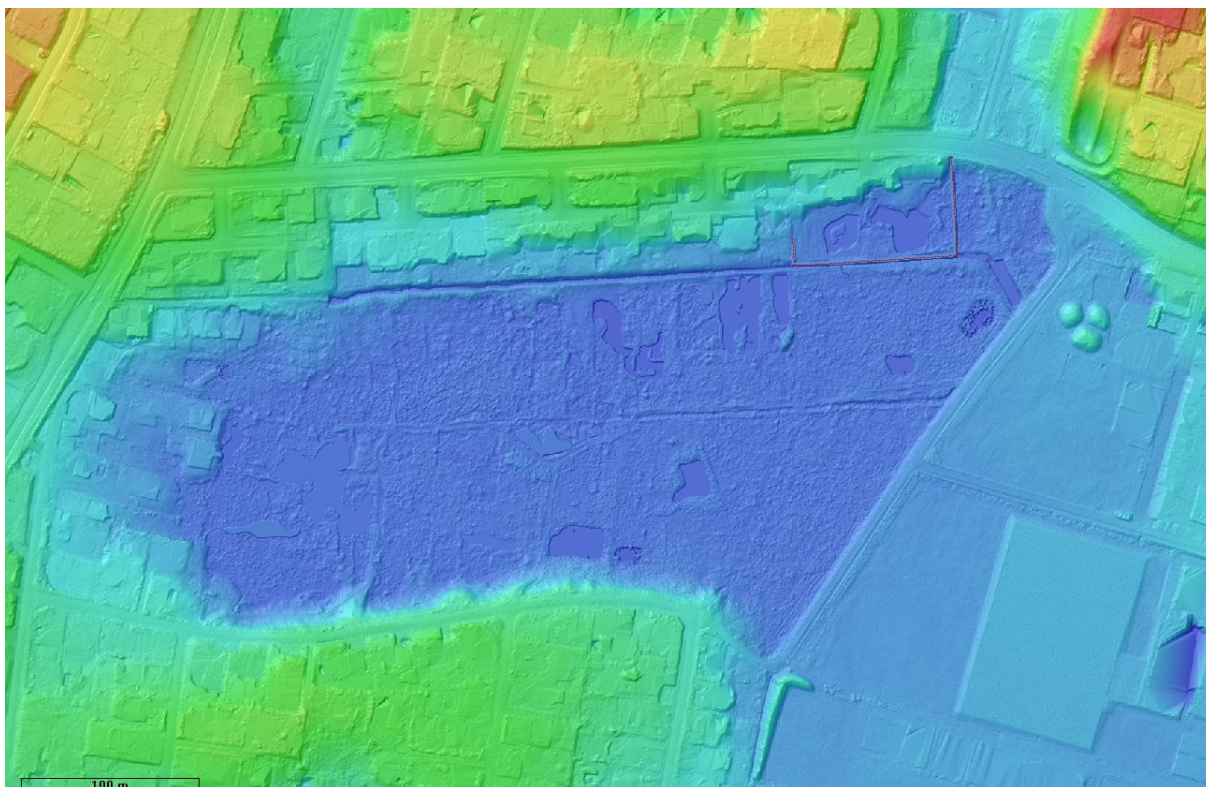
I Tabel 1 er de statistiske analyser opsummeret.

**Tabel 1. Vandstande ved T5 i dag og T5 om 100 år ved Eksisterende forhold. Spredninger på vandstande afspejler resultatet af de 5 forskellige ekstremværdianalyser.**

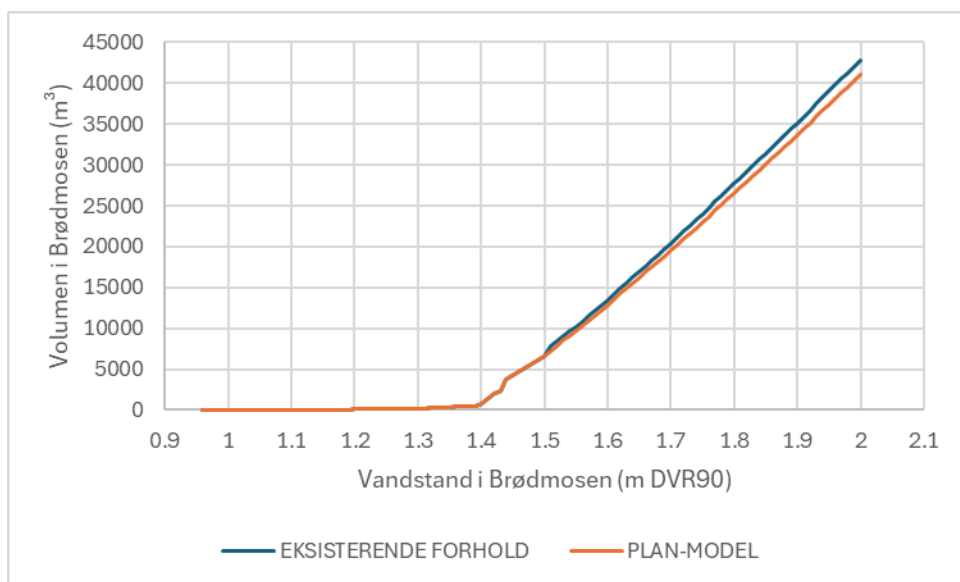
| Gentagelsesperiode         | Vandstand (m DVR90) – Eksisterende forhold      |
|----------------------------|-------------------------------------------------|
| T5 i dag (modelberegnet)   | <b>1,78 m DVR90</b> (fra 1,77 til 1,79 m DVR90) |
| T5 år 2100 (modelberegnet) | <b>1,83 m DVR90</b> (fra 1,81 til 1,85 m DVR90) |
| T5 i dag (målt ved KLMS06) | <b>1,70 m DVR90</b> (Fra 1,69 til 1,70 m DVR90) |

## 3.2 Plan forhold

For de planlagte forhold (Figur 15) er der udarbejdet en hypsograf, der beskriver sammenhængen mellem vandstanden i Brødmosen og det tilhørende magasineringsvolumen (Figur 16).

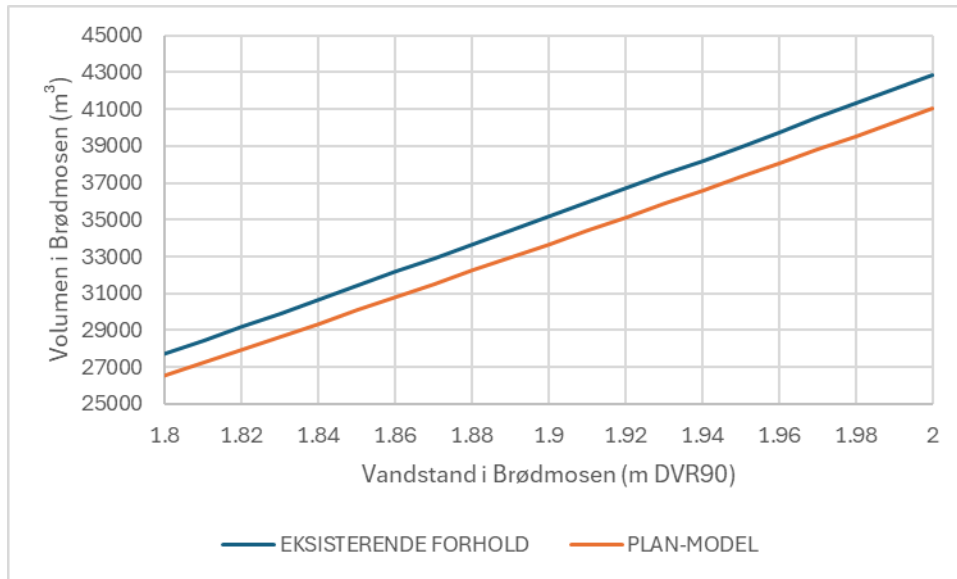


Figur 15. TSR (Terrain Shade Relief) for Plan forhold inklusiv dige, markeret med tynd rød streg i mosens nordøstlige hjørne.



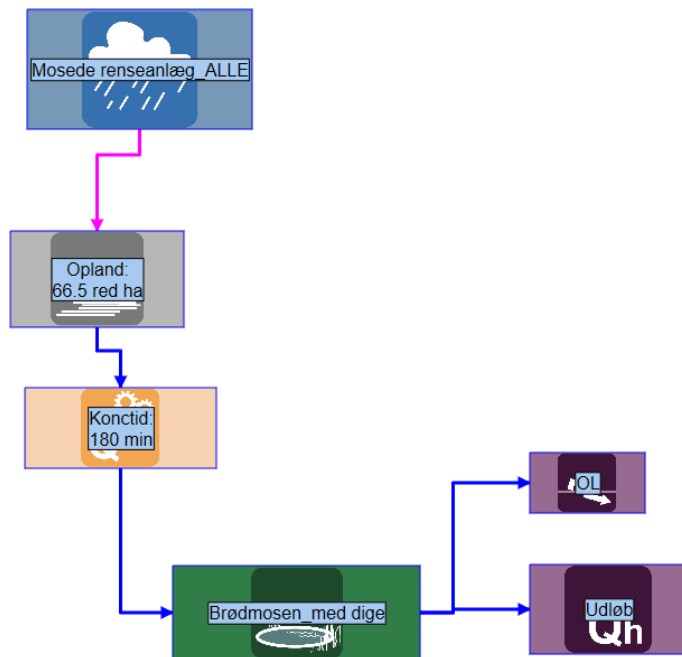
Figur 16. Hypsograf for planlagte forhold (orange). På figuren er der – til sammenligning – ligeledes vist hypsografen for de eksisterende forhold (blå).

I Figur 17 er der foretaget et zoom på de to hypsografer ved vandstande fra 1,80 m DVR90 til 2,0 m DVR90. Det fremgår, at etablering af diget medfører, at vandstanden skal være omkring 2 cm højere for, at Brødmosen indeholder det samme volumen.



Figur 17. Zoom på hypsografer for hhv planlagte (orange) og eksisterende (blå) forhold.

Der er foretaget en SUMBA modelberegning for de planlagte forhold med dige (Figur 18). Modellen er helt sammenlignelig med statusmodellen i Figur 10 bortset fra, at magasineringsvolumenet i Brødmosen er opdateret med hypso-grafen for de planlagte forhold, med dige. Oplandsstørrelse, koncentrationstid, regnininput og Qh relation er således uændrede.



**Figur 18. Planmodel, hvor diget er indarbejdet i Hypsografen for Brødmosen.**

Der er foretaget den samme statistiske ekstremværdi analyser af de modellerede vandstande som beskrevet for statusmodellen for eksisterende forhold ovenfor. Analyser er foretaget ved en Peak Over Threshold bearbejdning, hvor der fittes forskellige ekstremværdifordelinger til de største vandstande. Der er anvendt fem forskellige typer af ekstremværdifordelinger (Pearson Type III, Log Pearson Type III, Normal, Log Normal 2P samt Log Normal 3P). Alle fem fordelinger er anvendt på modelberegnete plan-vandstande gennem hele simuleringsperioden fra 1979-2025, samt for delperioden 200-2025. Beregninger af f-værdier i /1/ indikerer, at førstnævnte fulde periode repræsenterer det statistiske klima i dag, mens sidstnævnte delperiode har indeholdt en overrepræsentation af større hændelser, og derfor repræsenterer det statistiske klima, der forventes i fremtiden (år 2100).

**De statistiske analyser for vandstanden i Brødmosen efter etablering af dige (Plan forhold) er opsummeret i**

Tabel 2.

**Tabel 2. Vandstande ved T5 i dag og T5 om 100 år ved Plan forhold. Spredninger på vandstande afspejler resultatet af de 5 forskellige ekstremværdianalyser.**

| Gentagelsesperiode         | Vandstand (m DVR90) – Plan forhold              |
|----------------------------|-------------------------------------------------|
| T5 i dag (modelberegnet)   | <b>1,80 m DVR90</b> (fra 1,79 til 1,81 m DVR90) |
| T5 år 2100 (modelberegnet) | <b>1,84 m DVR90</b> (fra 1,82 til 1,86 m DVR90) |

## 4 OPSUMMERING

De beregnede vandstande ved T5 i dag og i et klimafremskrevet scenarie beregnet på hhv. Eksisterende forhold og Plan forhold (med dige) er opsummeret i Tabel 1. Det er ikke muligt at udfylde samtlige felter i tabellen, da der i /1/ ikke afrapporteret modelresultater for KLAR Forsynings model for T5 i dag, ligesom det i sagens natur kun er muligt at relatere de målte vandstande ved målestation KLMS06 til forholdene i dag.

Ikke desto mindre fremgår det af tabellen, at der på tværs af de forskellige beregningsmetoder er god overensstemmelse mellem de beregnede vandstande. Dette ses ved sammenligning af vandstande afrapporteret i tabellens rækker. Her ses det, at de forskellige metoder giver ens vandstande inden for omkring 5 cm.

**Tabel 3. Opsummereing af beregnede vandstande.**

| Gentagelsesperiode                 | Målte vandstande ved KLMS06            | KLAR FORSYNING PC-SWMM model | Spildevandskomiteens Regneark | WSP SUMBA model                        |
|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| EKSISTERENDE FORHOLD<br>T5 i dag   | <b>1,70 m DVR90</b><br>(1,69 til 1,70) | <b>NA</b>                    | <b>1,73 m DVR90</b>           | <b>1,78 m DVR90</b><br>(1,77 til 1,79) |
| EKSISTERENDE FORHOLD<br>T5 år 2100 | <b>NA</b>                              | <b>1,87 m DVR90</b>          | <b>1,84 m DVR90</b>           | <b>1,83 m DVR90</b><br>(1,81 til 1,85) |
| PLAN FORHOLD<br>T5 i dag           | <b>NA</b>                              | <b>NA</b>                    | <b>1,75 m DVR90</b>           | <b>1,80 m DVR90</b><br>(1,79 til 1,81) |
| PLAN FORHOLD<br>T5 år 2100         | <b>NA</b>                              | <b>1,89 m DVR90</b>          | <b>1,86 m DVR90</b>           | <b>1,84 m DVR90</b><br>(1,82 til 1,86) |

På baggrund af ovenstående vurderes det, at der med det foreliggende modelarbejde er udarbejdet et solidt og troværdigt grundlag til vurdering af dige højder, og at dige højder til sikring til T5 i et klimafremskrevet scenarie skal være i størrelsesordenen 1,84-1,89 m DVR90. Hertil kan der tillægges en overhøjde for at tage hensyn til beregnings- og udførelsessikkerhed.

## 5 REFERENCER

/1/ KLAR Forsyning. Gentagelsesperioder for vandstande i Brødmosen. Modelteknisk notat. Ver. 2.0 : 11-03-2026 ABB / KS CHBJ