

AFVANDINGSSCENARIEBEREGNINGER FOR GERÅ – ET MODELSTUDIE

DECEMBER 2022

Projekt navn	WSP: Scenarieregninger for Gerå / SEGES Innovation: Vand væk fra dyrkningsmæssigt værdifulde landbrugsjorder
Kunde	SEGES Innovation A/S
Projektleder	Christian Kristensen
Projektnummer	WSP: 22001581 / SEGES Innovation: 7891
Til	Rikke Krogshave Laursen
Udarbejdet af	Line Bønnelycke Nørgaard
Kvalitetssikret af	Morten Engholm Larsen
Godkendt af	Rasmus Bang
Version	1
Versionsdato	15. december 2022
Første udgivelsesdato	15. december 2022

INDHOLD

1	INDLEDNING	5
1.1	Baggrund.....	5
1.2	Formål.....	6
2	METODE.....	7
2.1	Vandløbsberegningsprogrammet VASP.....	8
2.2	Dynamisk koblet model i MIKE SHE OG MIKE HYDRO River.....	9
3	FORUNDERSØGELSE AF CASEOMRÅDE	10
4	SCREENING AF VIRKEMIDLER I STATIONÆR MODEL	12
4.1	Beregningsgrundlag for stationær model	12
4.2	Referencescenarie	15
4.3	Omløb udenom nedstrøms naturvandløb.....	17
4.4	Vandparkering i oplandet	18
4.5	Udvidet vandløbsskikkelse	22
4.6	Øget vedligeholdelse	23
4.7	Konklusion på statiske beregninger	25
5	MODELOPSÆTNING FOR SCENARIEBEREGNINGER I KOBLET DYNAMISK MODEL	26
5.1	modelopsætning.....	26
5.2	Valg af simuleringsperiode	29
6	MODELRESULTATER.....	30
6.1	døgnmiddelvandstand i Gerå.....	30
6.2	Døgnmiddelvandføring i Gerå.....	34

6.3	Vandparkeringsløsning	35
6.4	Afvandingsklassekort	38
7	KONKLUSION	43
8	REFERENCER	45

1 INDLEDNING

Undersøgelserne i nærværende rapport er udarbejdet af WSP for SEGES Innovation (herefter SEGES) ifm. projektet "Vand væk fra dyrkningsmæssigt værdifulde landbrugsjorder" støttet af Promilleafgiftsfonden for Landbrug. SEGES ønsker at undersøge, hvorledes afvandingen kan håndteres i det udvalgte vandløbsopland til Gerå i Nordjylland, hvor der i dag opleves afvandingsmæssige udfordringer, som påvirker dyrkningen i området negativt.

Undersøgelserne i nærværende rapport bygger videre på SEGES' tidligere undersøgelser af Gerå oplandet og vandløbssystemet, og tager udgangspunkt i stationære hydrauliske beregninger samt fuldt dynamiske beregninger i en eksisterende koblet hydrogeologisk- og vandløbsmodel.

1.1 BAGGRUND

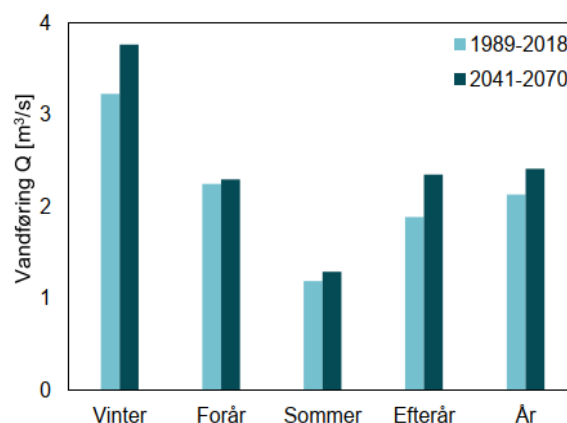
I oplandet til det nordjyske vandløb Gerå opleves der gentagende udfordringer med oversvømmelser og vandlidende marker. Oplandet til Gerå er karakteriseret som et dyrket opland, idet en stor del af arealanvendelsen består af landbrugsdrift. Desuden er terrænet i oplandet omkring Gerå fladt og lavtliggende. Derfor har Gerå-systemet og dets opland været anvendt som case-område i flere af SEGES' projekter for at undersøge, hvordan udfordringer med vand kan løses i et område med fladt terræn.

Afstrømningens udvikling i Gerå er tidligere blevet analyseret og sammenlignet for perioderne 1989-2018 og 2041-2070 via hydrogeologisk modellering (Nørgaard, 2020b). Målet med undersøgelserne var at opnå viden om afstrømningens udvikling i Gerå. Denne viden er vigtig i forhold til det videre arbejde med at finde løsninger til at håndtere stigende vandmængder i vandløbet, således udbyttet af grundet vandlidende jorde kan reduceres samtidig med, at miljøkrav overholdes.

Resultaterne på baggrund af de simulerede tidsperioder viste, at vandføringen i vandløbet Gerå i fremtiden er stigende, se Figur 1.1. Dette er i overensstemmelse med, at der for et fremtidigt klimascenarie forventes generelt mere nedbør samt større nedbørshændelser.

Modelstudiet viste, at det især er i efterårs- og vinterperioden, der i fremtiden vil forekomme en højere vandføring i Gerå. Årsagen til den stigende vintervandføring er, at det forventes, at der vil falde mere nedbør i denne periode og en stor del af nedbøren vil falde som overskudsnedbør. Dette, kombineret med en dertil højere grundvandsstand i fremtidsscenariet, resulterer i en højere afstrømning i vandløbet over hele året.

Undersøgelserne viser, at både den årlige middel vandstand samt gennemsnittet af den årlige minimum og maksimum vandstand stiger i fremtiden. Disse tendenser betyder i sidste ende, at vandstanden vil stå over dræn- og brinkkoter af tere, end det hidtil er set (Nørgaard, 2020b).



Figur 1.1 Simuleret sæson- og årsmiddelvandføring ved MST nr. 08.02 Melholt Kirke, for nutid (1989-2019) og fremtid (2041-2070) (Nørgaard, 2020b).

1.2 FORMÅL

Med vandløbet Gerå som case-område vil WSP opstille og køre tre modelscenarier for fremtidig afvanding i Gerå-systemet i en fuldt dynamisk koblet MIKE SHE – MIKE HYDRO River model. Formålet er at analysere effekten ved forskellige løsningstiltag i oplandet, hvor der opleves afvandingsmæssige udfordringer. Yderligere skal scenarierne belyse, hvordan afvandingen i landskabet vil se ud og hvilke konsekvenser det har for landbrugsjorder, hvis:

- A) der ikke gøres noget imod de stigende vandmængder,
- B) der indføres så mange tiltag som muligt for at sikre dræning og afvanding af landbrugsjorder,
- C) der anlægges en helhedsorienteret tankegang til at finde løsninger til gavn for dræning og afvanding samt hensyntagen til klima, miljø, natur, m.m.

2 METODE

Det ønskes at undersøge tre forskellige fremtidige afvandingsscenarier med Gerå som case-vandløb. Det udvalgte fremtidige klimascenarie for beregningerne er RCP8.5 midt århundrede (2041-2070), hvor følgende 3 modelscenarier er opstillet:

A) Intet gøres for at sikre afvanding i fremtiden

Den eksisterende model simuleres for det fremtidige klima svarende til RCP8.5 midt århundrede. Der foretages ingen ændringer i modellen og dermed gøres intet for at ændre de afvandingsmæssige forhold. Dette modelscenarie tjener som et fremtidigt referencescenarie og sammenligningsgrundlag for de øvrige modelscenarier.

B) Der gøres alt for at sikre afvanding af landbrugsjord i fremtiden

Der opstilles et afvandingsscenarie i den koblede dynamiske model for Gerå, hvor der indføres så mange tiltag som muligt for at sikre afvanding af landbrugsjord i fremtiden. Scenariet opstilles uden hensyntagen til miljø og klima.

C) Der laves helhedsorienteret afvandingsindsats i oplandet bl.a. med hensyn til klima og natur

Der opstilles et scenarie i den koblede dynamiske model for Gerå med en helhedsorienteret afvandingsindsats i oplandet. Der udvælges tiltag som potentielt vil være til gavn for fremtidens miljø og klima.

Gerå er udvalgt som case-vandløb af SEGES, som i en årrække har arbejdet med området. Dertil er der tidligere foretaget en forundersøgelse af Gerå-systemet og oplandet hertil. Kapitel 3 er en opsummering af dette arbejde.

Til undersøgelse af udvalgte afvandingstiltag for de enkelte modelscenarier undersøges virkemidlerne i første omgang i det stationære vandløbsberegningsprogram VASP, inden disse implementeres i den beregningsmæssigt tungere dynamiske model for området. Dette gøres for at screene de enkelte virkemidler i et simplere og mindre beregningstungt miljø forud for scenarieberegningerne, som foretages i den detaljerede dynamiske model. Anvendelsen af den detaljerede model er nødvendig for at opnå en rummelig forståelse af afvandingstiltagenes effekt samlet set både i forhold til tid og sted. Det er ikke muligt med en stationær model.

Det er mellem SEGES og WSP aftalt at undersøge effekten af en række virkemidler i den stationære VASP-model. Virkemidlerne omfatter:

- omløb udenom nedstrøms naturvandløb,
- vandparkering i oplandet,
- udvidet vandløbsskikkelse og
- øget vandløbsvedligeholdelse.

Ved stationære beregninger i VASP kan beregninger foretages med udvalgte afstrømninger men ikke en afstrømningstidsserie, idet modellen ikke varierer i tid. Til forberedelse af beregningerne fastlægges

afstrømningskarakteristik, oplandsstørrelser og manningstal for at kunne repræsentere udvalgte afstrømningsscenarier. Datagrundlaget fremgår af afsnit 4.1. Dataene er baseret på historiske målte data og der regnes dermed på en nutidig situation for Gerå i de statiske beregninger.

I VASP beregnes vandspejlet i Gerå for den nuværende tilstand af Gerå svarende til den seneste opmåling. Det beregnede vandspejl udgør reference- og sammenligningsgrundlag for de følgende vandspejlsberegninger med de aftalte virkemidler.

Ved sammenligning mellem referencevandspejlet og vandspejlet med virkemidlerne analyseres effekten af virkemidlet. Virkemidlets effekt og påvirkningen på vandspejlet op- og nedstrøms i Gerå analyseres for hvert enkelt virkemiddel. På baggrund af denne screening udvælges det hvilke virkemidler, som har en betydende effekt og skal indgå i de dynamiske modelscenarier.

Mellem SEGES og WSP aftales hvilke enkelte virkemidler analyseret ved de stationære beregninger, som skal indgå i hver af de fremtidige dynamiske scenarieberegninger. Her kombineres de udvalgte virkemidler undersøgt i VASP til to forskellige samlede modelscenarier for oplandet, svarende til scenarie B og C.

Den dynamiske model er opstillet i DHI's MIKE programmer og består af en koblet MIKE SHE og MIKE HYDRO River model. Modellen, som benyttes i undersøgelserne i nærværende rapport, er tidligere opstillet af DHI i 2008 og opdateret af SEGES i 2019 og 2020. Der arbejdes dermed videre på den version af modellen, som SEGES har opdateret.

Med modellen udleveret af SEGES gennemføres beregninger uden virkemidler. Beregningerne udgør scenarie A og er referencescenarie samt sammenligningsgrundlag for scenarie B og C. Modellerne som repræsenterer scenarie B og C opstilles med udvalgte virkemidler på baggrund af resultaterne fra de stationære beregninger og løbende faglige diskussioner mellem SEGES og WSP.

Modelopsætningen af løsningsscenarie B og C fremgår af kapitel 5. Resultaterne i form af analyse af vandstand og vandføring i vandløb samt grundvandsstanden i området for scenarie B og C er sammenlignet med scenarie A fremgår af kapitel 6.

Til forståelse af beregningsgrundlaget for undersøgelserne i nærværende rapport fremgår af afsnit 2.1 og 2.2 en kort forklaring af henholdsvis vandløbsberegningsprogrammet VASP og den dynamiske koblede model i MIKE SHE og MIKE HYDRO River.

2.1 VANDLØBSBEREGNINGSPROGRAMMET VASP

VASP er et vandløbsberegnings- og administrationsprogram, som er udviklet over en årrække på mere end 20 år. Det er udviklet med det formål, at brugeren hurtigt, sikkert og præcist skal kunne præsentere vandløbenes skikkelser og foretage vandspejlsberegninger ved forskellige afstrømningshændelser.

VASP er et værktøj udviklet til arbejde med vandløbsregulativer såvel som at projektere og konsekvensvurdere regulerings- og restaureringsprojekter i vandløbene. Herunder eksempelvis stationære vandspejlsberegninger.

Vandspejlsberegninger i VASP bygger på manningformlen. I beregningen indgår fysiske data i form af en opmåling eller en geometrisk skikkelse fra et regulativ. I VASP angives et datasæt med hydrauliske parametre og i disse kan indgå flere serier af følgende datasæt: oplande, afstrømninger, manningtal, faste vandstande og punktvandføringer. Af grundindstillinger til en vandspejlsberegning indgår startvandspejl, valg af manningtal for rør og der angives, om der skal regnes med modstands- eller hydraulisk radius. (Orbicon, 2016) I Danmark er det almindelig praksis at benytte modstandsradius i vandløbsberegninger.

Vandspejlsberegninger i VASP er stationære. Det betyder, at beregningerne ikke varierer tidsligt. Der beregnes ét vandspejl svarende til det udvalgte scenarie defineret i opsætningen til beregningen. Og dermed at vandløbet er fastholdt i en stationær tilstand svarende til inputsne.

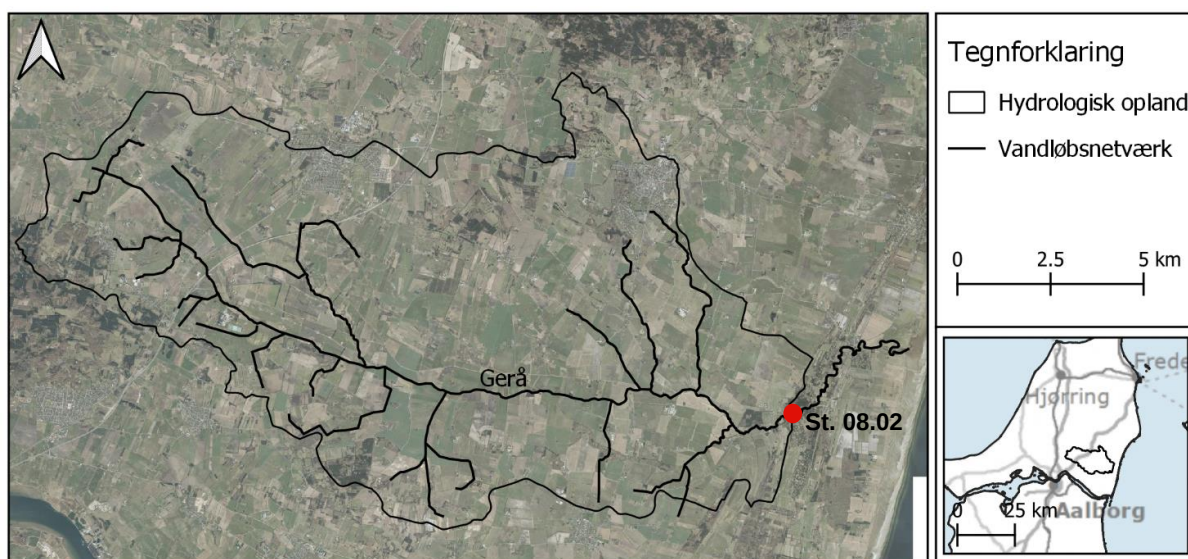
2.2 DYNAMISK KOBLET MODEL I MIKE SHE OG MIKE HYDRO RIVER

Til de dynamiske beregninger af Gerå og dets opland benyttes en dynamisk koblet grundvands- og vandløbsmodel opstillet i MIKE SHE og MIKE HYDRO River. Modellen af Gerå er som tidligere nævnt opstillet af DHI i 2008 og i 2019 opdateret af SEGES. Med modellen beregnes fremtidige klimatiske forhold svarende til perioden 2041-2070. I grundvandsmodellen er arealanvendelse, topografi, dræning og geologi uændret sammenlignet med nuværende forhold. Ændringer i fremtidig arealanvendelse og dræning kan specielt have betydning for afstrømningen og grundvandsstanden, hvilket bør inddrages i vurderingen af resultaterne. Der henvises til artiklen "Klimændringers konsekvenser for vandløbsafstrømningen – Et modelstudie af Gerå", for mere viden om modelopsætning samt kalibrering og validering af Gerå-modellen (Nørgaard, 2020b).

I den dynamiske model varierer beregningerne både i tid og sted. Der kan udtrækkes tidsserier for resultater i alle beregningspunkter i modellen, herunder både for vandstand og vandføring i vandløb samt grundvandsstanden i området.

3 FORUNDERSØGELSE AF CASEOMRÅDE

Gerå er et knap 27 kilometer langt nordjysk vandløb, som danner kommunegrænsen mellem Brønderslev Kommune mod nord og Aalborg Kommune mod syd. Gerå systemet består af i alt 26 forskellige mindre grøfte, bække og åer, som afvander et område på i alt 170 km² og har udløb i Kattegat. Oplandet til målestation DDH mstnr. 08.02 ved Melholt Kirke er i alt 154 km² og udgør modeldomænet i oplandsmodellen. Af Figur 3.1 fremgår det hydrologiske opland til Gerå-systemet og de grene i systemet, som er inkluderet i modellen. SEGES har i 2020 lavet en forundersøgelse af Gerås opland (Nørgaard, 2020a). Dette afsnit er en opsummering af dette arbejde.



Figur 3.1 Oversigt over Gerå case-området og vandløb.

Terrænet i oplandet til Gerå er præget af at være fladt og lavt liggende. Vandløbet er ligeledes fladt med et samlet fald på 9,3 m over de knap 27 km svarende til 0,35 %. Jordbundsforholdene i området består af gammel havbund og inde omkring selve Gerå, er jordbunden præget af ferskvandsaflejringer. I dette område findes Ger Ådal, som blev dannet under seneste istid og er karakteriseret ved at være bred med en bredde op til 4 km (Martinsen et al., 2004).

Arealanvendelsen i oplandet består hovedsageligt af landbrug (75%). Derudover findes også skov (8,6%), natur og vandløb (9,1%) samt by (5,4%) (Miljøstyrelsen, 2016). Omtrent 60% af landbrugsarealet er drænet, og ca. 30% af det drænede areal er tilkoblet et pumpesystem. Ger Ådal består i dag også af drænet landbrugsareal (Martinsen et al., 2004).

De beskyttede naturtyper, som findes i området, består hovedsageligt af eng og mose, som henholdsvis udgør 3,9% og 2,6% af det totale oplandsareal. Arealet er fordelt både som mindre delområder i området men der findes også større sammenhængende eng- og mosearealer. Disse findes primært lige nord for Gerå samt langs tilløbet Hjallerup Å. Før ådalen blev omlagt til landbrug, bestod denne hovedsageligt af engarealer. Ældre kort viser, at oplandsarealet i perioden 1801-1899 bestod af ca. 27% eng og 2,5% mose og senere i perioden 1901-1971, har bestået af 15% eng og 1,1% mose (Kilde: Høje og Lave Målebordsblade). Årsagen til, at der i dag er et større areal karakteriseret som mose, er forskel i præcisionen af kategoriseringen og ikke fordi der er opstået flere moser.

I Gerås opland er ca. 24% af arealet udpeget som kulstofrige lavbundslande, hvor 14% er kategoriseret med et kulstofindhold på 6-12% og 10% af arealet som >12% (Miljøstyrelsen, 2020). De udpegede arealer er i overensstemmelse med, hvad der førhen lå hen som eng og mose, der begge er våde naturtyper samt hvor der findes ferskvandsaflejringer. I dag ligger meget få af disse arealer fortsat hen som eng og mose. I stedet er arealerne en del af det drænedes landbrugsareal. Derfor kan det forventes, at jorden er sunket lokalt på de organogene lavbundslande, idet dræning gennem en lang periode har iltet den kulstofrige jord, hvoraf mikrobiologisk aktivitet har resulteret i, at det organiske materiale er svundet ind (omsat).

Gerå blev i 1900-tallet udrettet for at forbedre afvandingen og dræningen i oplandet. Før udretningen var vandløbet ca. 30 km langt grundet de mange slyngninger, hvorved vandløbet var ca. tre kilometer længere end i dag.

Det gældende vandløbsregulativ for Gerå er fra 1993 og beskriver vandløbet fra udløbet ved Kattegat i st. 0 til opstrøms st. 26.968, hvor Gerå starter. Vandløbet er dermed modstrøms stationeret. For den nedre ende fra st. 0 til st. 7.071 ved Melholt Kirke er vandløbets vandføringsevne defineret ud fra et krav om naturlige vandløbsdimensioner. Her skal vedligeholdelsen begrænses til grødeskæring og fjernelse af lokale sandbanker efter behov. Denne beskrivelse af vandløbets vandføringsevne er lovstridig, idet der ifølge vandløbsloven skal fastlægges enten krav til skikkelse eller vandføringsevne, hvilket ikke fremgår for denne strækning i Gerå regulativet (Jensen et al., 2019). For den resterende del af vandløbet er der fastlagt krav til vandløbets vandføringsevne ud fra en teoretisk skikkelse. Dette betyder, at vandløbet skal have en vandføringsevne svarende til de angivne dimensioner, som kun er vejledende. I regulativet benyttes et Manningtal på $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ til beregning af vandføringsevnen (Nordjyllands Amt, 1993). Regulativerne til Gerås tilløb er af typen geometrisk skikkelse.

For mere viden om Gerås opland henvises til "Forundersøgelse af Gerås hydrologiske opland – Landskabsanalyse og systembeskrivelse, udarbejdet af SEGES Plante- og Miljøinnovation i 2020.

4 SCREENING AF VIRKEMIDLER I STATIONÆR MODEL

Effekten af udvalgte virkemidler testes i det stationære vandløbsberegningsprogram VASP ved at sammenligne vandspejlsberegninger for referencesituationen med vandspejlsberegninger for løsningsscenarier med hvert af virkemidlerne. Ved dette beregnes de enkelte virkemidlers effekt på vandspejlet i Gerå. Effekten benyttes til at udvælge de virkemidler, der ønskes benyttet i de enkelte modelopstillinger for scenarie B og C, hvor virkemidlerne kombineres i det dynamiske modelmiljø.

Effekten af virkemidlerne vurderes ud fra vandspejl og dertilhørende afvandingsklassekort. Afvandingsklassekortene angiver afstanden fra terræn til det terrænnære grundvand. I udarbejdelsen af afvandingsklassekortene antages grundvandet, at findes i samme kote som vandspejlet i Gerå. Hvis terrænkoten er lavere end vandspejlskoten i vandløbet, vil området være vanddækket i afvandingsklassekortet. Afvandingsklasserne opdeles således ift. afstand til grundvandsspejl i meter: frit vandspejl (≤ 0 m), mose (0-0,25 m), våd eng (0,25-0,50 m), fugtig eng (0,50-0,75) m, tør eng (0,75-1,0 M), mark (>1 m).

Ved den stationære beregningsmetode tages ikke hensyn til dræn og pumper i området ved beregning af afvandingsklasserne. Derfor vil afvandingsklassekortene, som fremgår af nærværende kapitel, ikke være retvisende og direkte sammenlignelige med de faktiske oplevede forhold i området. Forholdene vil synes vådere i beregningerne som følge af de manglende pumper og dræn. Effekten af virkemidlerne i form af ændrede afvandingsforhold er dog reel nok, idet forskellen mellem de pågældende afvandingskort her viser den potentielle effekt, de enkelte virkemidler vil have på afvandingsklasserne i området.

I den stationære model undersøges effekten af følgende virkemidler:

- Omløb udenom nedstrøms naturvandløb
- Vandparkering i oplandet
- Udvidet vandløbsskikkelse
- Øget vedligehold

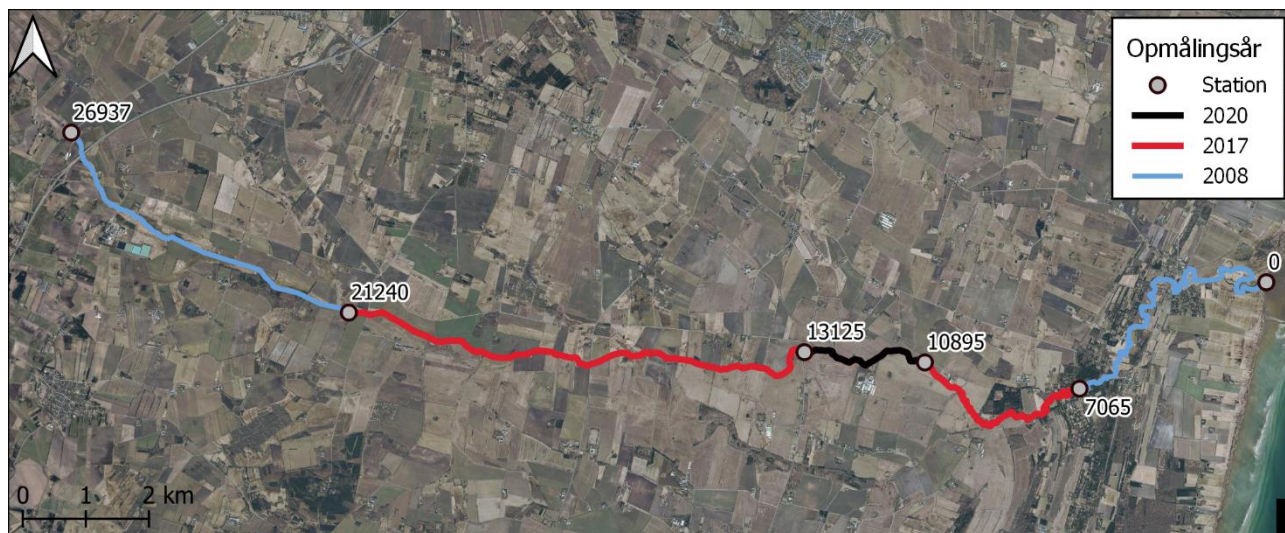
4.1 BEREGNINGSGRUNDLAG FOR STATIONÆR MODEL

Af dette afsnit fremgår beregningsgrundlaget for de stationære beregninger bestående af vandløbsgeometri, karakteristiske afstrømninger, oplandstabel og manningtal. Datagrundlaget for vandløbsgeometrien går igen for de dynamiske beregninger, hvor den dynamiske model er opdateret med nyeste opmålte data.

VANDLØBSGEOMETRI

Gerå er ca. 27 km lang og kategoriseret som type 2 vandløb. Vandløbet er modstrøms stationeret, hvilket vil sige at udløb til Kattegat har st. 0. Gerå i hele sin længde er senest opmålt i 2008, efterfølgende er der i 2017 foretaget en opmåling af Aalborg Kommune fra st. 7.065 til 21.240 og i 2020 er der i forbindelse med et SEGES-projekt foretaget en opmåling fra st. 10.895 til st. 13.125. De tre opmålinger

er i nærværende projekt sammenlagt, således hele Gerå er beskrevet med nyeste opmålte data, se Figur 4.1. Dette danner det geometriske beregningsgrundlag i de videre undersøgelser, herunder stationære såvel som dynamiske beregninger.



Figur 4.1 Opmålings år for opmålte strækninger af Gerå.

KARAKTERISTISKE AFSTRØMNINGER

I Gerå findes målestation DDH mstnr. 08.02 ved Melholt Kirke. Stationen er placeret i regulativ st. 7.071 og oplandet hertil er 154 km². Placeringen af målestationen er markeret på Figur 4.1. Der findes vandføringsdata for perioden 22/3-1985 til 31/12-2019. Statistikken i dette afsnit er baseret på data for perioden 1/1-1989 til 31/12-2019 og fremgår af Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristiske afstrømninger for målestation 08.02 ved Melholt Kirke baseret på måleperioden 1/1-1989 til 31/12-2019

HÆNDELSE	VANDFØRING [M ³ /S]	AFSTRØMNING [L/S/KM ²]
Sommermiddel	0,9	6,1
Vintermiddel	2,4	15,4
Sommermedianmaksimum	3,0	19,2
Vintermedianmaksimum	7,2	47,1
5-års hændelse	8,7	56,3
5-års sommerhændelse	5,0	32,6
10-års hændelse	9,4	61,0
20-års hændelse	10,0	65,0
50-års hændelse	10,7	69,7
100-års hændelse	11,2	73,0

OPLANDSTABEL

For samtlige beregningsscenarier tages udgangspunkt i det regulativmæssige opland til Gerå. Oplands-tabellen fremgår af Tabel 4.2. I de stationære beregninger er stationeringen for opmålingen tilpasset de regulativmæssige stationer, således oplandene stemmer overens med stationeringen.

Tabel 4.2 Oplandstabel som det fremgår af Gerå regulativ.

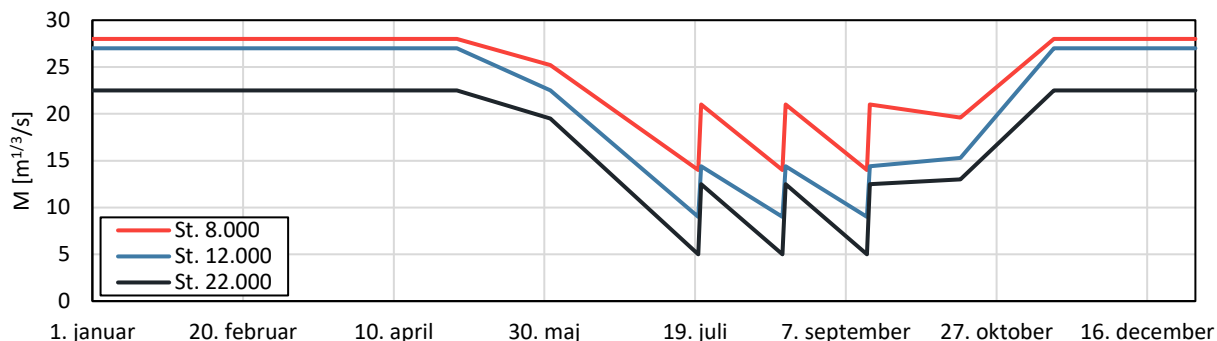
STATIONERING	OPLAND [KM2]	BEMÆRKNING
0	170,69	Udløb i Kattegat
7071	154	Melholt Bro
12947	109,451	Tilløb fra Karensborg
12948	100,35	
16290	88,672	Tilløb Tuekær
16291	87,372	
19313	71,418	Tilløb Try Mose
19314	69,518	
21260	61,52	Lyngdrup Bæk
21261	35,32	
23368	28,47	Tilløb ved Langholt
23369	26,27	
26964	14,1	Øvre ende

MANNINGTAL

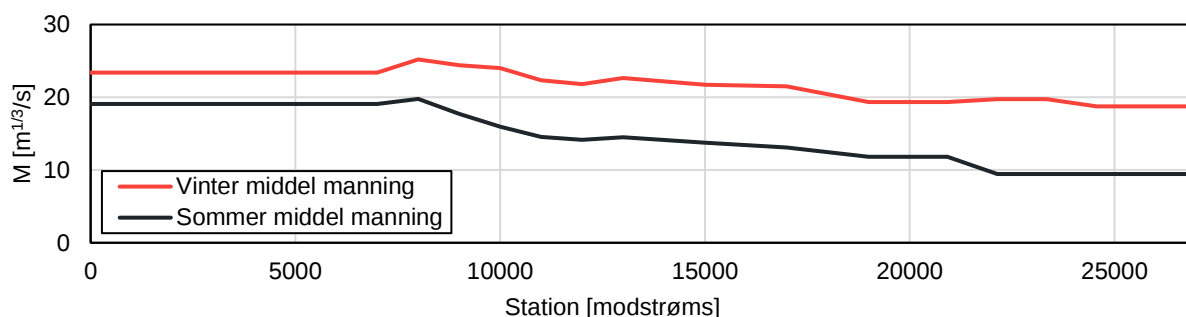
Modstandsforholdene i Gerå er defineret ved et Manningtal, som er omvendt proportionelt med modstanden. Dette vil sige at et lavt Manningtal beskriver en høj modstand og et højt Manningtal beskriver en lav modstand i vandløbet. Manningtallene benyttet i undersøgelserne i nærværende rapport er baseret på DHI's undersøgelser og modelkalibrering ifm. opsætning af den dynamiske koblede model i 2008. De i beregningerne benyttede manningtal er dermed tilsvarende modstandsforholdene defineret i den dynamiske model for Gerå.

I den dynamiske model varierer manningtallet i tid og sted. For de stationære beregninger er det kun muligt at variere modstanden stedsligt. Derfor er manningtallet i den dynamiske model for henholdsvis vinterperioden (1. oktober til 30. april) og sommerperioden (1. maj til 30. september) midlet for beregningerne i den stationære model. Af Figur 4.2 ses eksempler på den tidsligt varierende modstand i Gerå for tre stationeringer. Det ses at modstanden i Gerå varierer hen over året med de mindste manningtal om sommeren umiddelbart før grødeskæringerne og de højeste manningtal om vinteren, når vandløbet

er grødefrit. Af Figur 4.3 fremgår de middedelede manningtal for henholdsvis sommer- og vinterperioden til alle stationeringer, hvortil der er defineret et manningtal i den dynamiske model.



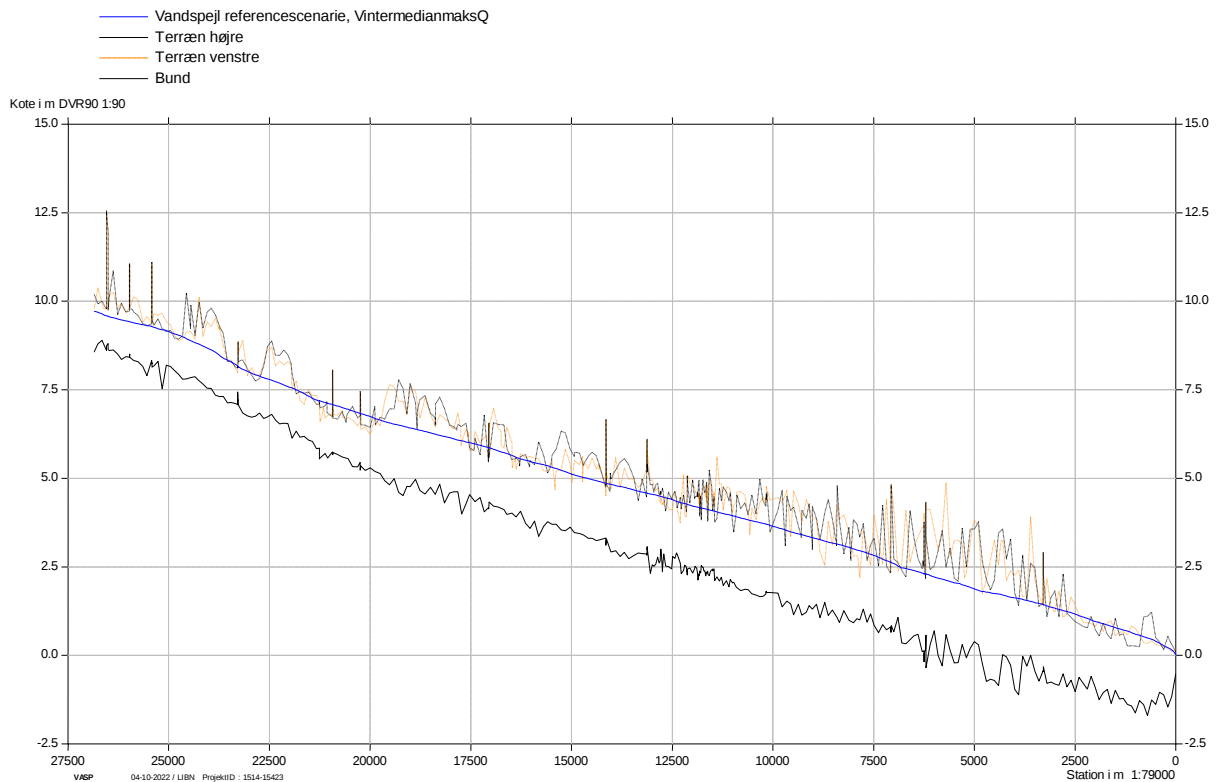
Figur 4.2 Tidsligt varierende manningtal i Gerå for udvalgte stationer, som de fremgår i den dynamiske model for Gerå.



Figur 4.3 Stedsligt varierende manningtal i Gerå, midlet for sommer- og vinterperiode, baseret på dynamisk scenarie Af Gerå. Station 0 er udløb til Kattegat.

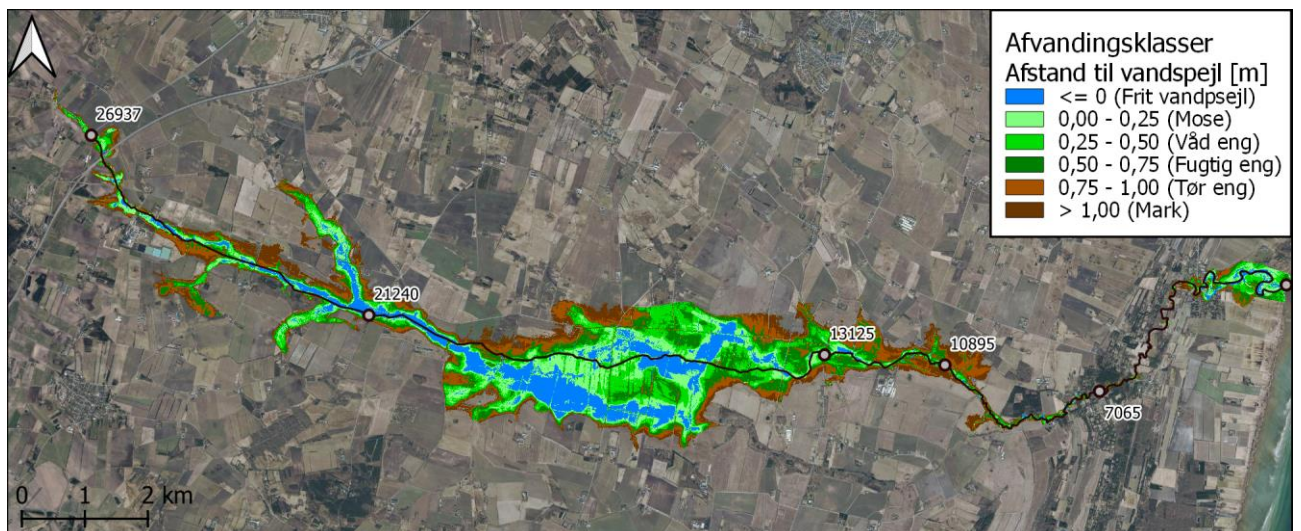
4.2 REFERENCESCENARIE

Til sammenligning af effekten af forskellige tiltag opstilles et referencescenarie for Gerå, som repræsenterer den nuværende tilstand i vandløbet. Der udføres vandspejlsberegninger for Gerå med de karakteristiske afstrømninger, som fremgår af Tabel 4.1. I projektet er det defineret, at en kritisk afstrømning sker ved et brinkfyldt vandløb. Analyser viser, at dette opnås i Gerå ved en vintermedianmaksimumafstrømning, som statistisk set vil forekomme hvert 2. år. Figur 4.4 viser resultatet for vandspejlsberegningen og det ses, at vandstanden flere steder i Gerå, når til brinkniveau og herover. Det betyder, at der vil forekomme vand på terræn langs Gerå ved en vintermedianmaksimumafstrømning.



Figur 4.4 Vandspejlsberegning for Gerå ved en vintermedianmaksimumafstrømning for referencescenariet.

Resultat af vandspejlet ved en vintermedianmaksimumafstrømning fremgår også af afvandingsklassekortet på Figur 4.5. Det ses heraf, at store dele af de vandløbsnære arealer er oversvømmede og vandlidende. Især i den førhen værende ådal er området vandplaget. Langs den nederste strækning af Gerå ses ikke afvandingsproblemer ved en vintermedianmaksimumafstrømning.



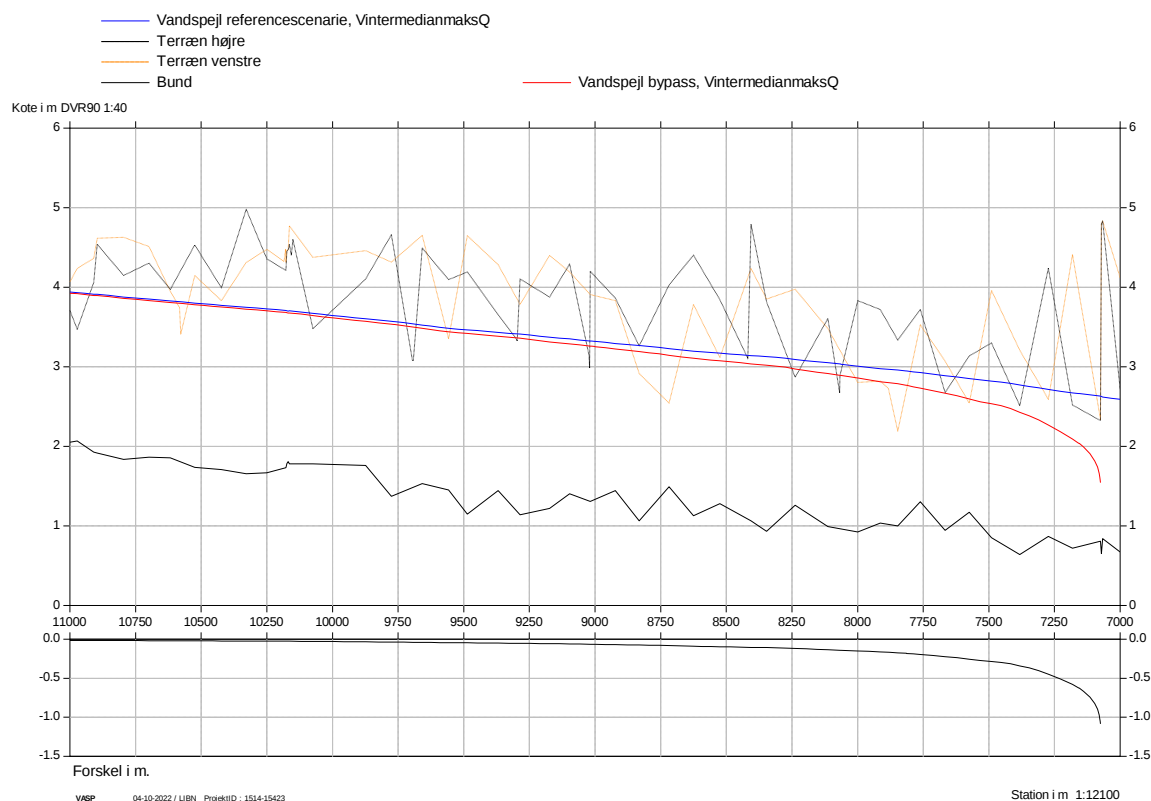
Figur 4.5 Afvandingsklassekort for referencescenarie for Gerå ved vintermedianmaksimumafstrømning.

4.3 OMLØB UDENOM NEDSTRØMS NATURVANDLØB

Fra st. 7.071 og nedstrøms til st. 0 ved udløb i Kattegat er Gerå regulativmæssigt defineret som naturvandløb, hvorved der ikke er nogen regulativmæssig skikkelse og vedligeholdelsen på denne strækning er minimal. Det undersøges, hvorvidt et omløb forbi denne strækning har en effekt på vandstanden opstrøms i systemet. Omløbsløsningen testes for en vintermedianmaksimumafstrømning, idet det er store afstrømningshændelser, hvor vandløbet bliver brinkfyldt, som ønskes håndteret ved denne løsning.

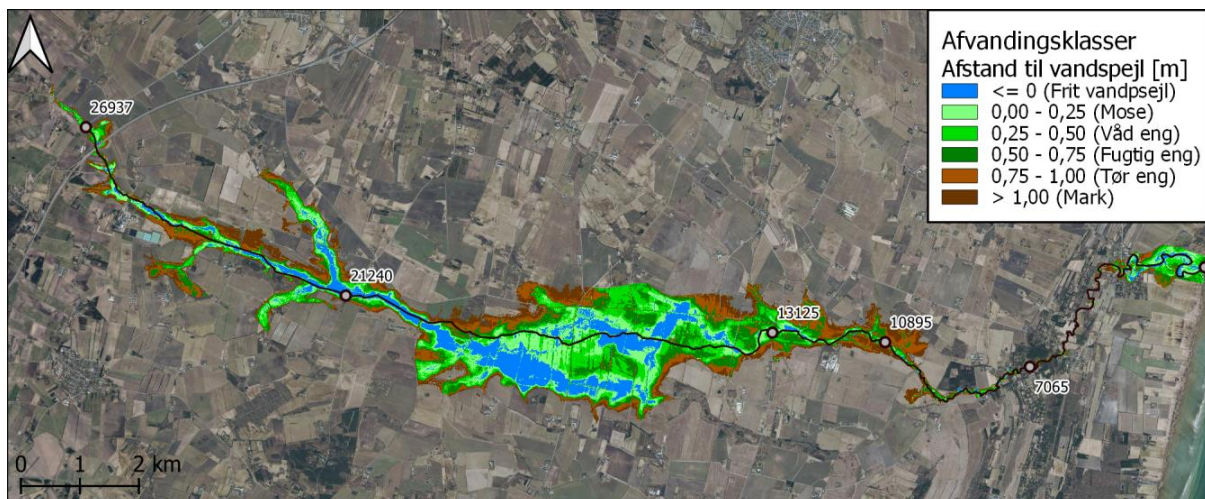
Der foretages en vandspejlsberegning, som nu starter i st. 7.075 lige opstrøms naturvandsløbsstrækningen. Startvandspejlet sættes til kote 1,5 m, som er 70 cm over vandløbsbunden i denne station, hvor vandspejlskoten ved en vintermedianmaksimumvandføring ellers vil være i kote 2,2 m. Idet VASP regner nede fra og op, har startvandspejlet en stor betydning, især i relativt flade vandløb som Gerå. I dette beregningsscenarie halveres højden af den nedre rand ift. referencescenariet. Herved simuleres det vandspejl som vil opstå i Gerå, når der kan ske overløb til omløbsløsningen ved et halvt fyldt vandløbsprofil.

Det fremgår af Figur 4.6, at effekten af omløbsløsningen er stor lige opstrøms omløbsløsningen, hvorefter effekten gradvist aftager i opstrøms retning. Ved st. ca. 8.500 er forskellen i vandspejlet <10 cm og fra st. ca. 9.300 er forskellen i vandspejl <5 cm ift. Referencescenariet. Effekten af omløbet forplanter sig ca. 3 km opstrøms løsningen, hvorefter der ingen effekt ses på vandspejlet.



Figur 4.6 Resultat af vandspejlsberegning for Gerå ved en vintermedianmaksimumafstrømning, reference-scenarie og omløb-scenarie. Differensplot ses på nederste plot. OBS! Kun st. 7.000 til 11.000 afbilledet.

Årsagen til at der ikke ses en større effekt ved omløbsløsningen er, at der i Gerå er udfordringer med kapaciteten og ikke stuvningspåvirkning. Den lille effekt der ses direkte opstrøms kommer ikke til udtryk i afvandingskortet som ses af Figur 4.7, idet løsningen er placeret relativt langt nedstrøms i Gerå, ift. hvor der opleves problemer. Et omløb ændrer ikke på afstrømningen fra oplandet opstrøms løsningen, hvorfor der stadig opleves høj vandføring og resulterende højt vandspejl opstrøms i systemet. Effekten af placeringen på løsningen afhjælper her ingen problemer, idet der i referencescenariet direkte opstrøms naturvandløbsstrækningen ikke opstår problemer med brinkfyldt vandløb ved en vintermedianmaksimumafstrømning, jævnfør Figur 4.5.

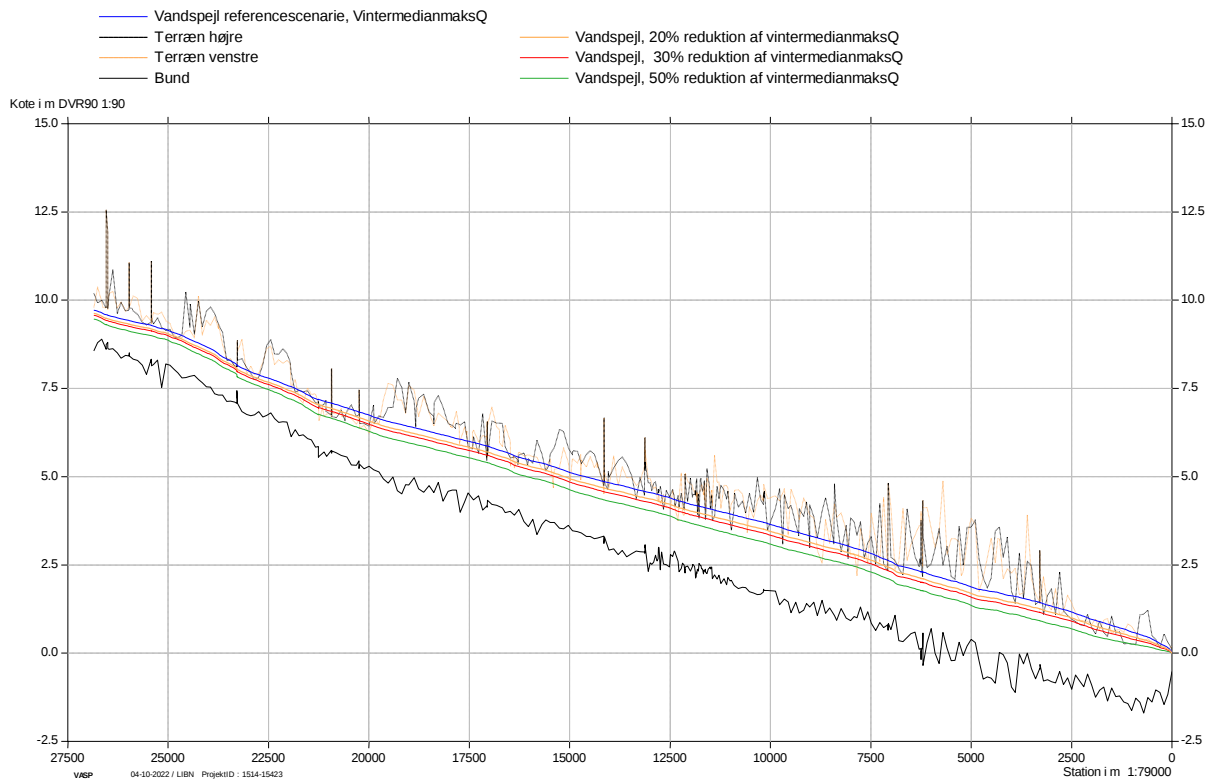


Figur 4.7 Afvandingsklassekort for scenarie med omløb forbi naturvandløbsstrækning ved vintermedianmaksimumafstrømning i Gerå.

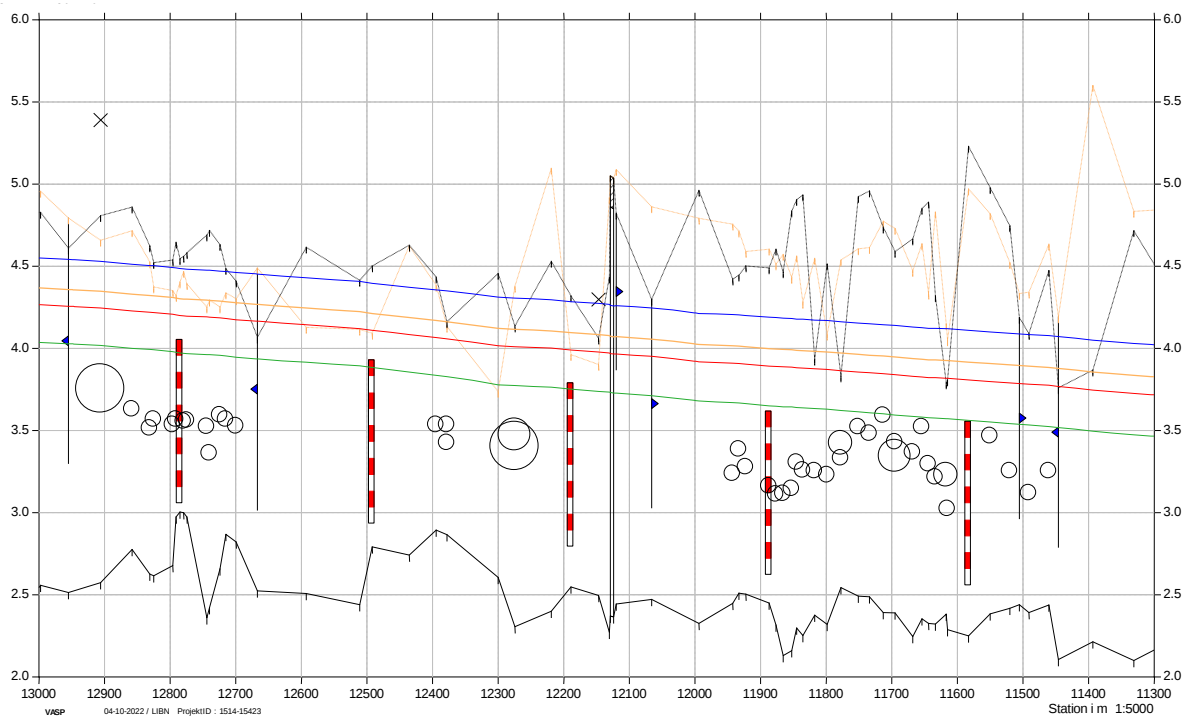
4.4 VANDPARKERING I OPLANDET

Ved virkemidlet "vandparkering" forstås, at der et eller flere steder i oplandet, findes plads i lavninger til tilbageholdelse af de ønskede vandmængder. I Gerå placeres denne løsning opstrøms st. 21.260 (jf. Figur 4.1), hvilket dermed er opstrøms områder, hvor der ved referencescenariet opleves vand på terræn og brinkfyldt vandløb.

I referencescenariet er det resulterende vandspejl ved en vintermedianmaksimumafstrømning over brinkniveau lige nedstrøms vandparkeringsløsningen. Det undersøges derfor først, hvor stor en reduktion der kræves for at opnå en afstrømning, hvorved vandstanden ikke når over terræn i dette område. Af Figur 4.8 og Figur 4.9 fremgår vandspejlsberegninger for Gerå med hhv. 20%, 30% og 50% reduktion af vintermedianmaksimumvandføringen. Vandspejl under brinkniveau opnås for hele Gerå ved en reduktion af vintermedianmaksimumvandføringen på 50%. Det vurderes dog at være en urealistisk høj reduktion. Det ses desuden, at selv ved en reduktion på 50% vil vandstanden ikke komme under niveau for drænuvløb. Det er derfor også urealistisk at forsøge at skabe et løsningsscenarie i Gerå, hvor et vandspejl i dette niveau opnås. Det vælges derved at målvandføringen for vandparkeringsløsningen er en 30% reduktion af vintermedianmaksimumafstrømningen ift. referencescenariet.



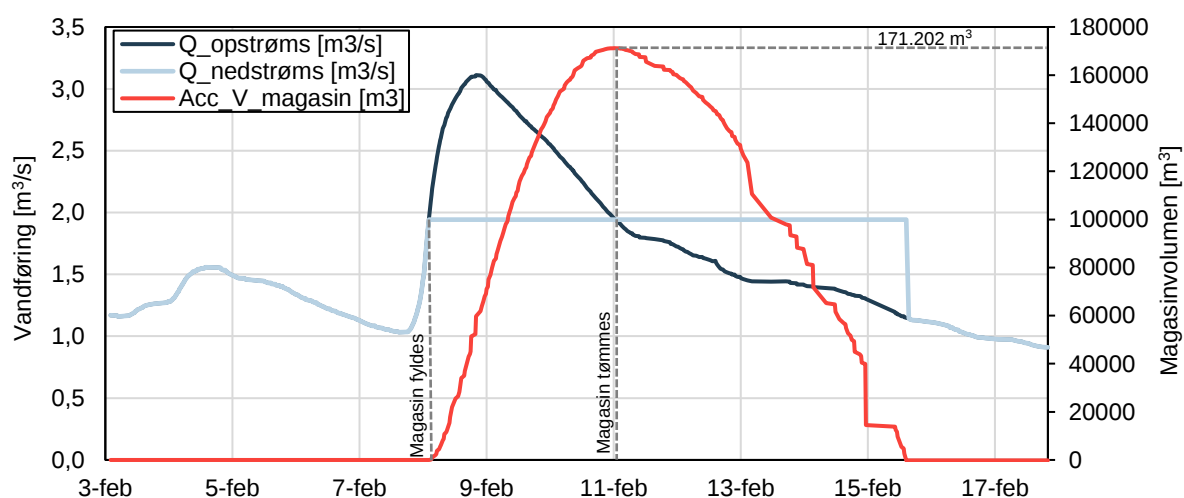
Figur 4.8 Vandspejlsberegninger for reduktion af vintermedianmaksimumafstrømning i Gerå. Reference-scenarie, 20% reduktion, 30% reduktion og 50% reduktion.



Figur 4.9 Zoom for st. 13.000 til 11.300. Vandspejlsberegninger for reduktion af vintermedianmaksimumafstrømning i Gerå. Reference-scenarie, 20% reduktion, 30% reduktion og 50% reduktion. Cirkler indikerer drænrør.

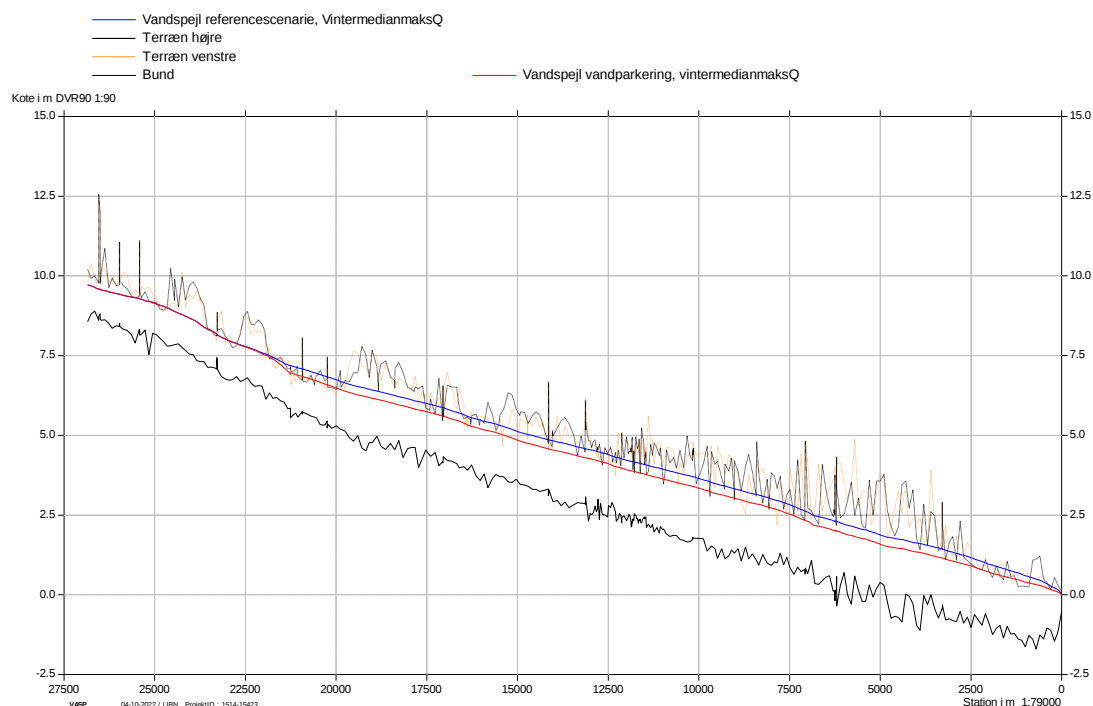
Ved en 30% reduktion af vintermedianmaksimumvandføringen skal afstrømningen reduceres til 32,9 l/s/km², svarende til omtrent en 5-års sommerafstrømningshændelse jf. Tabel 4.1, hvilket ved st. 21.260 resulterer i en vandføring på 1,95 m³/s. Når vandføringen bliver større end denne, skal vandparkeringsløsningen benyttes, således afstrømningen nedstrøms løsningen ikke overstiger 32,9 l/s/km².

Den nødvendige vandparkering ved en vintermedianmaksimumvandføring, bestemmes ud fra en konkret afstrømningshændelse, hvor denne vandføring er repræsenteret. Af Figur 4.10 fremgår afstrømningshydrografen for en udvalgt hændelse, som ønskes droslet til 1,95 m³/s ved vandparkering i st. 21.260. Heraf ses at vandføringen nedstrøms løsningen ikke overstiger 1,95 m³/s. Vandparkeringsvolumen begynder at stige når denne vandføring opnås, og falder først igen, når den opstrøms vandføring kommer under dette niveau.



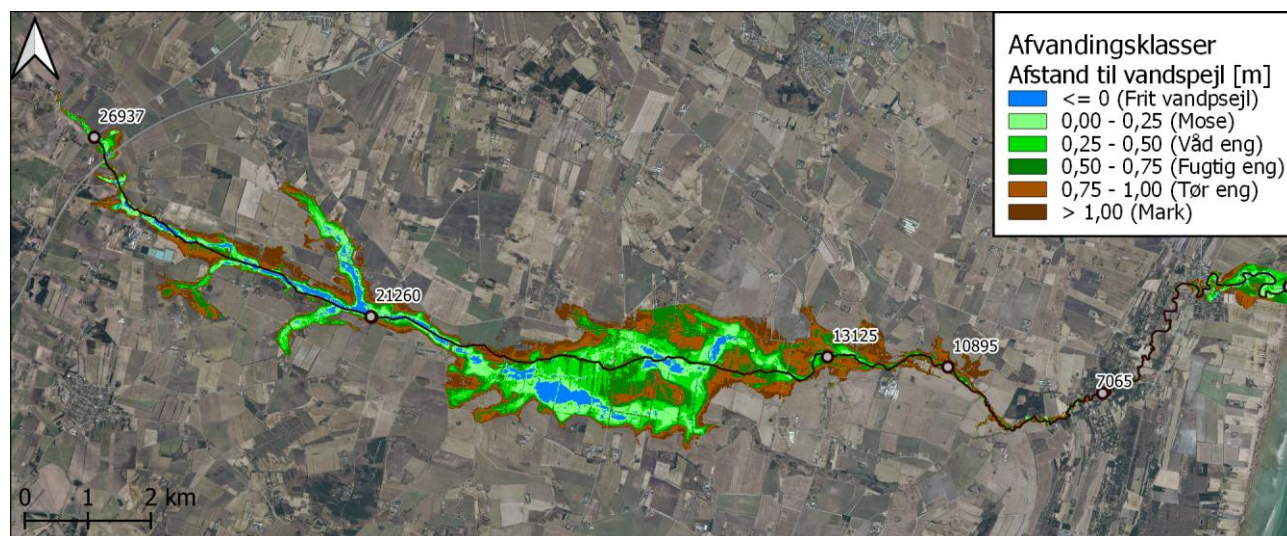
Figur 4.10 Afstrømningshydrograf for vandparkeringsløsning ved st. 21.260.

Effekten på vandspejlet i Gerå ved at parkere vand ved st. 21.260, så vandføringen nedstrøms ikke overstiger 1,95 m³/s fremgår af Figur 4.11. Det ses, at vandstanden nedstrøms vandparkeringsløsningen er sænket med omtrent 20 cm til brinkniveau ved en vintermedianmaksimumafstrømning. Dette resultat kræver et totalt akkumuleret magasineringsvolumen på 171.202 m³. Tømmetiden for magasinet er 4,8 dage.



Figur 4.11 Resultat af vandspejlsberegning for Gerå ved en vintermedianmaksimumafstrømning, referencescenarie og vandparkeringscenarie ved st. 21.260.

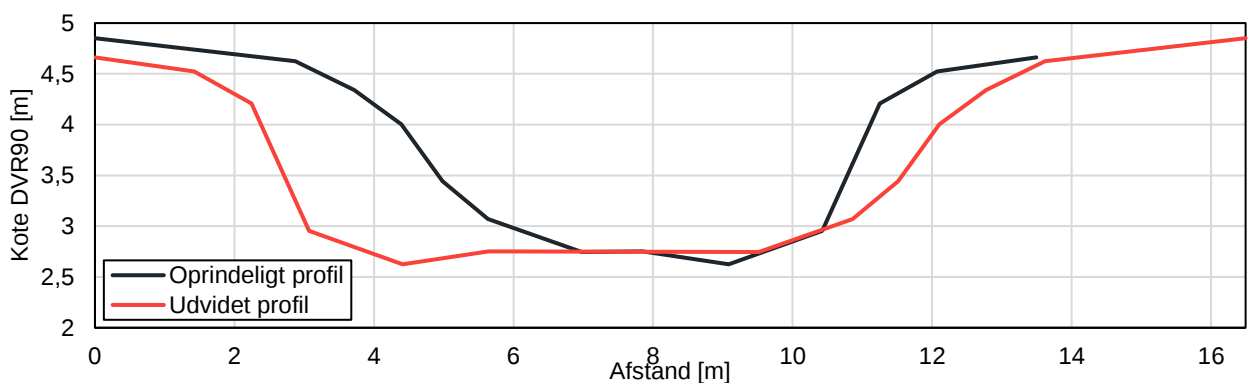
Afvandingsklassekort for vandparkeringscenariet fremgår af Figur 4.12. Det ses heraf, at afstanden til vandspejl i de vandløbsnære områder nedstrøms st. 21.260 er større sammenlignet med afvandingsklassekortet for referencescenariet, som fremgår af Figur 4.5 .



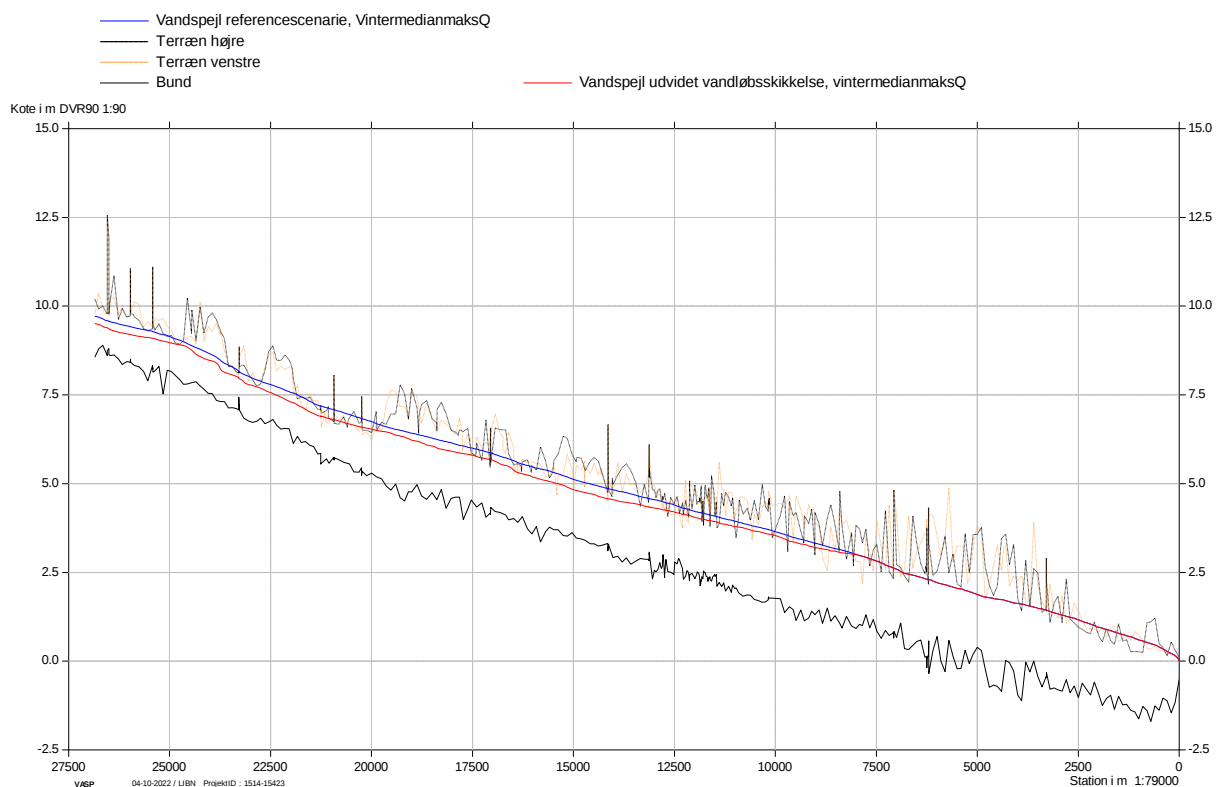
Figur 4.12 Afvandingsklassekort for vandparkeringscenarie opstrøms st. 21.260 for Gerå ved vintermedianmaksimum-afstrømning. OBS! Magasinerings-områder opstrøms st. 21.260 ikke afbilledet.

4.5 UDVIDET VANDLØBSSKIKKELSE

Den geometriske skikkelse af Gerå udvides og afvandingseffekten heraf undersøges. Ved en udvidet skikkelse af vandløbet øges tværsnitsarealet for vandgennemstrømningen. Dette vil resultere i en vandspejlsænkning, idet der er mere plads til samme vandmængde ved samme modstand i vandløbet. Fra st. ca. 8.000 til st. 21.260 er vandløbets skikkelse udvidet med 3 meter. Længere opstrøms i Gerå er vandløbsskikkelsen mindre, hvorfor udvidelsen fra st. 21.260 til st. 26.968 er på 2 meter. Dette er for at undgå en for stor forøgelse af vandløbsskikkelsen i Gerås øvre ende. Se eksempel for st. 12.831 på Figur 4.13. Det resulterende vandspejl ved en vintermedianmaksimumafstrømning fremgår af Figur 4.14.

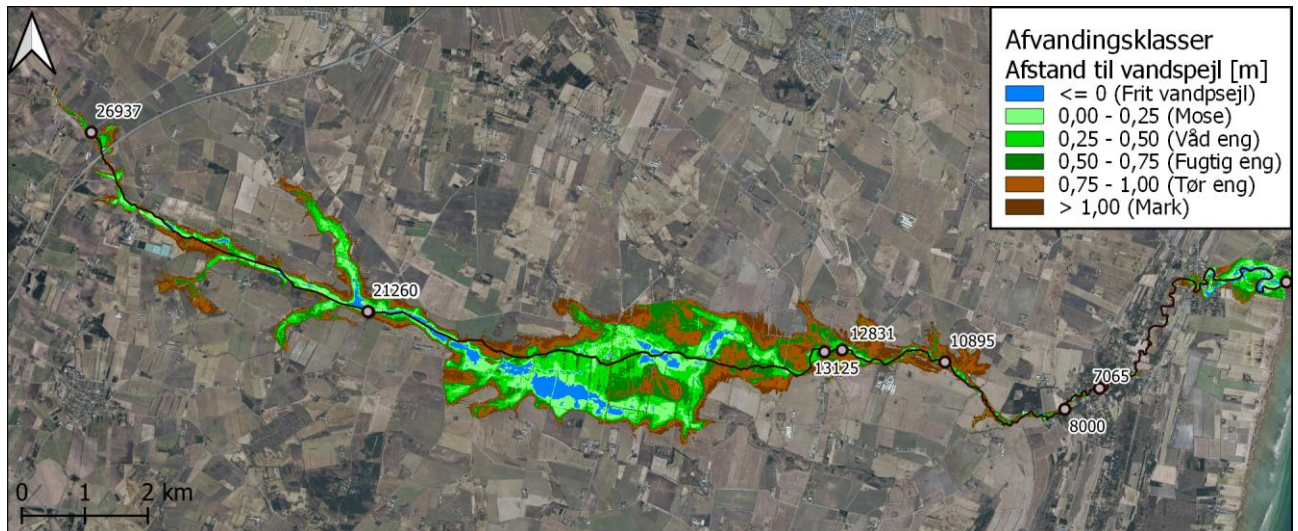


Figur 4.13 Eksempel på oprindeligt og udvidet vandløbsprofil st. 12.831.



Figur 4.14 Resultat af vandspejlsberegning for Gerå ved en vintermedianmaksimumafstrømning for referencescenarie og beregningsscenarie med udvidet vandløbsskikkelse.

Ved en vintermedianmaksimumafstrømning er effekten af den udvidede skikkelse, at vandspejlet i gennemsnit sænkes med 18,5 cm på den ændrede strækning fra st. 8.000 og opstrøms. Resultatet fremgår ligeledes af afvandingsklassekortet på Figur 4.15, hvor det ses, at færre områder langs Gerå er oversvømmede og vandplagede sammenlignet med referencescenariet.



Figur 4.15 Afvandingsklassekort for scenarie med udvidet vandløbsskikkelse opstrøms st. 8.000 for Gerå ved vintermedianmaksimumafstrømning.

4.6 ØGET VEDLIGEHOJDELSE

Det ønskes at bestemme effekten på vandspejlet i Gerå ved et scenarie med øget vandløbsvedligeholdelse. Beregningsmæssigt øges vedligeholdelsen ved at øge manningtallet, hvilket resulterer i mindre modstand for strømningen i vandløbet.

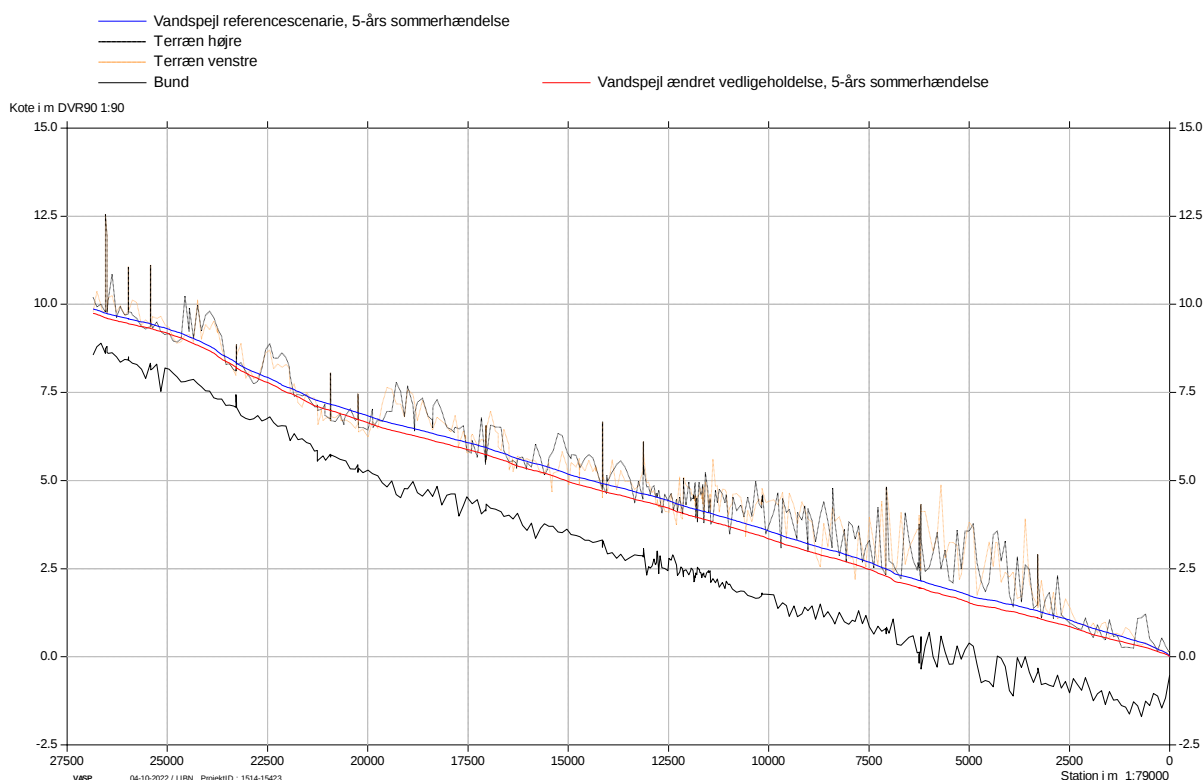
Idet virkemidlet i dette scenarie er øget vedligehold og det er i grødevækstsæsonen vandløbsvedligeholdelsen har en effekt, opstilles et sommer-scenarie. Da der ikke forekommer afvandingsproblemer i Gerå ved en sommermiddelfstrømning eller sommermedianmaksimumafstrømning, benyttes i dette scenarie en 5-års sommerhændelse og sommermiddel-manningtal baseret på den dynamiske model for Gerå, jævnfør afsnit 4.1 Tabel 4.1 og Figur 4.3

Det undersøges hvilken effekt, en 30% forøgelse af sommermiddel manningtallet vil have på vandstanden i Gerå. Manningtallet er omvendt proportionelt med modstanden i vandløbet. Derfor resulterer et højere manningtal i en mindre modstand i vandspejlsberegningerne for Gerå. Resultatet fremgår af Figur 4.16, hvor de benyttede manningtal fremgår af Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Sommermiddel manningstal benyttet i et reference-sommerscenarie, samt sommermiddel manningstal med en 30% forøgelse benyttet i scenarie med øget vedligehold i vandløbet.

ST.	MANNINGTAL, REFERENCE	MANNINGTAL, ØGET VEDLIGEHOOLD
0	19	25
8000	20	26
9000	18	23
10000	16	21
11000	15	19
12000	14	18
13000	15	19
15000	14	18
17000	13	17
19000	12	15
22141	9	12
26968	9	12

Figur 4.16 viser, at forøgelsen af manningtallet giver en sænkning af vandspejlet på 18,7 cm midlet for hele Gerå. I problemområder resulterer dette nogle steder i, at vandstanden ved en 5-års sommerhændelse ligger lige under brinkniveau og andre steder vil der stadig opstå vand på terræn grundet vandstand over brinkniveau. Hertil skal desuden bemærkes, at dette resultat vil kræve, at vedligeholdelsen af Gerå om sommeren ændres til en øges vedligeholdelse.



Figur 4.16 Vandspejlberegning for referencescenarie og scenarie med øget vedligehold ved en 5-års sommerhændelse.

4.7 KONKLUSION PÅ STATISKE BEREKNINGER

De stationære VASP-beregninger har bidraget til en øget forståelse af de enkelte virkemidlers effekt på vandspejlet i Gerå og de vandløbsnære områders afvandingsklasser.

Beregningerne viste, at et omløb fra Gerå til Kattegat for at omgå naturvandløbsstrækningen og øge vandafledningen til Kattegat ikke har en effekt på afvandingsklasserne i oplandet. Ved denne løsning sænkes vandspejlet markant lokalt men effekten på vandspejlet strakte sig kun 3 km opstrøms. Problemerne med vandlidende jorder i Gerå oplandet findes længere opstrøms end dette, hvorfor de stationære beregninger viser, at omløbsløsningen til Kattegat som enkeltstående virkemiddel ikke afhjælper afvandingsproblemerne i området.

Vandparkering i oplandet har ifølge de stationære beregninger en stor effekt på vandspejlet i vandløbet og afvandingsklasserne i oplandet. Dog kræver løsningen et meget stort volumen og dermed et stort areal, som skal vådlægges, hvilket ikke er afbilledet. Realistisk vil det være svært at finde områder i det relative flade Gerå opland til at parkere vandet.

En udvidet vandløbsskikkelse for Gerå har ligeledes en stor effekt på afvandingen. Vandspejlet i vandløbet sænkes i gennemsnit med 18,5 cm over hele strækningen som følge af det udvidede profil, hvilket også slår igennem på afvandingsklassekortet. Dette vil dog være en dyr og indgribende løsning, som vil kræve en udgravning af hele Gerå.

Sidst blev øget vandløbsvedligeholdelse af Gerå testet, hvor Manningtallet øges med 30% hvilket resulterede i et 18,7 cm lavere vandspejl i gennemsnit. Dette et virkemiddel, som kun vil have en stor effekt om sommeren, hvor der er grøde i vandløbet. Analyserne viste dertil også, at det først er ved en 5-års sommerhændelse, der opstår problemer med højt vandspejl i Gerå. Derved er det kun ved en hændelse, der statistisk set sker hvert 5. år om sommeren, at dette virkemiddel vil have en betydende effekt i forhold til oversvømmelser..

På baggrund af resultaterne for de stationære beregninger udvælges det hvilke virkemidler, som skal indgå i de dynamiske beregninger. I de dynamiske beregninger vil flere virkemidler blive kombineret for at se deres samlede effekt ift. at løse udfordringerne med vand i Gerå oplandet. I projektet tages der ikke hensyn til, om løsningen er realistisk at gennemføre i virkeligheden eller om den er økonomisk rentabel. Dette er et modelstudie, hvor det forsøges at opnå en større viden om, hvilke udfordringer med vand et opland som Gerå i fremtiden vil stå over for og hvad det vil kræve at løse disse udfordringer, ved at opstille forskellige scenarier som tidligere nævnt:

- A) Der gøres intet imod de stigende vandmængder
- B) Der indføres så mange tiltag som muligt for at sikre, at den nuværende landbrugsjord har god afvanding, så den kan forblive i omdrift i fremtiden.
- C) Der anvendes en helhedsorienteret tankegang til gavn for dræning og afvanding samt klima, miljø og natur, og hvor det accepteres, at noget af den nuværende dyrkningsjord får andre formål.

På baggrund af resultaterne af de stationære beregninger vælges det at arbejde videre med samtlige virkemidler i de dynamiske beregninger undtagen øget vedligehold. Desuden arbejdes der, som tidligere nævnt, med vådområde som virkemiddel i de dynamiske beregninger.

5 MODELOPSÆTNING FOR SCENARIEBEREGNINGER I KOBLET DYNAMISK MODEL

Af dette kapitel fremgår modelopsætningen for de to tidligere beskrevne løsningsscenarier B og C i den koblede model. På baggrund af de stationære vandløbsberegninger i VASP er det udvalgt, hvilke virkemidler der skal indgå i hver af løsningsmodellerne.

Stationeringerne er fremadrettet ikke tilsvarende den regulativmæssige stationering, idet den dynamiske vandløbsmodel regner på faktisk stationering, som er meter op ad vandløbet, og ikke de stationer som fremgår af regulativet. Derfor vil stationeringer omtalt fremover ikke i alle tilfælde være tilsvarende stationeringerne beskrevet i de stationære beregninger, men placeringen vil være den samme.

5.1 MODELOPSÆTNING

A) Referencescenarie, der gøres intet imod de stigende vandmængder.

Der gøres ikke noget imod de stigende vandmængder i fremtiden. Den opstillede model repræsenterende scenarie A beskrevet i kapitel 2 køres for perioden 1/6 2049 til 31/5 2050 og der foretages ingen ændringer i modellen til håndtering af vandmængderne i Gerå-systemet. Resultater for scenarie A benyttes som reference til vurdering af effekten af løsninger opstillet i scenarie B og scenarie C.

B) Der indføres så mange tiltag som muligt for at sikre dræning og afvanding af landbrugsjorder.

Der opstilles et afvandingsscenarie i den koblede dynamiske model for Gerå, hvor der indføres så mange tiltag som muligt for at sikre afvanding af landbrugsjord i fremtiden. Følgende virkemidler inkluderes i scenarie B:

- a) Omløb udenom naturvandløb
- b) Vandparkering
- c) Udvidet vandløbsprofil

Af Figur 5.1 fremgår placeringen af virkemidlerne i modelopsætningen for scenarie B.



Figur 5.1 Oversigt over modelopsætning i scenarie B med vandparkering, omløb fra Gerå til Kattegat og udvidet vandløbsprofil markeret med blå i Gerå.

Ligesom ved de stationære beregninger i VASP indsættes i den dynamiske MIKE HYDRO River model et overløb til omløb udenom naturvandløbet, som udgøres af de nederste ca. 7 km af Gerå inden udløb til Kattegat. I modellen indsættes en ny vandløbsstreng som kobles på Gerå i st. 6.863, lige ved starten af naturvandløbsstrækningen, og ender i Kattegat. Der indsættes et stemmeværk (weir) som repræsenterer en overløbskant, som sættes til kote 1,4.

Der placeres en vandparkeringsløsning i Gerå nedstrøms tilløb fra Hjallerup Å med et meget stort volumen, således der altid er den nødvendige kapacitet. Derved vil vand fra Gerå løbe over i løsningen, når vandstanden overstiger kote 5,78. Derudover begrænses vandføringskapaciteten nedstrøms løsningen til 1,95 m³/s, hvilket svarer til en 30% reduktion af den nutidige vintermedianmaksimumvandføring som beskrevet i afsnit 4.4. I modellen laves løsningen ved at indsætte et rør med tilkoblet volumen (culvert, side structure with storage) efterfulgt af et rør (culvert) med en maksimalt tilladt vandføring på 1,95 m³/s. Derved løber vandet ind i løsningen når vandstanden når over kote 5,78, og ud igen med en vandføring på maksimalt 1,95 m³/s, når vandstandskoten i Gerå igen er under kote 5,78.

Det skal understreges, at der ifm. vandparkering udelukkende foretages ændringer i vandløbsmodellen og dermed ikke i modellen for det tilhørende opland, som er opstillet i MIKE SHE. Derved er volumen kun til stede i MIKE HYDRO River og ikke til stede i MIKE SHE-delen. I realiteten vil der skulle findes et volumen i oplandet opstrøms vandparkeringsløsningen til vandparkering, som dermed vil resultere i områder, som bliver vådere. Dette er ikke inkluderet i den koblede model og kommer derfor ikke til udtryk i resultaterne.

Den udvidede vandløbsskikkelse udføres i den dynamiske model, som beskrevet tidligere i afsnit 4.5. Det geometriske grundlag genereret ifm. de stationære beregninger i afsnit 4.5 importeres til den dynamiske vandløbsmodel for Gerå.

C) Der laves en helhedsorienteret afvandingsindsats i oplandet bl.a. med hensyn til klima og natur

Der opstilles et scenarie i den koblede dynamiske model for Gerå med en helhedsorienteret afvandingsindsats i oplandet. Følgende virkemidler benyttes i scenarie C:

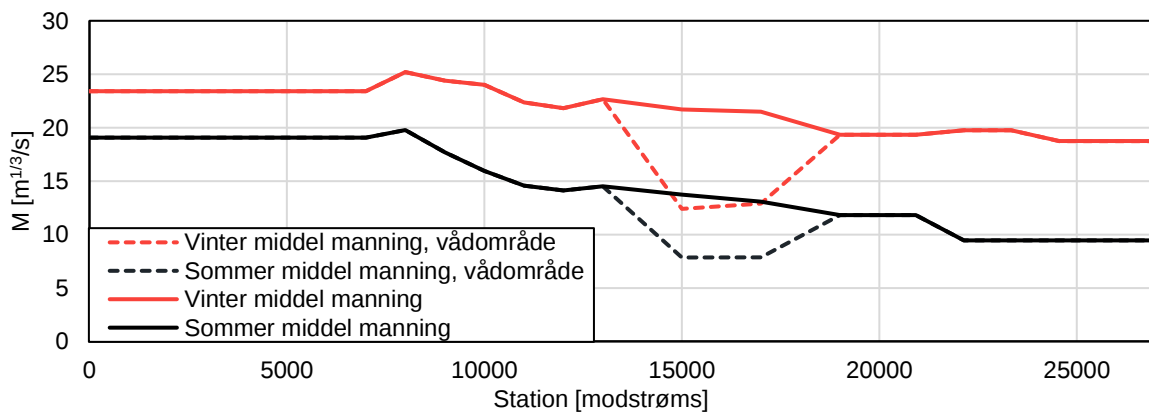
- a. Vådområde inklusiv genslyngning af vandløb
- b. Vandparkering

Af Figur 5.2 fremgår en oversigt over placering af virkemidlerne i scenarie C.



Figur 5.2 Oversigt over modelopsætning i scenarie C med vandparkering på Gerå og vådområde i den tidl. Ger Ådal markeret med blå, hvor dræn i MIKE SHE er fjernet.

I scenarie C placeres et vådområde i den tidligere Ger Ådal. Denne placering er valgt, idet dette er det lavest beliggende område, som ofte er plaget af vand på terræn. Det vil derfor også være naturligt at placere et vådområde her. For at skabe et vådområde i modellen er drænene fjernet i det pågældende område i MIKE SHE-modellen. I vandløbsmodellen indsættes stryg, som støver vandet bagud i vådområdet som strækker sig over en strækning på ca. 4 km. Manningtallet for den vandløbsstrækning, hvor vådområdet er placeret, mindskes for at skabe større modstand på strækningen og dermed repræsentere en genslyngning af Gerå gennem vådområdet, som beskrevet i tidligere undersøgelser og modelopsætning af SEGES (Nørgaard, 2020c). De middelede sommer- og vinter-manningtal for hele Gerå fremgår af Figur 5.3, hvor fuldt optrukken linje viser Manningtal for scenarie A og B, og stiplede linje viser manningtal for scenarie C.



Figur 5.3 Stedsligt varierende manningtal i Gerå, midlet for sommer- og vinterperiode, fuldt optrukken linje viser Manningtal for scenarie A og B, stiplede linje viser manningtal for scenarie C.

Vandparkeringsløsningen i scenarie C opsættes som beskrevet for scenarie B.

5.2 VALG AF SIMULERINGSPERIODE

Simuleringsperiode vælges ud fra at en vintermedianmaksimumvandføring skal være til stede i vinterperioden og fremtidigt middelvandspejl for marts-april måned skal være til stede i enten marts eller april måned.

Vintermedianmaksimumvandføringen for nutid har været sammenligningsgrundlag for de stationære beregninger, og det ønskes at sikre, at simuleringsperioden i den dynamiske model dækker en sammenlignelig periode og ikke et tørrere år, end det ønskes at regne på. Vintermedianmaksimumvandføring er den vandføring, der statistisk set vil forekomme hvert 2. år, og i fremtiden forventes det, at den vil være højere.

I marts og april måned er det vigtigt i landbrugsøjemed, at afvandingsforholdene er således, at markarbejdet kan udføres. Det er i denne periode meget af forarbejdet til en god høst lægges, og hvis det ikke er muligt grundet vandlidende jorder, vil det resultere i udbyttetab. Derfor ønskes det, at simuleringsperioden dækker et middel marts-april afvandingsscenarie, idet jorde som minimum bør kunne dyrkes ved dette scenarie, idet området i dag dyrkes. Derved kan dette danne sammenligningsgrundlag ift., om scenariemodellerne vil resultere i et vådere eller tørrere forår set ift. marts-april middel, og om det derved vil forværre eller forbedre dyrkningsbetingelserne i den kritiske periode.

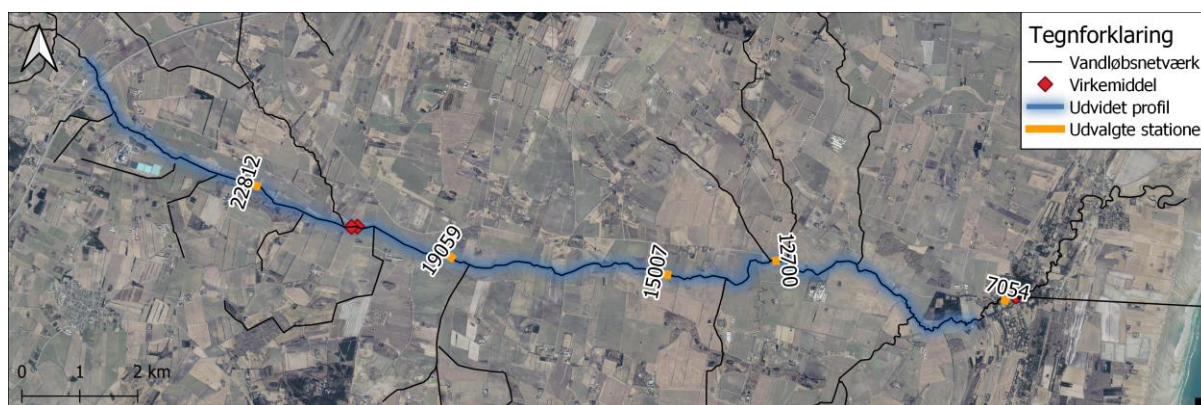
Ud fra en simulering af den 30 års periode fra 2041-2070 udvælges en simuleringsperiode på 3 år fra 1/6 2047 til 1/6 2050. Der fokuseres på en analyseperiode på 1 år fra 1/6 2049 til 31/5 2050, og dermed har modellen 2 års opvarmning. Resultater for vandstanden i Gerå ved st. 7035, ved Melholt Bro, fremgår af Figur 5.4. Vintermedianmaksimumafstrømningen og den gennemsnitlige marts-april afstrømning fremgår ligeledes. Det ses at begge afstrømninger forekommer i den udvalgte simuleringsperiode. Det ses dog også, at afstrømningerne er højere for den simulerede fremtidsperiode, idet nutids-vintermedianmaksimumafstrømningen overskrides ved tre hændelser på et år, og den midlede marts-april afstrømning er også højere i fremtidsscenariet for den udvalgte simuleringsperiode.



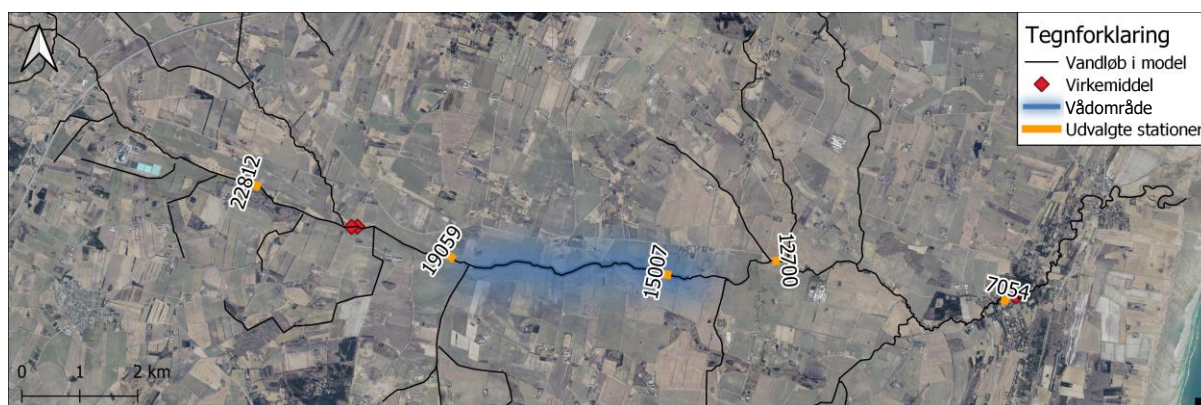
Figur 5.4 Modelleret døgnmiddelfafstrømning referencescenarie for fremtidens klima i den udvalgte analyseperiode.

6 MODELRESULTATER

Af dette kapitel fremgår modelresultaterne for de to simulerede løsningsscenarier i den koblede dynamiske model. Påvirkning på vandstand og vandføring i vandløb samt grundvandsstand for scenarie B og C sammenlignet med referencescenariet undersøges. Der er udvalgt 5 forskellige stationeringer i Gerå, hvor der er udtrukket vandstand og vandføringsdata fra, disse fremgår af Figur 6.1 og Figur 6.2. Stationerne er udvalgt ift. placeringen af virkemidler og fordelt således effekterne op- og nedstrøms kan analyseres. De er ligeledes placeret på baggrund af viden om, hvor der i dag opleves problemer med høj vandstand i Gerå. I relation til grundvandsstanden genereres afvandingskort som tidligere set af afsnit 4 men for den dynamiske model gøres dette på baggrund af MIKE SHE-resultater for afstanden til grundvandsspejlet.



Figur 6.1 Scenarie B: Udvalgte stationer hvortil der er udtrukket modelresultat for vandstand, h , og omtrentlig, hvor der er udtrukket modelresultat for vandføring, Q .

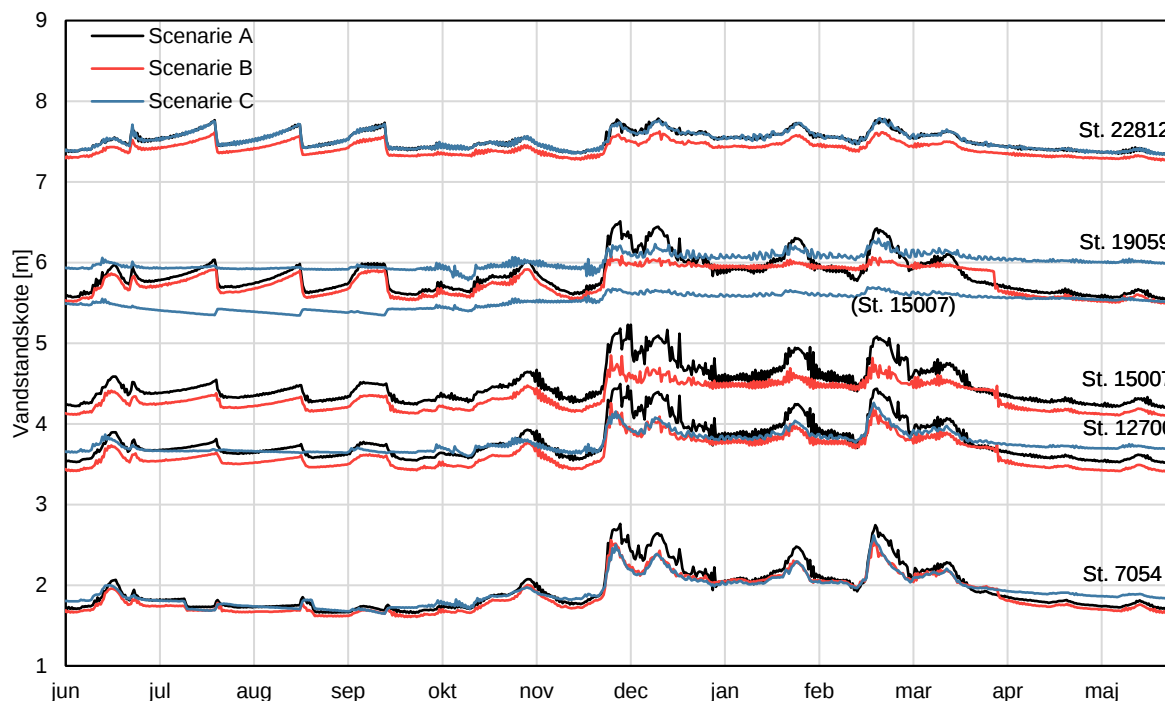


Figur 6.2 Scenarie C: Udvalgte stationer hvortil der er udtrukket modelresultat for vandstand, h , og omtrentlig, hvor der er udtrukket modelresultat for vandføring, Q .

6.1 DØGNMIDDELVANDSTAND I GERÅ

Vandstanden i Gerå undersøges for de fem udvalgte stationer, resultatet fremgår af Figur 6.3. Det ses, at scenarie B (rød linje) generelt har et lavere vandspejl for alle stationer sammenlignet med referencescenariet og scenarie C. Årsagen til den generelt lavere vandstand for scenarie B er virkemidlet

udvidet vandløbsprofil, hvor arealet af vandløbsprofilen er udvidet gennem hele Gerå fra station 8.000 og opstrøms og dermed sænkes vandspejlet.

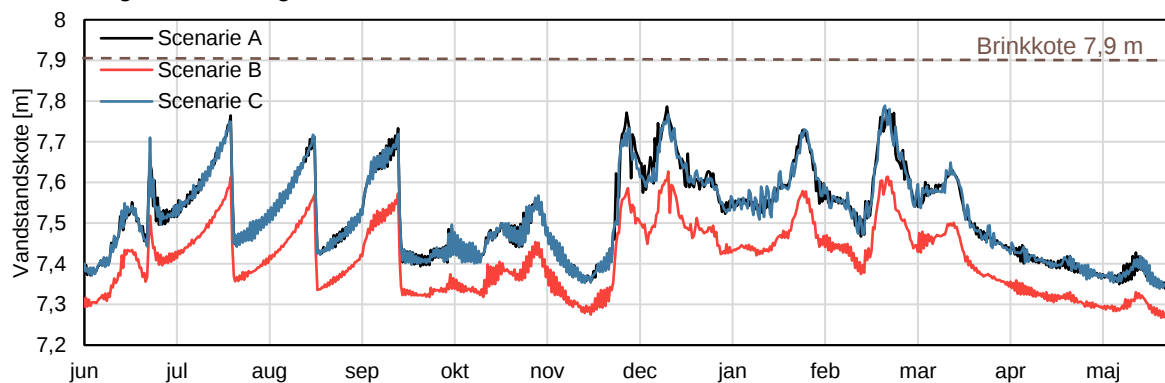


Figur 6.3 Simuleret døgnmiddelvandstand fra start juni 2049 til slut maj 2050 for udvalgte stationer i Gerå for referencescenarie A og løsningsscenarie B og C.

I de efterfølgende afsnit gennemgås vandstandsændringerne for de enkelte udvalgte stationer og relateres til brinkniveauerne i stationernes tværsnit.

St. 22.812

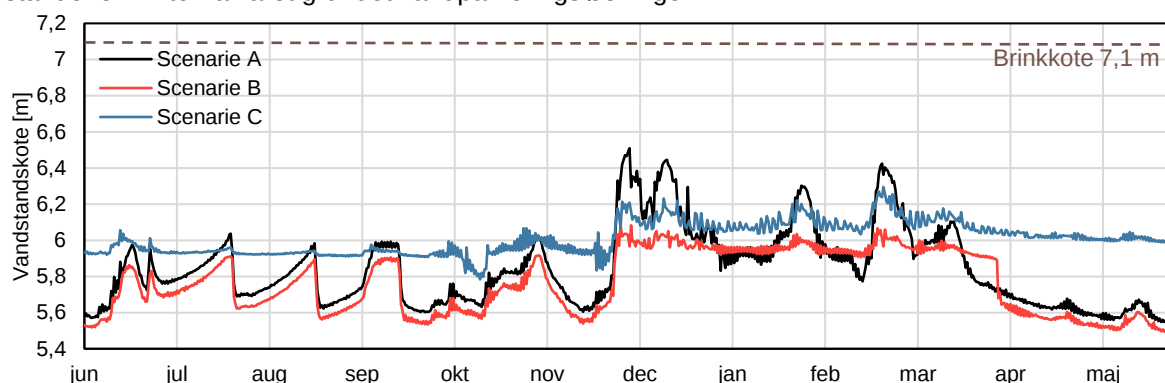
Resultatet for station 22.812 viser, at vandstanden for samtlige scenarier følger samme dynamik. Det skyldes, at stationen er så langt opstrøms alle virkemidlerne, at der ikke er en nævneværdig effekt på dynamikken. Kun virkemidlet udvidet skikkelse for scenarie B er til stede for denne station, hvilket også har en tydelig effekt på vandspejlet, som resulterer i, at dette er omtrent 10 cm lavere i scenarie B sammenlignet med A og C



Figur 6.4 Simuleret døgnmiddelvandstand i st. 22.812.

St. 19.059

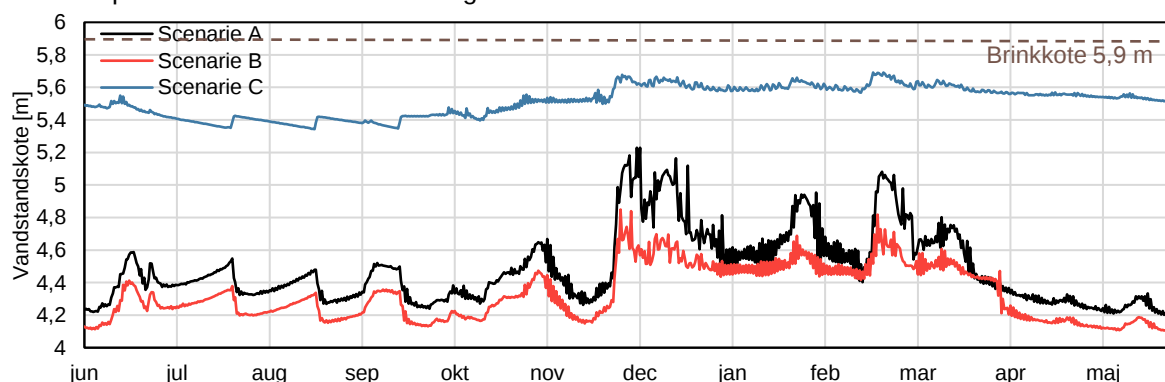
Ved station 19.059 har både scenarie B og især scenarie C en tydelig ændret dynamik i vandstanden sammenlignet med referencescenariet. Punktet findes nedstrøms vandparkeringsløsningen, som benyttes i både scenarie B og C, og lige opstrøms vådområdet, som findes i scenarie C. For scenarie B følger vandstandsgrafen resultatet for referencescenariet, indtil vandparkeringsløsningen tages i brug i slutningen af november, hvor større afstrømninger hen over vinterhalvåret forekommer. Når vandparkeringsløsningen er i brug, er vandstanden op til 55 cm lavere i peak for scenarie B sammenlignet med referencescenariet. Derimod holdes vandstanden i et højere niveau i længere tid, idet vandstandspeaks udlignes ved vandparkeringen. Det betyder, at vandstanden er op mod 25 cm højere i marts for scenarie B sammenlignet med scenarie A i marts. Det indikerer, at vandparkeringsløsningen stadig er under tømning henne i foråret grundet vinterens hændelser. I scenarie C slår vådområdeløsningen meget tydeligt igennem i st. 19.059, hvor variationen i vandstanden er meget lille og vandstandskoten er hævet hen over sommer, efterår og forår sammenlignet med scenarie A. I scenarie C afværges peakvandstandene i vinterhalvåret grundet vandparkeringsløsningen



Figur 6.5 Simuleret døgnmiddelvandstand i st. 19.059.

St. 15.001

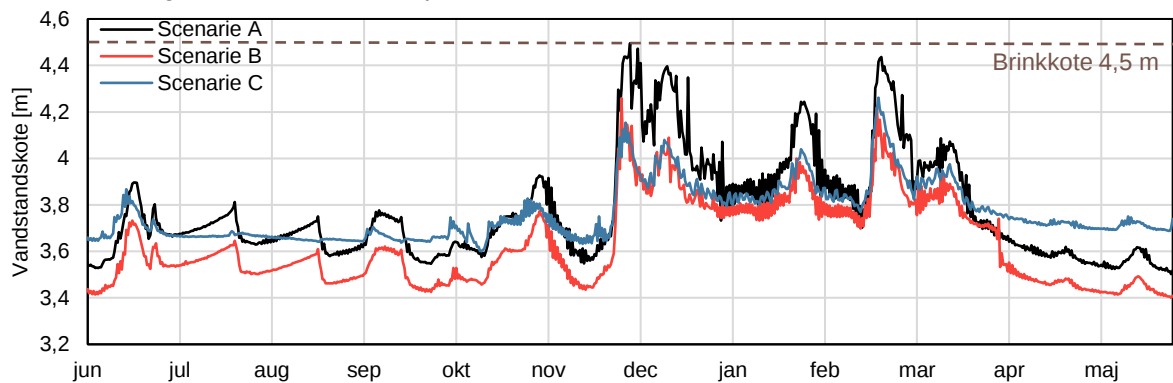
St. 15.001 findes midt i vådområdet i scenarie C. Det er meget tydeligt for resultaterne i scenarie C. Vandstandskoten er betydeligt højere sammenlignet med referencescenariet grundet vådområdet, hvor vandstanden hæves. Ligesom for st. 19.059 er der meget lidt dynamik i vandstandsgrafen for scenarie C i st. 15.001. For scenarie B ses, at peakvandstanden er reduceret med op til 65 cm og den gennemsnitlige vandstandsreduktion for hele perioden er 15 cm. Den øgede vandstand i marts som forekom i st. 19.059, ses ikke her. Vandparkeringsløsningen er stadig under tømning men grundet det udvidede vandløbsprofil resulterer det ikke i en øget vandstand sammenholdt med referencescenariet.



Figur 6.6 Simuleret døgnmiddelvandstand i st. 15.001.

St. 12.700

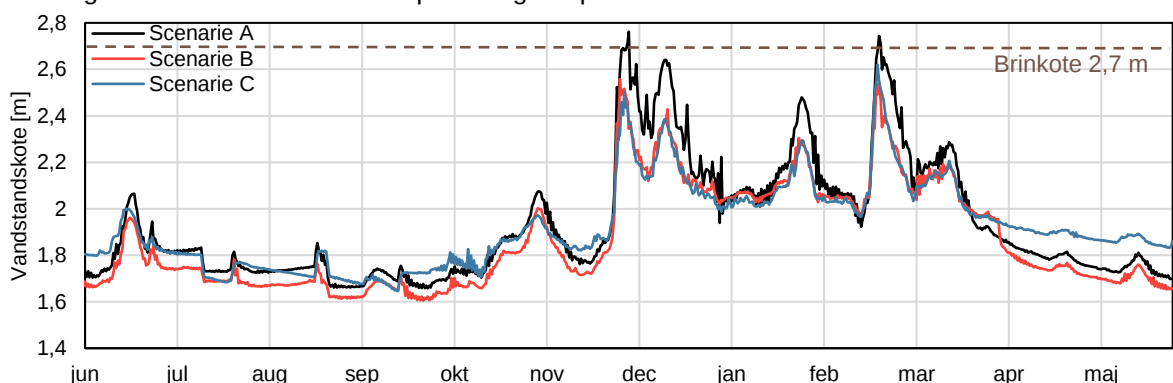
Resultatet for st. 12.700 viser for scenarie B en generel reduktion i vandstand sammenlignet med referencescenariet og en reduktion af peakvandstand på 55 cm. For scenarie C er st. 12.700 nedstrøms vådområdet og det er udtrykt af en lavere vandstand og større dynamik i vandstandsgrafen sammenlignet med vandstanden i st. 15.001. Gennem sommeren og efteråret er vandstanden omtrent samme niveau som for referencetilstanden dog knap så dynamisk, idet de små peaks udlignes af vådområdeløsningen opstrøms. Gennem vinteren, hvor større vandstande forekommer i referencescenariet, giver vandparkering og vådområdeløsningen i scenarie C en vandstandsreduktion på op til 53 cm. Vandstanden i scenarie C er øget gennem foråret, hvor vandparkeringen fortsat tømmes da scenarie C ikke har den øgede kapacitet i selve Gerå, som scenarie B har ved den udvidede vandløbsskikkelse. Dette øger vandstanden gennem foråret med op til 22 cm i scenarie C.



Figur 6.7 Simuleret døgnmiddelvandstand i st. 12.700.

St. 7.054

St. 7.054 findes ved Melholt Bro lige inden naturvandløbsstrækningen af Gerå, hvor omløbsløsningen i scenarie B er placeret og lige nedstrøms (omtrent 1 km) fra virkemidlet med den udvidede vandløbsskikkelse. Den generelle sænkede vandstand i scenarie B, som ses for stationerne opstrøms, er her mindre. Under store afstrømningshændelser ses en vandstandsforinkel på op til 68 cm for scenarie B og 54 cm for scenarie C. For begge modeller er en forøget vandstand i foråret på 16 cm, hvor det for scenarie B er kortvarigt i slut marts-start april, og for scenarie C varer hele forårsperioden. Det skyldes, tømnningen af virkemidlet med vandparkeringen opstrøms.



Figur 6.8 Simuleret døgnmiddelvandstand i st. 7.054.

6.2 DØGNMIDDELVANDFØRING I GERÅ

Vandføringen i Gerå er ligesom vandstanden påvirket af de ændrede forhold i scenarieberegningerne. Den simulerede vandføring fra start juni 2049 til slut maj 2050 for referencescenarie A og løsnings-scenarie B og C for udvalgte stationer tilsvarende vandstandspunkterne fremgår Figur 6.9 til Figur 6.13.

St. 22.861

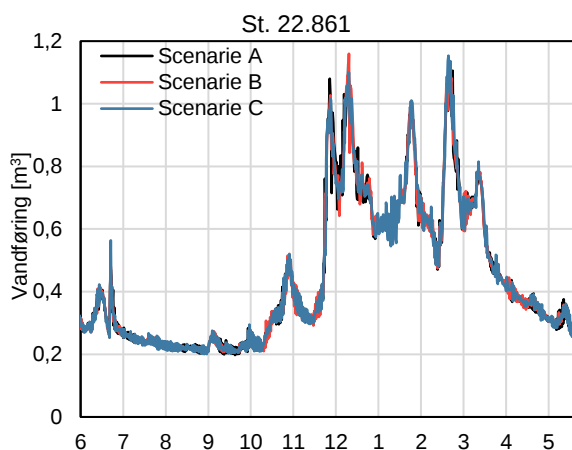
I St. 22.861 ses i store træk ingen forskel i vandføringen. Dette er fordi det er opstrøms de virkemidler, som har en påvirkning på vandføringen. Det eneste virkemiddel, som er til stede her, er udvidet vandløbsprofil for Gerå i scenarie B. Dette har en påvirkning på vandstanden, som det fremgår af Figur 6.4 men ændrer ikke på den mængde vand, der føres gennem profilet.

St. 19.010

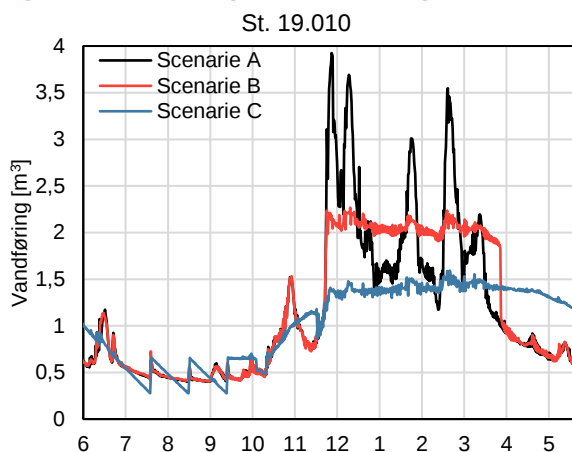
Ved st. 19.010 ses store ændringer i vandføringen for scenarie B og C sammenlignet med referencescenariet. Denne station findes nedstrøms vandparkeringsløsningen, hvilket er tydeligt for begge modelresultater. For scenarie B følger afstrømningen scenarie A, indtil der opstår en stor nok hændelse, til at vandparkeringen træder i kraft. Dette sker tydeligt i slutningen af november måned, hvor vandføringen her stiger, indtil den pludselig stagnerer. I den stagnerende periode er vandparkeringen i brug og det ses af grafen for scenarie B, at denne er tømt omkring starten af april måned, hvor vandføringen falder brat så den igen tilsvarende scenarie A, idet vandparkeringen her er udtømt. For scenarie C er både vådområde og vandparkering med til udligne afstrømningen over hele året. I scenarie C udlignes peakvandstanden i høj grad. Det er her tydeligt at st. 19.010 findes lige opstrøms vådområdet.

St. 15.056

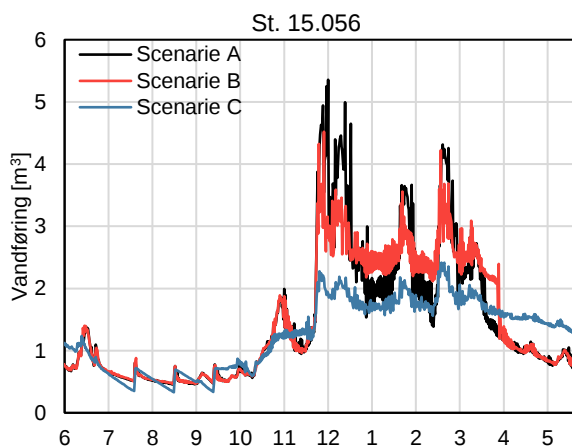
For station 15.056 er effekten af vandparkeringsløsningen i scenarie B mindre. Peakvandføringen er forsat mindre ift. referencescenariet og vandføringen er ikke helt stagneret men mindre dynamisk hen over vinteren. For scenarie C findes st. 15.056 midt i vådområdeløsningen.



Figur 6.9 Simuleret døgnmiddelvandføring i St. 22.861.



Figur 6.10 Simuleret døgnmiddelvandføring i St. 19.010.



Figur 6.11 Simuleret døgnmiddelvandføring i St. 15.056

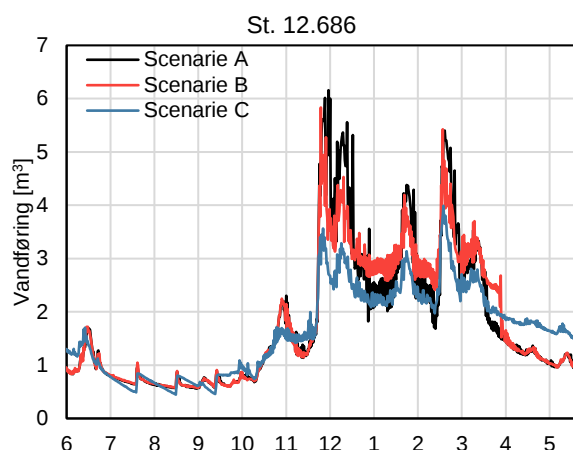
Dette er tydeligt for vandføringsgrafen for scenarie C, hvor vandføringen henover vinteren er meget lavere end i referencescenariet. I scenarie C holdes vandet tilbage i vådområdet og lægges ud på terrænet i området. Vandføringen hen over foråret er som konsekvens af dette højere end i scenarie A.

St. 12.686

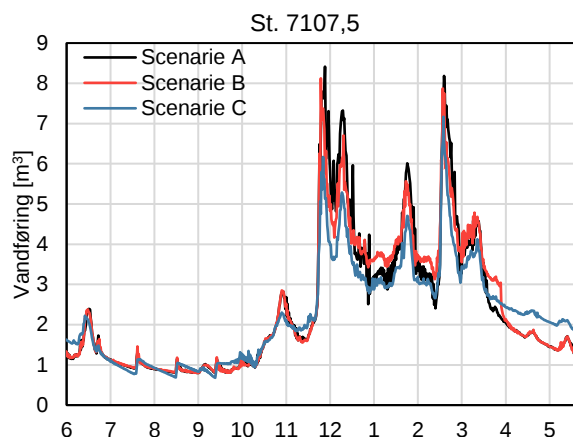
I St. 12.686 er effekten af vandparkeringsløsningen i scenarie B på vandføringen mindre endnu, sammenlignet med længere opstrøms. Kun ved de to største hændelser i starten af vinteren ses en mindre vandføring. Vandføringen er fortsat større ind i foråret, indtil vandparkeringen er tømt. For scenarie C er st. 12.686 nedstrøms vådområdet i modellen. Derfor ses en del mere dynamik i vandføringen hen over vinteren end i st. 15.096. Vandføringen er dog langt lavere end i referencescenariet gennem vinteren og højere gennem foråret.

St. 7.107

For scenarie B afviger vandføringen i st. 7.107 fortsat en smule grundet vandparkeringsløsningen. Omløbsløsningen ændrer ikke på selve vandføringen opstrøms løsningen og denne påvirker derfor ikke vandføringen ved denne station. Scenarie C har en dynamik lignende referencescenariet men vandføringen er generelt lavere gennem vinteren grundet opstuvningen i det opstrøms vådområde og vandtilbageholdelsen i vandparkeringsløsningen. I scenarie C er vandføringen højere i foråret end i scenarie A grundet tømningen af vandparkeringen og afstrømning fra vådområdet.



Figur 6.12 Simuleret døgnmiddelvandføring i St. 12.686.



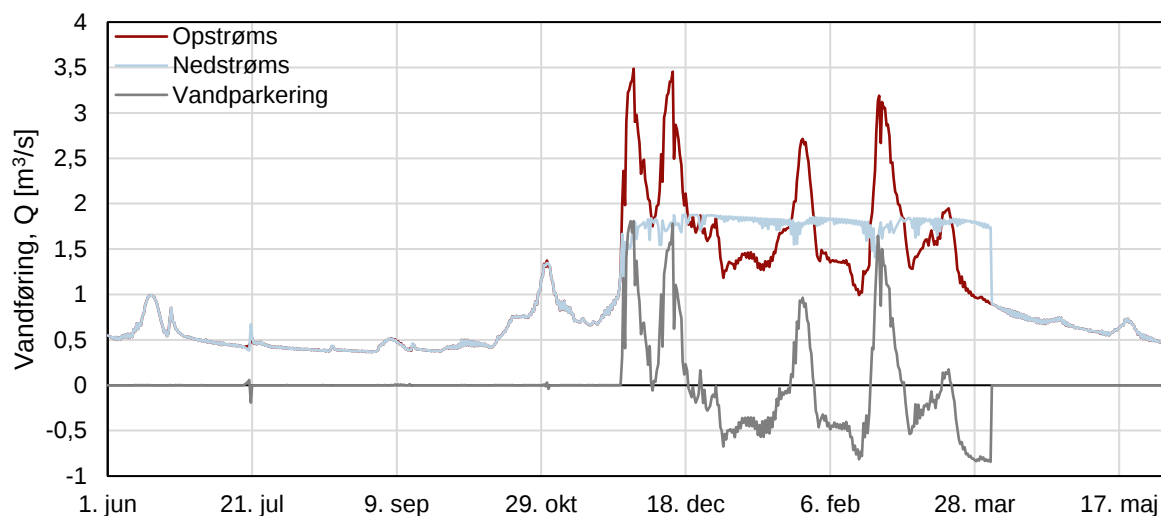
Figur 6.13 Simuleret døgnmiddelvandføring i St. 7.107.

6.3 VANDPARKERINGSLØSNING

I dette afsnit ses nærmere på vandparkeringsløsningen i den dynamiske model for scenarie B og C. Vandparkeringsløsningen blev testes for en enkelt historisk hændelse i afsnit 4.4. Den udvalgte hændelse i de stationære beregninger opnåede en maksimal afstrømning på 47,1 l/s/km² svarende til en vintermedianmaksimumafstrømning. Af afsnit 6.1 og 6.2, hvor simuleret vandstand og vandføring i Gerå analyseres, er det tydeligt, at der i den dynamiske model i årene 2049-2050 er mere vand i systemet,

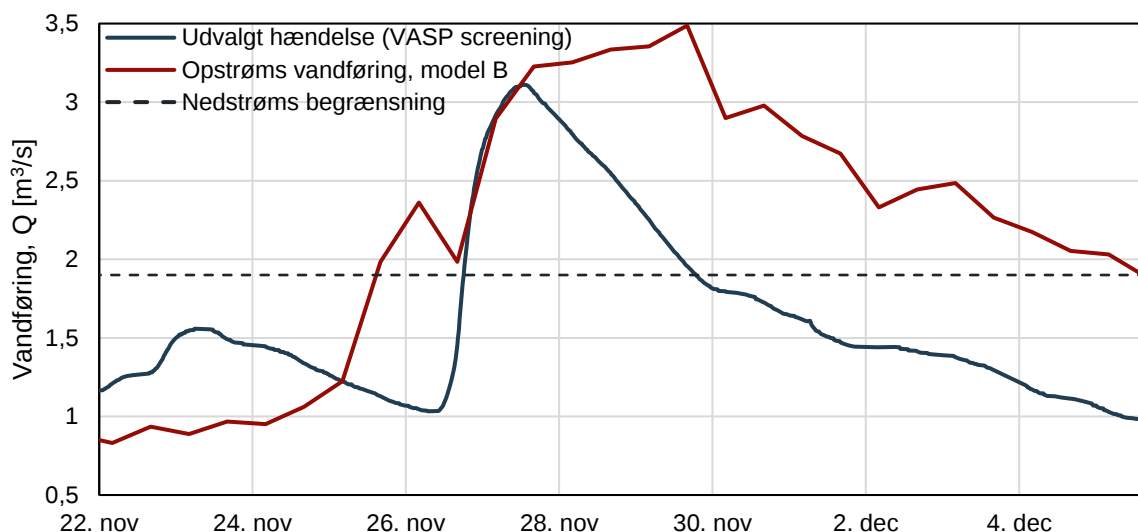
end der er taget højde for i de stationære beregninger for vandparkeringsløsningen. Det ses resultaterne for vandstand, at vandparkeringsløsningen er i brug i hele vinterhalvåret. For den udvalgte analyseperiode på Figur 5.4 ses det også, at vintermedianmaksimumvandføringen overskrides tre gange.

Vandføringen opstrøms, nedstrøms og for selve vandparkeringsløsningen i scenarie B fremgår af Figur 6.14. For vandparkeringen viser positive værdier, at vand strømmer fra Gerå til vandparkeringsløsningen og negative værdier viser, at vandet strømmer ud af vandparkeringsløsningen og tilbage til Gerå. Gennem vinteren er vandparkeringsløsningen i brug for i alt fire større hændelser. De to største afstrømningshændelser forekommer i november og december og har begge en maxsvandføring på omkring 3,5 m³/s opstrøms vandparkeringen.



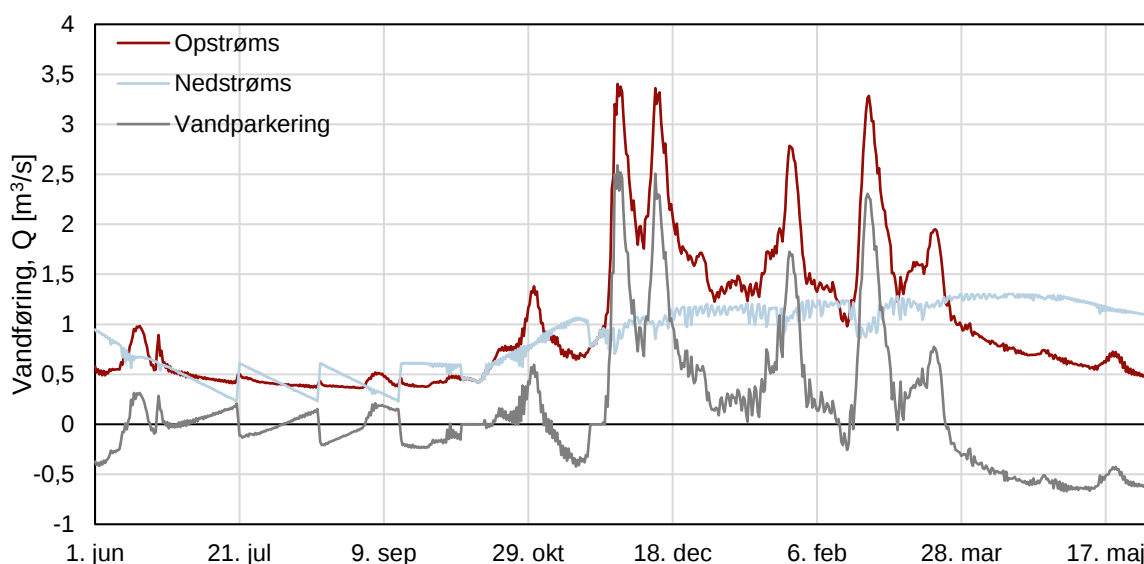
Figur 6.14 Vandføring opstrøms og nedstrøms vandparkeringsløsningen i scenarie B. Q for selve vandparkeringsløsningen er ligeledes vist. Positiv Q viser, at vand strømmer fra Gerå ind i vandparkeringsløsningen og negativ Q viser, at vand strømme ud af løsningen og tilbage til Gerå.

I den dynamiske model, for scenarie B såvel som scenarie C, er vandparkeringsløsningen lavet uden nogen kapacitetsbegrænsning. Dette betyder, at der altid er plads til alt det vand, der er behov for at sende over i vandparkeringsløsningen fra Gerå. Dette resulterer i, at der i den dynamiske fremtidsmodel skal et meget stort vandparkeringsvolumen til for at magasinere hele den ønskede vandmængde set ift. screeningen i kapitel 4 afsnit 4.4. I screeningen, hvor der blev der taget udgangspunkt i historisk data, var afstrømningshændelsen mindre end hændelsen i den dynamiske model for et fremtidsscenario både set ift. maxsvandføring og varighed af hændelsen. Dette stemmer overens med, at der for fremtidens klima forventes, at bliver vådere i vinterhalvåret og at der både forventes mere nedbør samt at dette forekommer i længere sammenhængende perioder, som resulterer i større og mere langvarige afstrømningshændelser i vandløbene. De to hændelser samt den nedstrøms vandføringsbegrænsning fremgår af Figur 6.15. Det ses af figuren, at hændelsen for scenarie B simuleret i den dynamiske model med et fremtidigt klimainput både har en større peakvandføring og er over den begrænsende vandføring nedstrøms langt længere tid.



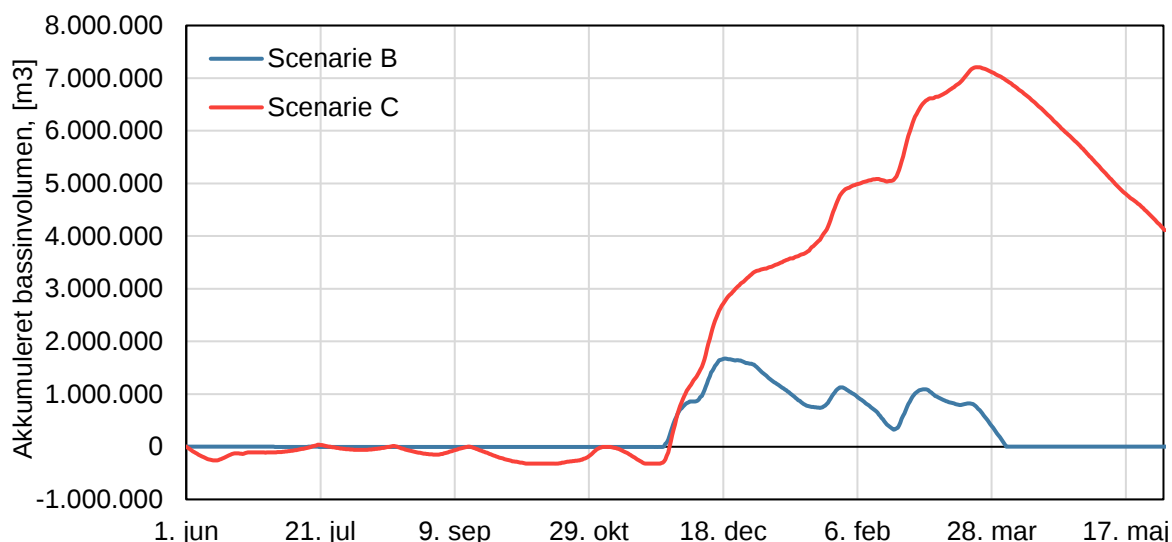
Figur 6.15 Sammenligning af udvalgt hændelse til undersøgelse virkemidler i kapitel 4 afsnit 4.4 (blå) med hændelse i dynamisk model for scenarie B (rød). Den nedstrøms vandføringsbegrænsning på 1,9 m³/s er angivet med stiplede linje.

For scenarie C har vådområdet nedstrøms i Gerå resulteret i en vandstandsøgning samt nedsat dynamik for vandstanden i Gerå opstrøms til omtrent st. 21.900. Dette påvirker vandparkeringsløsningen i st. 20.965, som netop er styret af vandstandskoten i Gerå. Dette betyder at vandparkeringsløsningen i scenarie C er i brug hele året også om sommeren, idet vandstandskoten i Gerå også er forøget i denne periode grundet stuvning fra vådområdet nedstrøms. Dette er årsagen til at vandføringen nedstrøms vandparkeringsløsningen (lyseblå), som fremgår af Figur 6.16, mellem juli og september har bratte "hak", modsatrettet tilsvarende de bratte "hak" som også fremgår af vandføringsgrafen for vandparkeringen (grå).



Figur 6.16 Vandføring opstrøms og nedstrøms vandparkeringsløsningen i scenarie C. Q for selve vandparkeringsløsningen er ligeledes vist. Positiv Q indikerer at vand strømmer fra Gerå ind i vandparkeringsløsningen og negativ Q indikerer at vand strømme ud af løsningen og tilbage til Gerå.

For scenarie C er det ligeledes tilfældet at vandparkeringsløsningen kræver et stort volumen i den dynamiske modelopsætning, idet kapaciteten i modellen er ubegrænset. Vandmængderne i Gerå er større i den dynamiske fremtidsmodel for model C sammenlignet med hændelsen i screeningen af virkemidlerne i den stationære analyse. Figur 6.15 viser forholdet mellem vandføringen i den udvalgte hændelse i screeningen og en udvalgt hændelse i den dynamiske model for scenarie B. Forholdet mellem afstrømningshændelserne vil være det samme for scenarie C, jævnfør Figur 6.9 der viser, at vandføringen for scenarie A, B og C er stort set ens opstrøms vandparkeringsløsning.



Figur 6.17 Akkumuleret bassinvolumen på baggrund af dynamiske modelberegninger for scenarie B og C.

Det akkumulerede vandparkeringsvolumen for begge modeller fremgår af Figur 6.17. Det ses at, det er ekstremt store volumener, der er brug for i modellen for at overholde de opstillede kriterier for overløb og udløb. For scenarie B kræves der op til 1,675 mio. m³ for at håndtere de store vandmængder gennem vinteren og dermed reducere den nedstrøms vandføring til det ønskede niveau på 1,9 m³/s. Det svarer til at 3,5% af vinterens afstrømning (ultimo november til ultimo marts) skal håndteres i vandparkeringsløsningen. For scenarie C er dette tal oppe på 7,207 mio. m³, hvilket svarer til omtrent 25% af den vandmængde, der føres i Gerå forbi vandparkeringsløsningen på et år, eller 39,5% i vinterperioden.

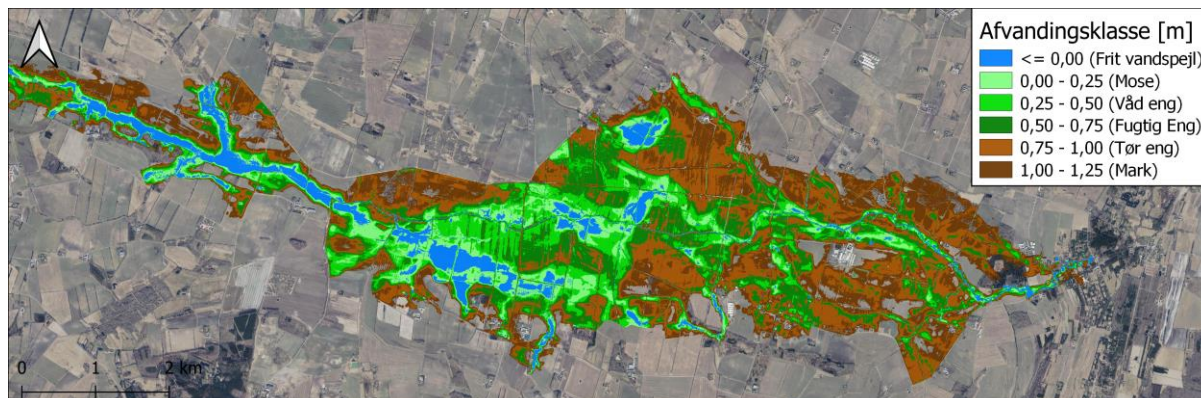
6.4 AFVANDINGSKLASSEKORT

Resultaterne for grundvandsstanden i området ved de forskellige modelscenarier er udtrykt ved afvandingsklassekort og baseret på resultater for afstand til den mættede zone, som er et MIKE SHE-resultat. Som tidligere nævnt kan der for de dynamiske modeller udtrækkes resultater til alle tidspunkter til alle steder. I dette afsnit er det valgt at fokusere på de mest relevante resultater, som er inde langs Gerå, hvilket der også er fokuseret på i de statiske beregninger. Der er beregnet statistik på resultaterne og valgt at undersøge den maksimale modelberegnete vandstand og marts-april middel vandstand for modellerne.

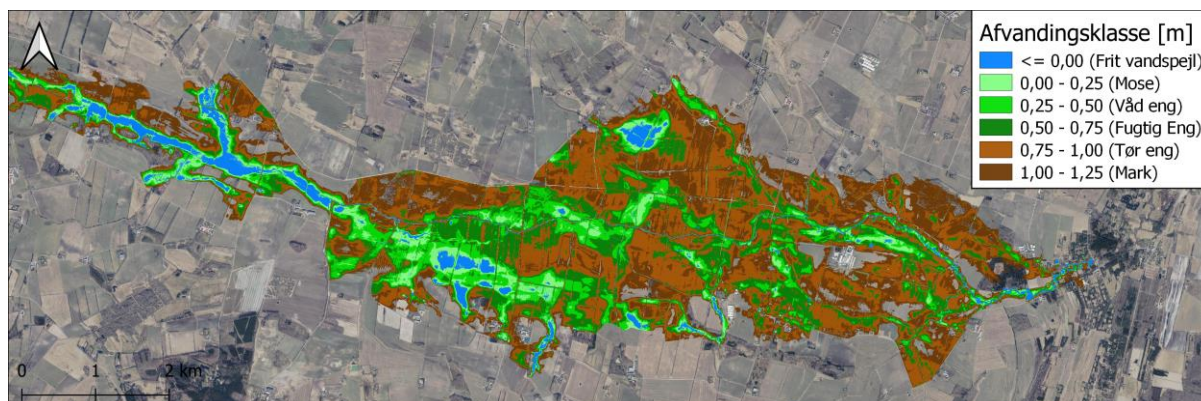
DEN MAKSIMALE VANDSTAND

Den maksimale vandstand viser det maksimale trykniveau i alle celler på tværs af hele simuleringsperioden. Det er derfor ikke nødvendigvis samtidigt, at dette forekommer i hele området. Af Figur 6.18

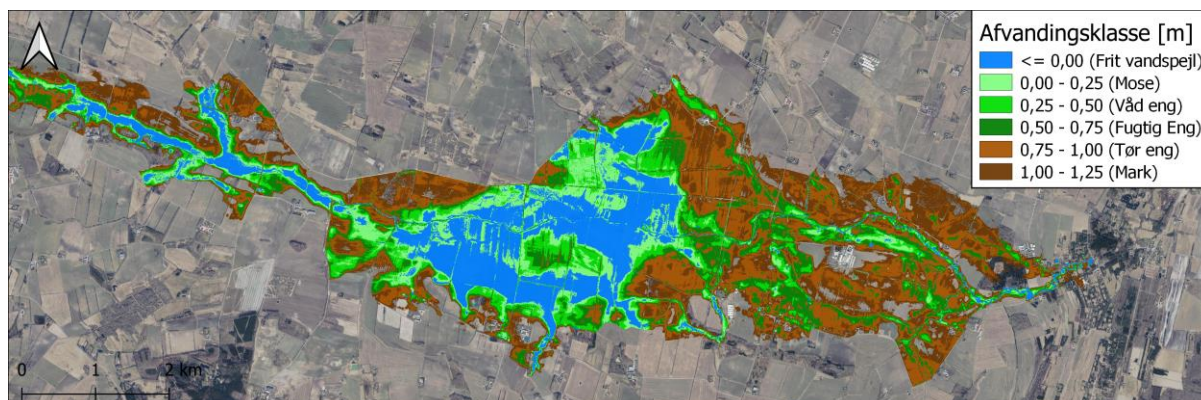
fremgår resultaterne for den maksimale vandstand for referencescenariet udtrykt ved et afvandingsklassekortet. Af Figur 6.19 og Figur 6.20 ses afvandingsklassekort for den maksimale vandstand ved scenarie B og scenarie C



Figur 6.18 Afvandingsklassekort for scenarie A ved maks. værdi for alle celler.

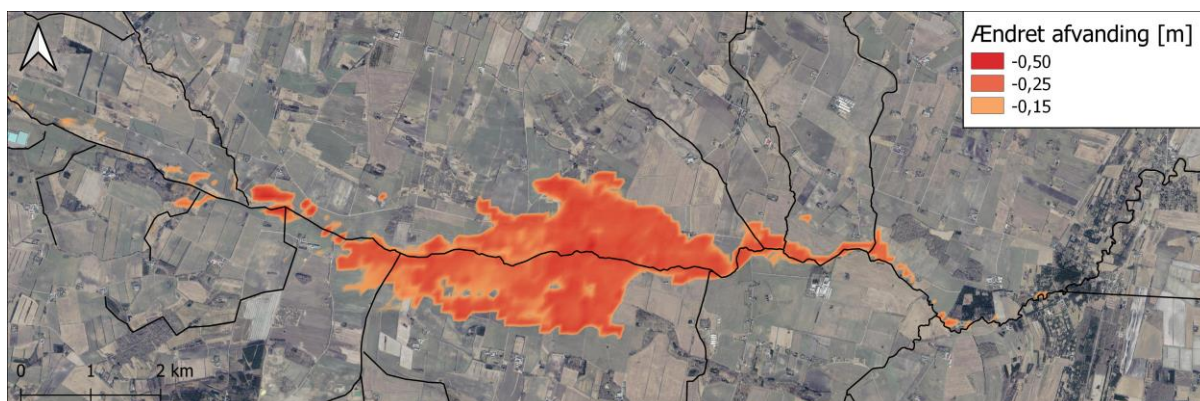


Figur 6.19 Afvandingsklassekort for scenarie B ved maks. værdi for alle celler.



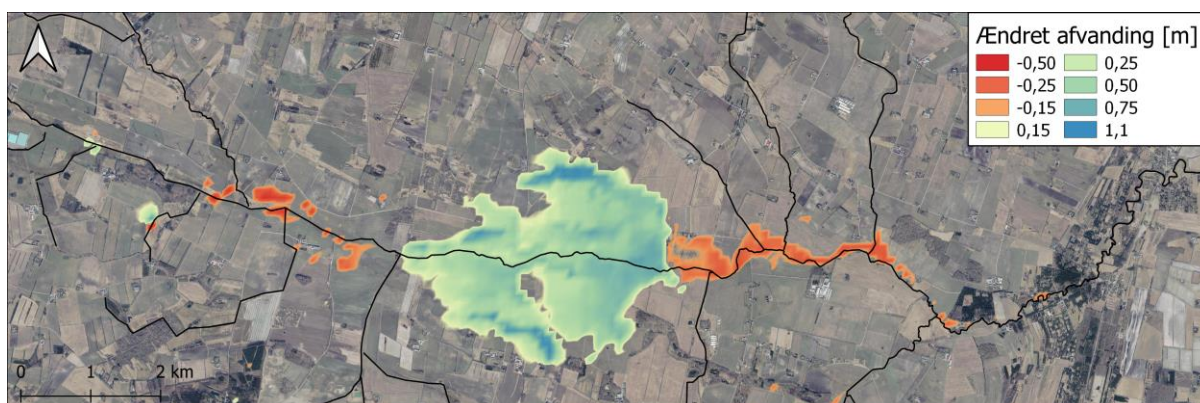
Figur 6.20 Afvandingsklassekort for scenarie C ved maks. værdi for alle celler.

Det ses tydeligt, at den maksimale vandstand ved scenarie B er lavere i den tidligere Ger Ådal inde omkring midten af Gerå. Scenarie C er betydeligt vådere, idet der her er lavet et vådområde på omtrentligt 740 ha. For scenarie B og C er områder nedstrøms vådområdet tørrere end i referencescenariet samt enkelte områder opstrøms. Forskellen mellem referencescenariet og henholdsvis scenarie B og scenarie C fremgår af Figur 6.21 og Figur 6.22.



Figur 6.21 Forskel i afvandingsklassekort mellem scenarie A og scenarie B pba. Maks. værdi for alle celler.

Det areal, som i scenarie B bliver tørrere og fremgår af Figur 6.21, er omtrent 7,35 km².

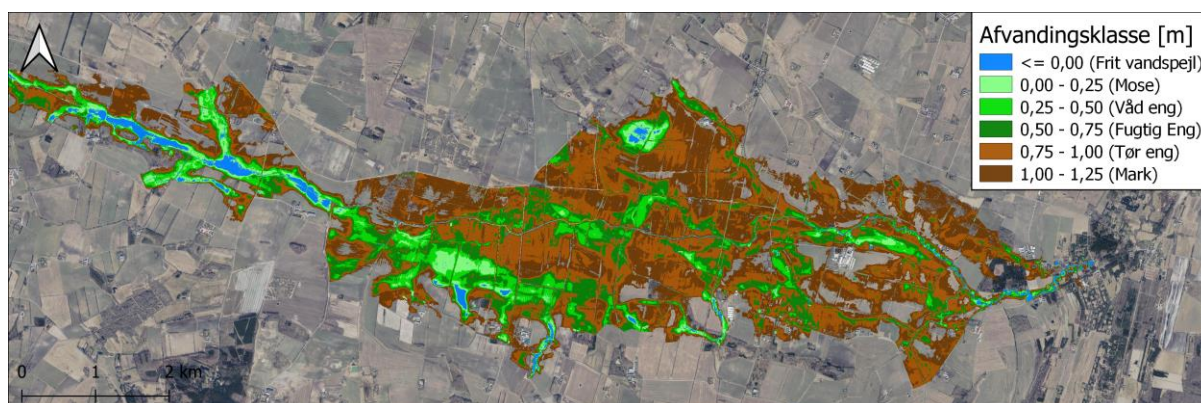


Figur 6.22 Forskel i afvandingsklassekort mellem scenarie A og scenarie C pba. Maks. værdi for alle celler.

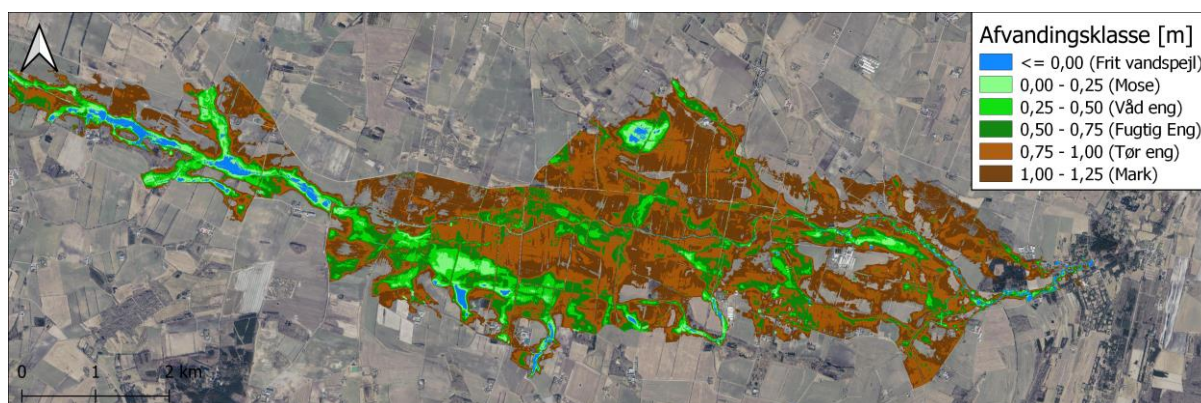
Det vådere areal på Figur 6.22 udgør i alt ca. 740 ha eller 7,4 km². Dette bliver vådere grundet vådområdet i scenarie C.

MARTS – APRIL MIDDEL

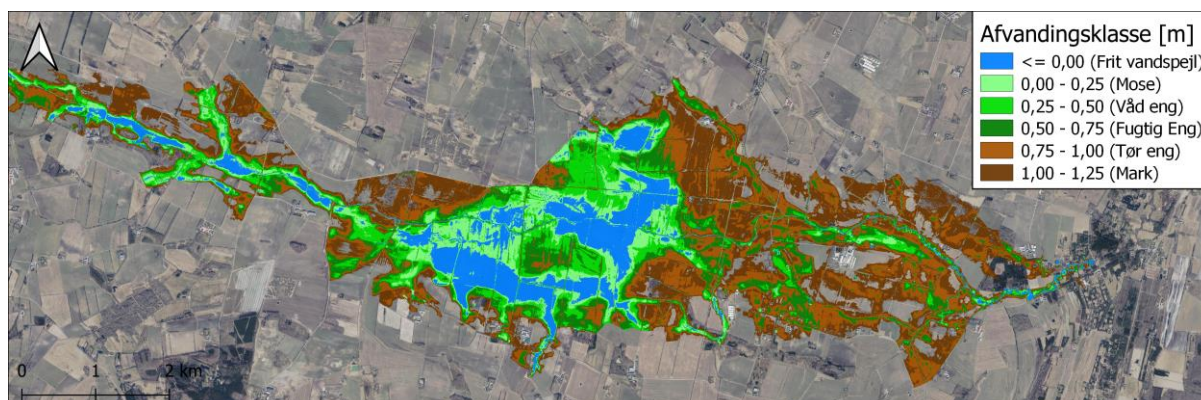
For at undersøge den fremtidige afvanding i den kritiske periode udgjort af marts og april måned undersøges denne også ved afvandingsklassekort der viser den gennemsnitlige afstand til grundvandet i denne periode. Af Figur 6.23 fremgår resultatet for referencescenariet. Resultaterne for hver af løsnings-scenarierne fremgår af Figur 6.24 og Figur 6.25.



Figur 6.23 Afvandingsklassekort for scenarie A ved middelværdi for marts og april måned for alle celler.



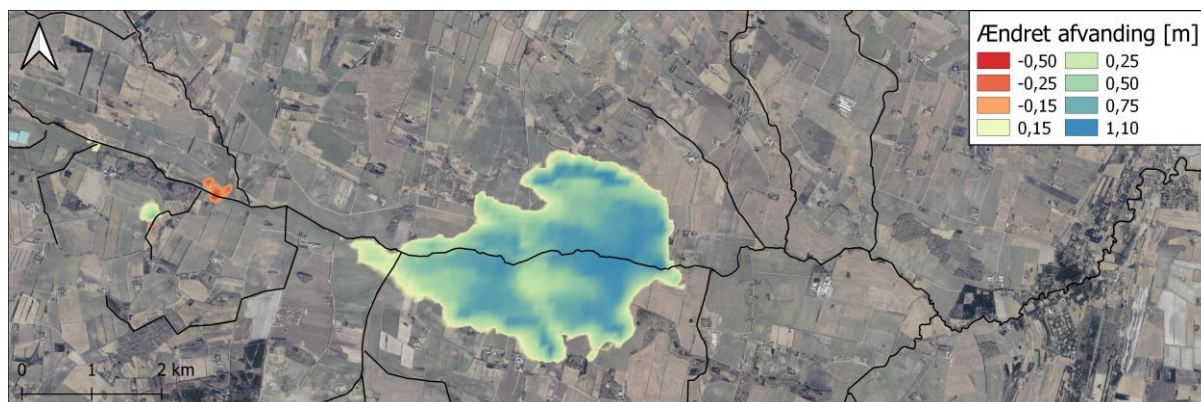
Figur 6.24 Afvandingsklassekort for scenarie B ved middelværdi for marts og april måned for alle celler.



Figur 6.25 Afvandingsklassekort for scenarie C ved middelværdi for marts og april måned for alle celler.

Resultaterne for marts-april middel viser, at scenarie C resulterer i et vådere område omkring midten af Gerå, hvilket er som forventet grundet vådområdeløsningen i scenarie C. For middel marts-april

måned er der ingen betydelig forskel mellem scenarie B og referencescenariet. Forskellen mellem afvandingsklasser i scenarie C og referencetilstanden er afbilledet på Figur 6.26



Figur 6.26 Forskel i afvandingsklassekort mellem scenarie A og scenarie C pba. middelværdi for marts og april måned for alle celler.

7 KONKLUSION

To forskellige fremtidige afvandingsscenarier for Gerå er analyseret i nærværende rapport og består af et scenarie B, hvor der indføres så mange tiltag som muligt for at sikre, at den nuværende landbrugsjord har god afvanding. Og et scenarie C, hvor der anvendes en helhedsorienteret tankegang til gavn for dræning og afvanding samt klima, miljø og natur og hvor det accepteres, at noget af den nuværende dyrkningsjord får andre formål. Scenarierne blev simuleret i dynamiske modeller, hvor flere forskellige virkemidler tages i brug samtidig, og dermed viser resultaterne den samlede effekt af virkemidlerne for hvert af scenarierne.

For scenarie B blev virkemidlerne omløb forbi det nedstrøms naturvandløb, udvidet vandløbsskikkelse og vandparkering benyttet. Samspillet mellem disse betød en lavere vandstand i Gerå hele året, specielt grundet den udvidede skikkelse af Gerå. I vinterperioden blev store afstrømningshændelser afværget takket være vandparkeringsløsningen, med den effekt at vandstanden nedstrøms i systemet er op til 68 cm mindre sammenlignet med referencescenariet. Dette slår også stærkt igennem i forskellen på maksimal grundvandsstand hvor der på et areal på over 7 km² omkring Gerå vil være en lavere maksimal grundvandsstand. Disse resultater er dog under forudsætning af, at der kan magasineres 1,7 mio. m³ vand opstrøms placeringen for vandparkeringsløsningen. Dette svarer til, at der står 25 cm vand på et areal på 6,7 km², svarende til 4% af det totale oplandsareal og 13% af oplandet opstrøms løsningen. Det vurderes derfor, at vandparkeringsløsningen ikke er realistisk under de givne forudsætninger, og det kun er praktisk muligt at gennemføre en sænkning af vandspejlet ved ændring af vandløbets skikkelse. Hvis der ønskes en vandparkeringsløsning i oplandet, kan det også overvejes at lempe på dimensioneringskravet om reduktion af den nedstrøms afstrømning og dermed acceptere en højere vinterafstrømning, end der er taget udgangspunkt i for beregningerne i nærværende rapport.

I scenarie C benyttes virkemidlerne vådområde og vandparkering. Ved at benytte et vådområde som virkemiddel ønskes det at genskabe Gerå ådal og dermed den naturlige hydrologi i området. Dette er i trit med den miljø- og klimapolitiske dagsorden i Danmark, idet kulstofrige lavbundslande vådlægges og naturen genskabes. Vådområdeløsningen har dog den konsekvens i området, at der er store arealer, som ikke kan dyrkes. Det vil kræve, at der laves afværgeforanstaltninger, hvis det ønskes at styre, hvor vådområdet må udbrede sig til. Desuden bør der opstilles en mere detaljeret model for området med en lavere celle-opløsning i vådområdet, hvis det ønskes at realisere et vådområdeprojekt i Geråens opland. Det ses af den maksimale grundvandsstand i scenarie C, at forholdene nedstrøms vådområdet bliver tørrere, hvilket skyldes vandparkeringsløsningen og opstemningen i vådområdet. Det kan forventes, at dette afspejler en vintersituation, hvor vandstanden i Gerå er højest. Vandparkeringsløsningen i scenarie C krævede et enormt volumen på 7,2 mio m³. Det svarer til, at der står 25 cm vand på knap 29 km² i oplandet opstrøms løsningen. Dette areal svarer til 18% af det totale opland eller 55% af oplandet opstrøms løsningen. Det vurderes derfor, at vandparkeringsløsningen ikke er realistisk under de givne forudsætninger.

Ud fra modelresultaterne ses det for både scenarie B og C, at vandstanden i Gerå sænkes gennem vinteren, og de største afstrømningshændelser afværges. Men hverken scenarie B eller C resulterer i tørrere forhold i foråret, hvor det er kritisk at kunne udføre markarbejde. Tværtimod resulterer vandparkeringsløsningen i begge scenarier, at vandstanden i Gerå om foråret øges, idet vandparkeringen tømmes for det vand, der er blevet ledt dertil gennem vinteren.

For begge scenarier er det tilfældet for vandparkeringsløsningen, at et meget stort volumen tages i brug i de dynamiske modeller, for at opnå de givne resultater. Dette er for at håndtere de afstrømningshændelser, der vil forekomme i fremtiden. For den analyserede periode er tre større og længerevarende hændelser, som skal håndteres i fremtiden. Dette betyder, at det akkumulerede volumen i de dynamiske modeller opbygges gennem en lang periode i vinteren, hvor der ikke kan løbe vand tilbage i Gerå. Dette resulterer i et meget stort akkumuleret volumen, hvilket er urealistisk at finde i oplandet, specielt i et opland præget af fladt terræn, hvor det dermed vil betyde vådlægning af store arealer. Dermed er det mest realistiske virkemiddel, som også giver den ønskede effekt med forbedret afvanding, en udvidelse af Gerås skikkelse. Dette virkemiddel er dog i dårlig overensstemmelse med den øvrige miljø- og naturmæssige dagsorden i Danmark samt dyrt at gennemføre.

8 REFERENCER

Jensen, I. K., Jensen, K. M., Urhøj, G., Marcus, E., Jensen, G. P., Madsen, J., Smith, O. (2019). Regulativtyper - Ændret vandløbsforvaltning, Udredningsprojekt 1. Miljøstyrelsen.

Martinsen, J. H., Schlüsen, K., Madsen, J., Christensen, L. B. (2004). Ger Å og Sønderup Å - Hydrauliske analyser af to nordjyske vandløb og ådale. Skov- og Naturstyrelsen.

Miljøstyrelsen. (2016). MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021.

Miljøstyrelsen. (2020). MiljøGIS for Tilskud til vandprojekter

Nordjyllands Amt. (1993). Regulativ for Gerå.

Nørgaard, L. B. (2020a). Forundersøgelse af Gerås hydrologiske opland – Landskabsanalyse og systembeskrivelse. SEGES.

Nørgaard, L. B. (2020b). Klimaændringers konsekvenser for vandløbsafstrømningen - Et modelstudie af Gerå. SEGES.

Nørgaard, L. B. (2020c). Modelanalyse af virkemidlers effekt i forhold til forbedret afvanding i Gerå – Modelrapport. SEGES.

Orbicon. (2016). VASP 8.0 Brugermanual. Afd. for Miljø og Natur.