

Silkeborg Kommune

Notat nr. 2016-5

Kontrolopmåling af strækninger i Gudenåen med formodet forekomst af sandaflejringer. Betydning for vandføringsevnen

Rekvirent Silkeborg Kommune
Teknik- og Miljøafdelingen
Søvej 1
8600 Silkeborg

Rådgiver Orbicon A/S
Jens Juuls Vej 16
8260 Viby J

Projektnummer 1321600337
Projektleder Bjarne Moeslund
Kvalitetssikring Lars Bo Christensen
Revisionsnr. Endelig
Godkendt af Simon Grünfeld
Udgivet 08-11-2016

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Indledning	4
2. Fremgangsmåde	5
3. Resultater	8
3.1. Strækningen i Porskær	8
3.1.1 Anbefalinger	11
3.2. Strækningen nedstrøms Borre Å	11
3.2.1 Anbefalinger	15

Bilagsfortegnelse

Bilag 1.

Længdeprofil af Gudenåen og Tange Sø på strækningen fra opstrøms Kongensbro til nedstrøms Ansdæmningen. Den violette streg viser koten i de dybeste punkter i strømrunden gennem den opstrøms ende af søen, beskrevet på grundlag af en opmåling af søen i slutningen af 1990'erne. Rød streg viser bundens beliggenhed på den korte strækning, der blev målt op i september 2016.

Bilag 2.

Længdeprofil af Gudenåen på strækningen fra opstrøms Kongensbro til Borre Å med beregnete vandspejl ved sommermiddelvandføring. Stiplet rød streg viser vandspejlet ved nuværende forhold, mens fuldt optrukket rød streg viser, hvordan vandspejlet ville have været, hvis der ikke var grøde og sandaflejringer i den opstrøms ende af Tange Sø.

Bilag 3.

Længdeprofil af Gudenåen på strækningen fra opstrøms Kongensbro til Borre Å med beregnete vandspejl ved sommermedianmaksimumsvandføring. Stiplet rød streg viser vandspejlet ved nuværende forhold, mens fuldt optrukket rød streg viser, hvordan vandspejlet ville have været, hvis der ikke var grøde og sandaflejringer i den opstrøms ende af Tange Sø.

Bilag 4.

Længdeprofil af Gudenåen på strækningen fra opstrøms Kongensbro til Borre Å med beregnete vandspejl ved vintermiddelvandføring. Stiplet blå streg viser vandspejlet ved nuværende forhold, mens fuldt optrukket blå streg viser, hvordan vandspejlet ville have været, hvis der ikke var grøde og sandaflejringer i den opstrøms ende af Tange Sø.

Bilag 5.

Længdeprofil af Gudenåen på strækningen fra opstrøms Kongensbro til Borre Å med beregnete vandspejl ved medianmaksimumsvandføring. Stiplet blå streg viser vandspejlet ved nuværende forhold, mens fuldt optrukket blå streg viser, hvordan vandspejlet ville have været, hvis der ikke var grøde og sandaflejringer i den opstrøms ende af Tange Sø.

1. INDLEDNING

Silkeborg Kommune og Favrskov Kommune er vandløbsmyndigheder for Gudenåen på strækningen mellem Silkeborg og Tange Sø.

Det påhviler ifølge regulativet kommunerne at føre tilsyn med vandløbet og at kontrollere, at bestemmelserne i regulativet - "Regulativ for Gudenåen Silkeborg - Randers, 2000" - er overholdt.

Kommunerne har som led i denne tilsynsforpligtelse ladet gennemføre en kontrolopmåling af to strækninger med formodet forekomst af sandaflejringer og potentielt forringet vandføringsevne.

Dette notat indeholder en præsentation af de gennemførte kontrolopmålinger og vurderingerne af betydningen af disse for vandføringsevnen.

2. FREMGANGSMÅDE

Silkeborg Kommune har på kort afgrænset to strækninger, hvorpå der er formodning om forekomst af sandaflejringer, der kan være af betydning for vandføringsevnen. De to strækninger er beliggende dels i Porskær og dels nedstrøms munden af Borre Å, se figur 1 og figur 2.

På strækningen i Porskær er der foretaget opmåling af 3 tværprofiler, dels to profiler med samme beliggenhed som ved opmålingen i 2011, og dels et nyt profil mellem de to. De to tidligere opmålte profiler i Porskær er genfundet ved brug af de koordinater, der blev målt i forbindelse med opmålingen i 2011, hvilket betyder, at profilernes beliggenhed i 2016 kun afviger marginalt fra beliggenheden i 2011.

Nedstrøms Borre Å er der foretaget opmåling af 2 tværprofiler, der begge går hen over den sandbanke, der opdeler profilet i to strømløb. Disse profiler er ikke tidligere målt op.

Alle profiler er markeret med jernrør i brinkerne, således at de kan genfindes i forbindelse med eventuelle fremtidige opmålinger. Jernrørene er positioneret med GPS.

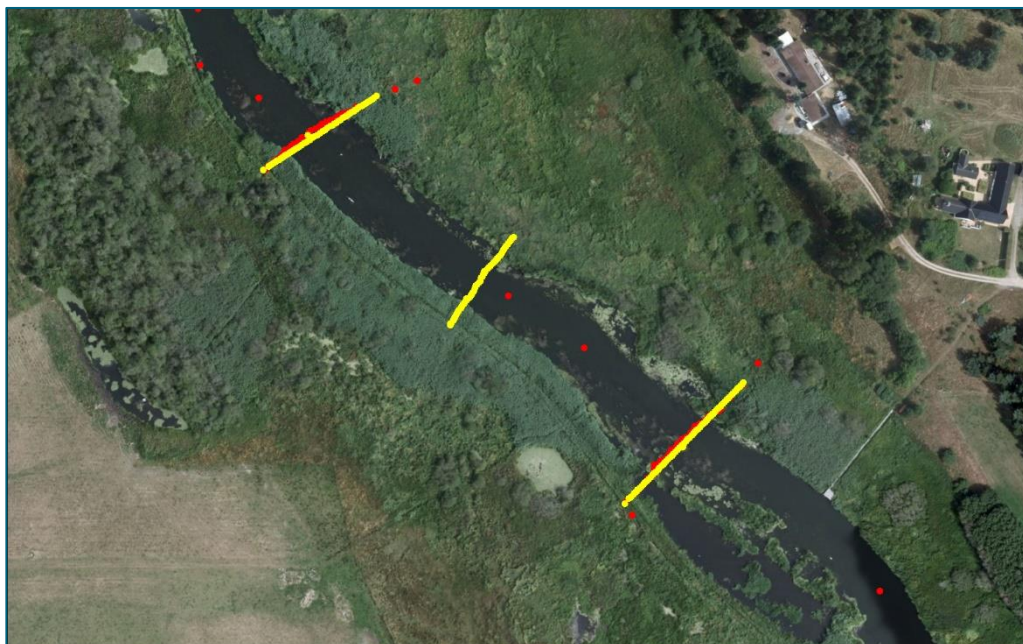
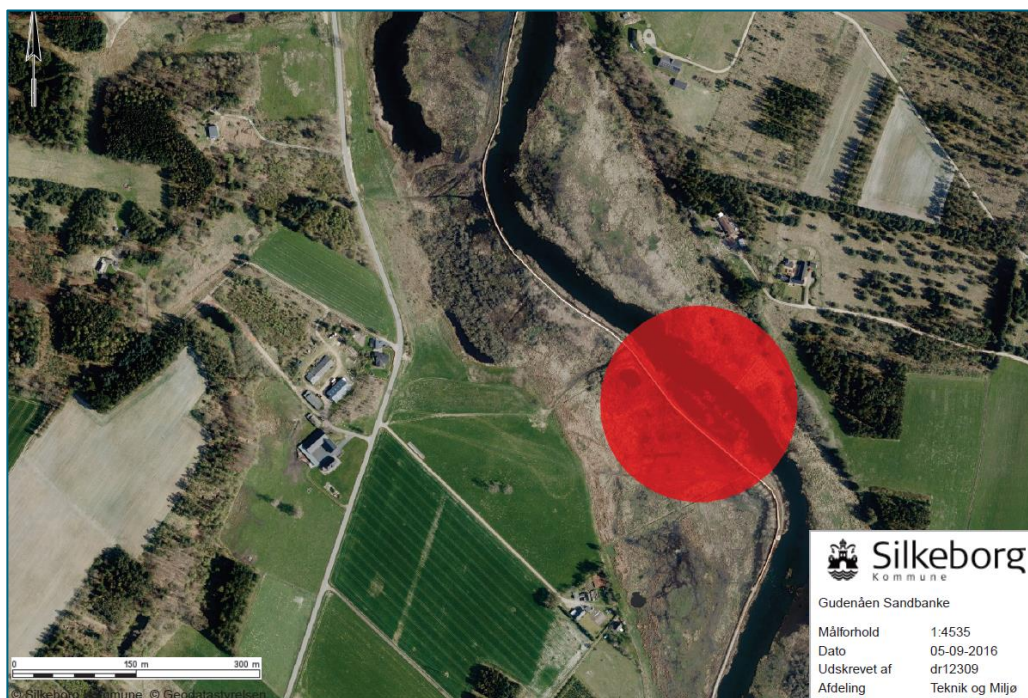
Profilerne er opmålt med stor punkttæthed ved brug af totalstation.

Måleresultaterne er indlæst i VASP og kvalitetssikret.

Til støtte for vurderingen af opmålingsresultaterne er der for Porskærs vedkommende foretaget en analyse af data fra kontrollerne af vandføringsevnen i 2013-2016. Disse data giver et mere integreret billede af vandføringsevnen på den strækning, hvor der er foretaget profilopmålinger, og giver derudover et billede af udviklingen i en længere periode.

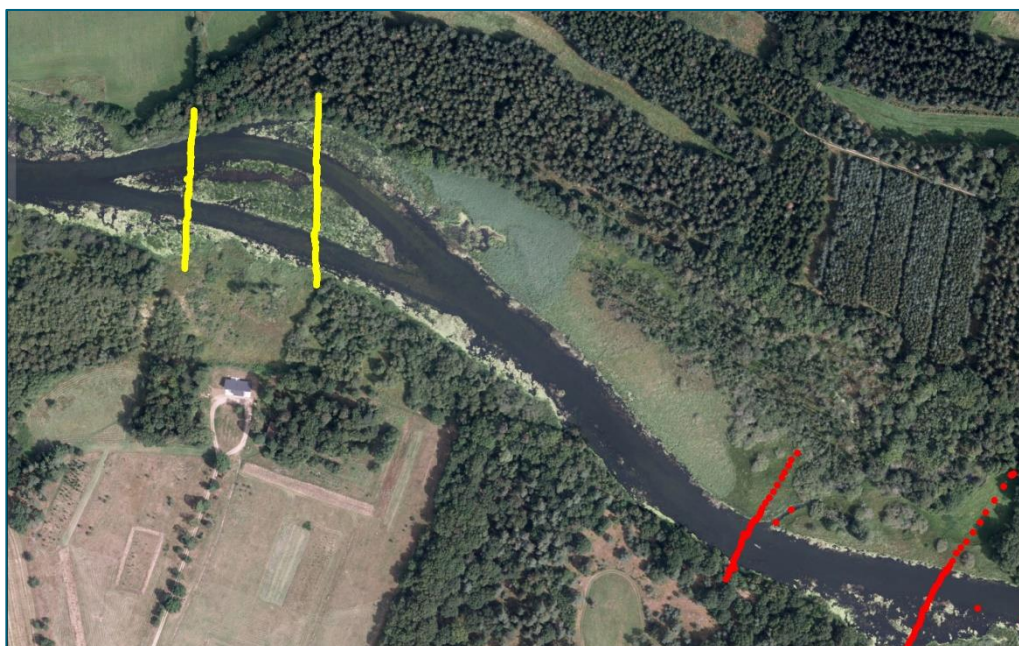
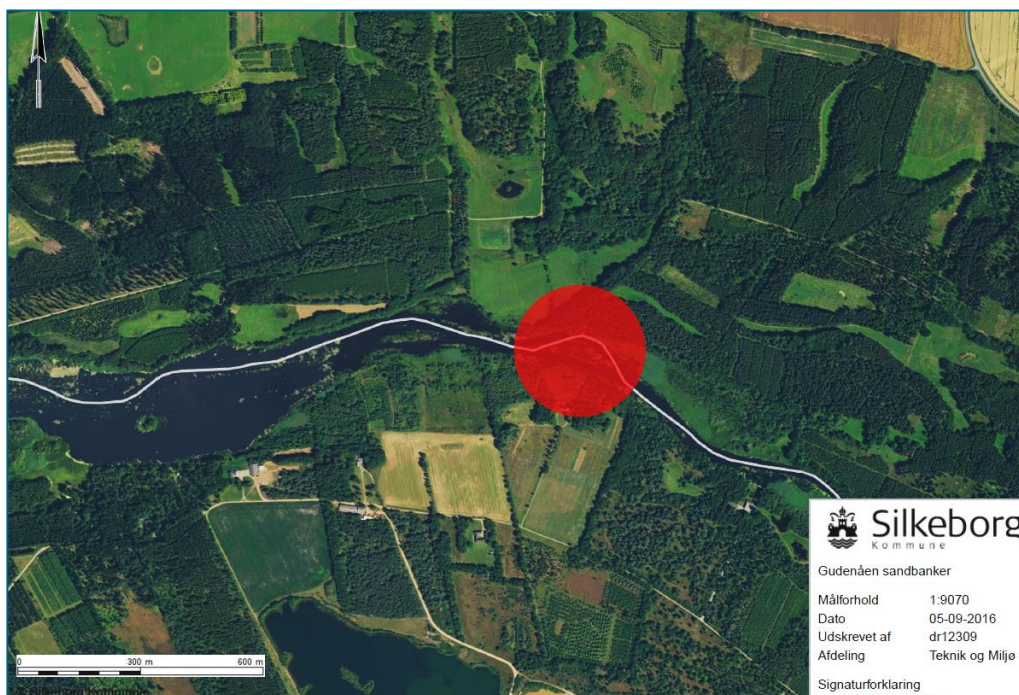
Til støtte for vurderingen af opmålingsresultaterne nedstrøms Borre Å er der foretaget en række beregninger, der simulerer betydningen af den opmålte sandbanke, idet denne ikke kan beregnes direkte. Beregningerne er foretaget ved at simulere, at søens dybe vand strækker sig helt op til Borre Å, og ved med den randbetingelse at beregne vandspejlshøjden på strækningen fra Borre Å til opstrøms til Kongensbro ved brug af opmålte profiler, karakteristiske afstrømninger og beregnede Manningtal. Betydningen af sandbanken kvantificeres ved at sammenholde de således beregnede vandspejl med de vandspejl, der er målt ved Borre Å og Kongensbro.

Silkeborg Kommune. Kontrolopmåling af strækninger i Gudenåen med formodet forekomst af sandaflejringer. Betydning for vandføringsevnen ORBICON



Figur 1. Oversigt over beliggenheden af de opmålte profiler i Gudenåen i Porskær september 2016. Øverst er vist beliggenheden af den opmålte strækning, og nederst er vist beliggenheden af de opmålte profiler på denne strækning. Med gul farve er vist de nye opmålinger, og med rød farve er vist opmålingerne i 2011.

Silkeborg Kommune. Kontrolopmåling af strækninger i Gudenåen med formodet forekomst af sandaflejringer. Betydning for vandføringsevnen ORBICON



Figur 2. Oversigt over beliggenheden af de opmålte profiler i Gudenåen i nedstrøms Borre Å september 2016. Øverst er vist beliggenheden af den opmålte strækning, og nederst er vist beliggenheden af de opmålte profiler på denne strækning. Med gul farve er vist de nye opmålinger, og med rød farve er vist opmålingerne i 2011.

3. RESULTATER

Opmålingerne af de i alt 5 tværprofiler blev gennemført i dagene 12. og 13. september under gunstige vejrforhold. Nedstrøms Borre Å var opmålingerne vanskeliggjort af det meget våde, sumpede og tæt bevoksede terræn omkring åen.

3.1. Strækningen i Porskær

Opmålingerne i Porskær er gennemført i 3 tværsnit som vist på figur 3.

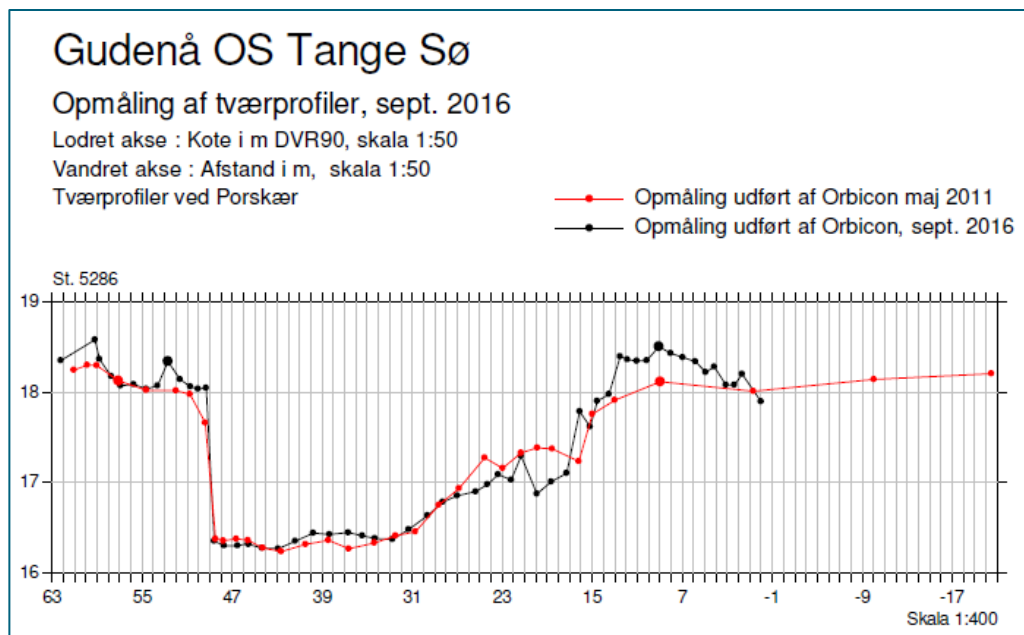
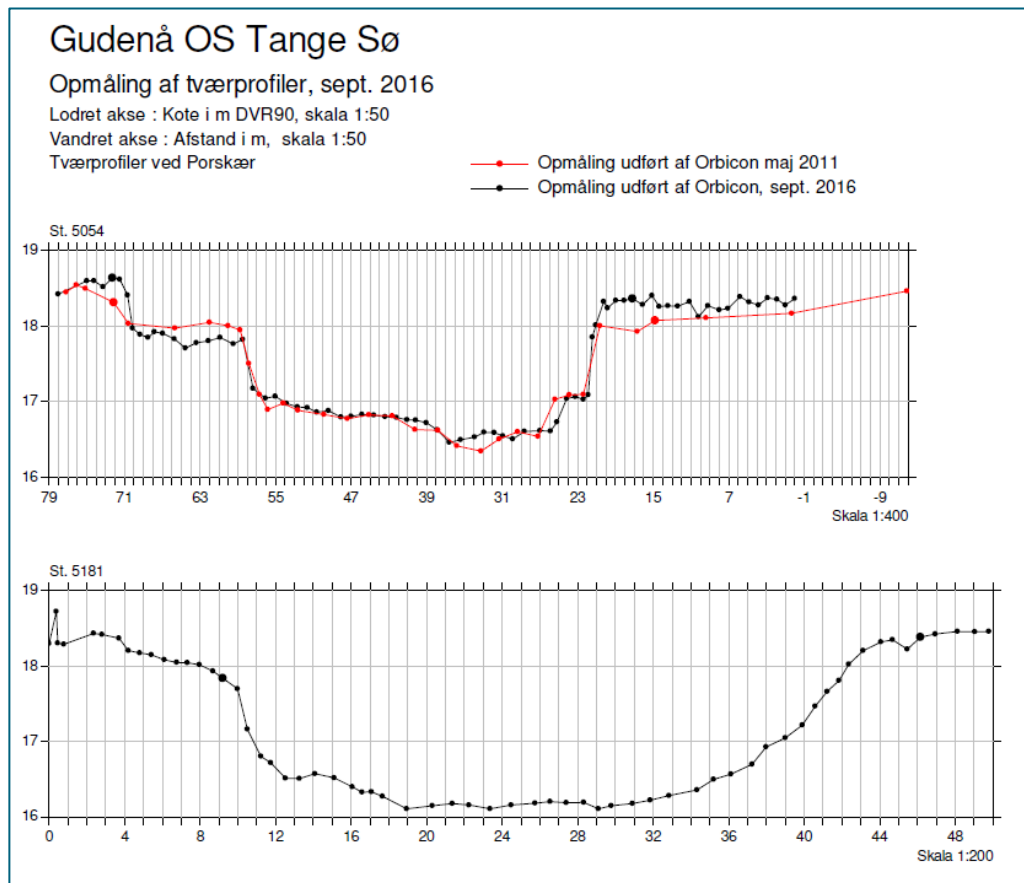
Opmålingen af profilerne i station 5054 og station 5286 i 2016 viser ved sammenligning med opmålingerne i de samme stationer i 2011, at der kun er små forskelle. Det kan ikke udelukkes, at der stedvis i de to profiler er små aflejring af sand, men samlet set vurderes opmålingerne ikke at vise profilændringer af nævneværdig betydning for vandføringsevnen. Den vurdering understøttes af opmålingen af et nyt profil mellem de to stationer, idet profilet her er både bredere og dybere end de to omkringliggende profiler.

Til belysning af, om vandføringsevnen på en større del af strækningen gennem Porskær har ændret sig, er der foretaget en analyse af de seneste 4 års kontroller af vandføringsevnen på den nærmest liggende regulativmæssige kontrolstation opstrøms de opmålte profiler, samt på kontrolstationen ved Resenbro, se figur 4.

Denne analyse viser, at der er en vis år-til-år-variation af vandføringsevnen, men eftersom der ikke er sket en retningsbestemt udvikling, er det vurderingen, at vandføringsevnen ikke i nævneværdig grad er påvirket af sandaflejring. Hvis sådanne havde bygget sig op i perioden 2013-2016, ville man kunne forvente en mere udtalt tendens til forringet vandføringsevne. År-til-år-variationen af vandføringsevnen skyldes for en meget stor dels vedkommende, at der er overvintrende grøde i varierende mængde.

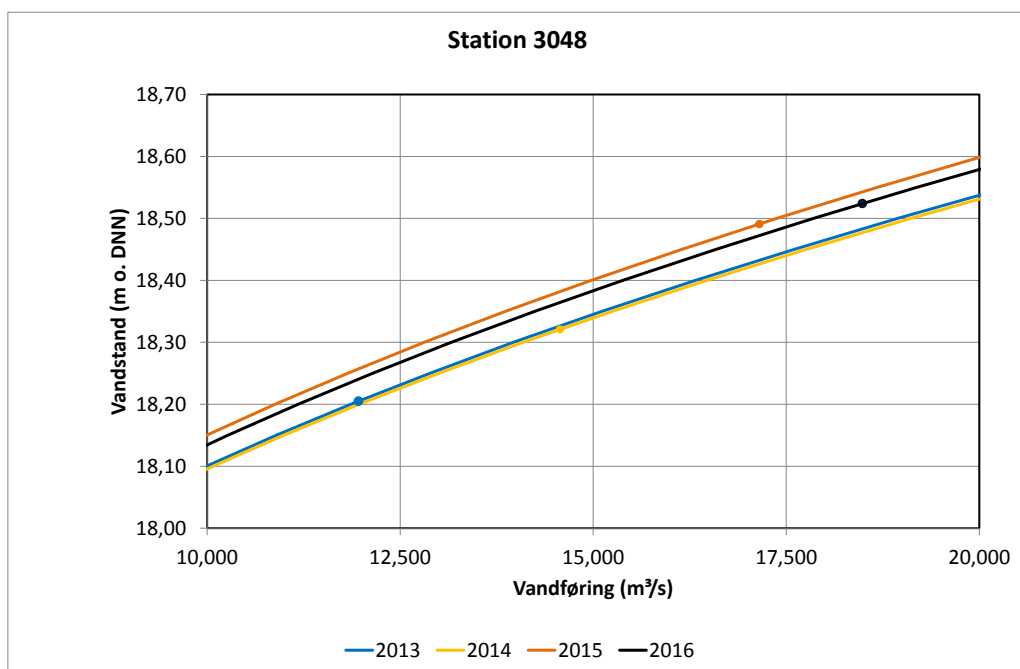
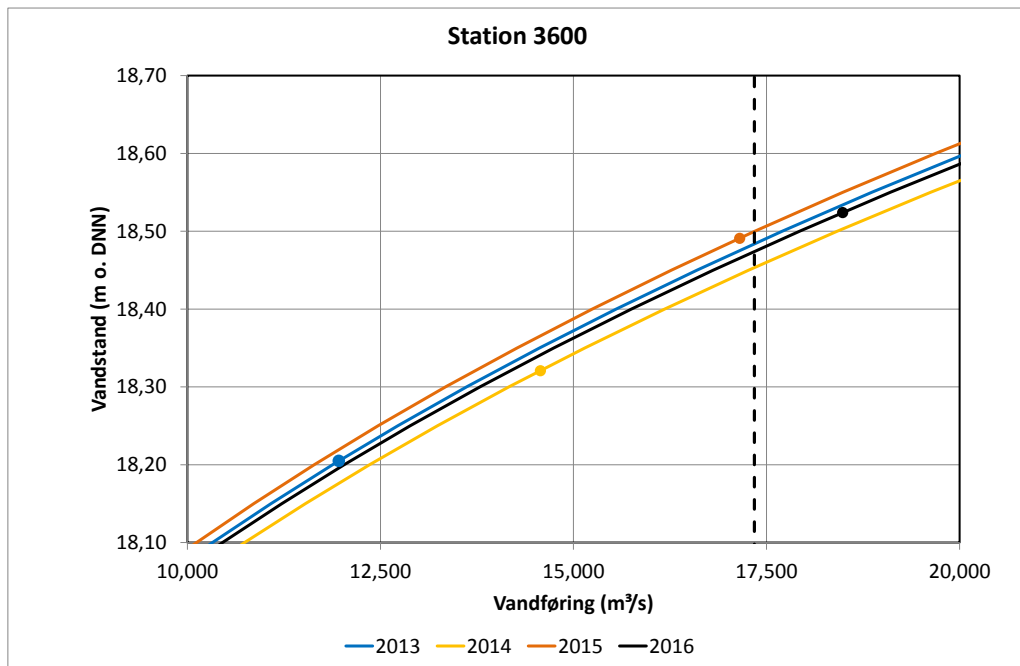
Til sammenligning skal nævnes, at også kontrolstationen ved Tvilumbro udviser år-til-år-variation af vandføringsevnen, hvilket i al væsentlighed tilskrives variationen i mængden af overvintrende grøde.

Det bemærkes derudover, at vandføringsevnen ved de gennemførte regulativmæssige kontroller i alle årene har været i overensstemmelse med regulativets krav.



Figur 3. Opmålte tværprofiler i Gudenåen ved Porskær 2016. Til sammenligning er der vist opmålte profiler i de samme stationer i 2011. Bemærk: profilet i station 5181 blev ikke målt i 2011.

Silkeborg Kommune. Kontrolopmåling af strækninger i Gudenåen ORBICON med formodet forekomst af sandaflejringer. Betydning for vandføringsevnen



Figur 4. Udviklingen af vandføringsevnen på kontrolstation 3600, beliggende ca. 1,5 km opstrøms de kontrolopmålte profiler i Porskær. Til sammenligning er vist udviklingen af vandføringsevnen på kontrolstationen 3048 ved Resenbro. Det bemærkes, at kontrollerne af vandføringsevnen i de fire år 2013-2016 er foretaget ved meget forskellige vandføringer.

3.1.1 **Anbefalinger**

Opmålingerne og analyserne af de gennemførte kontroller af vandføringsevnen på strækningen i Porskær tyder ikke på, at der her er sket profilændringer med betydende effekt på vandføringsevnen. De gennemførte opmålinger indikerer dermed ikke et behov for oprensning på strækningen af hensyn til opretholdelse af vandføringsevnen. Den vurdering understøttes af de senere års kontroller af den regulativbestemte vandføringsevne, idet disse ikke viser en retningsbestemt udviklingstendens for vandføringsevnen på kontrolstationerne opstrøms strækningen med formodede sedimentaflejringer.

3.2. **Strækningen nedstrøms Borre Å**

Opmålingerne nedstrøms Borre Å er gennemført i 2 tværsnit som vist på figur 5.

Opmålingen af de to nye profiler hen over sandbanken nedstrøms Borre Å viser, at åen her har en bund, der ligger næsten 1 meter højere end bunden i profilet ved Borre Å. Til gengæld er profilerne nedstrøms Borre Å markant bredere end profilet ved Borre Å. Det bemærkes, at bunden i profilerne ved sandbanken ligger i niveau med bunden ved Kongensbro.

Opmålingerne viser således, at der findes sandaflejringer i den opstrøms ende af Tange Sø. Sådanne aflejringer er forventelige, når et sedimentførende vandløb munder ud i en sø, idet vandhastigheden her mindskes, når profilet bliver bredere, hvorved sedimentet aflejres.

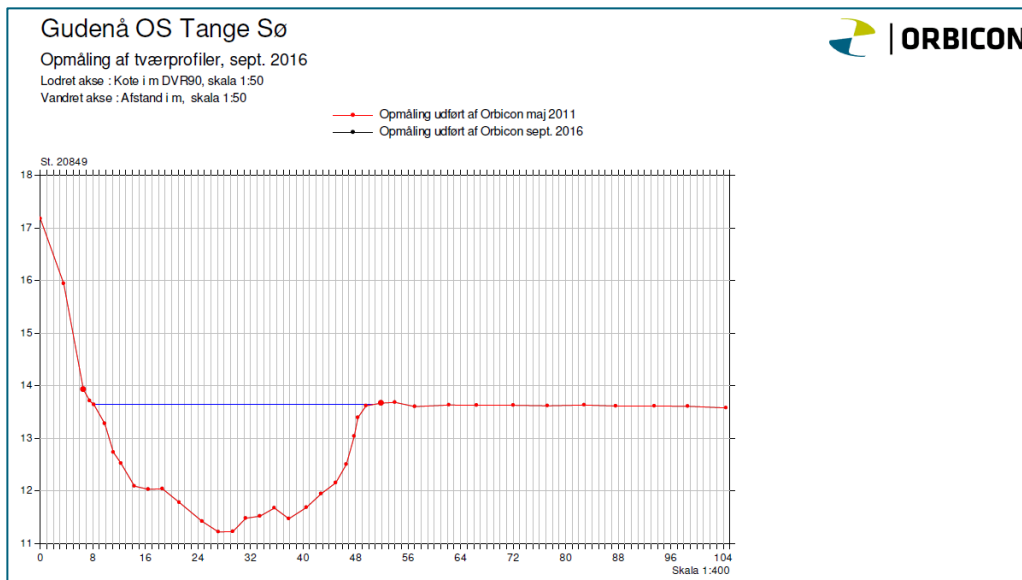
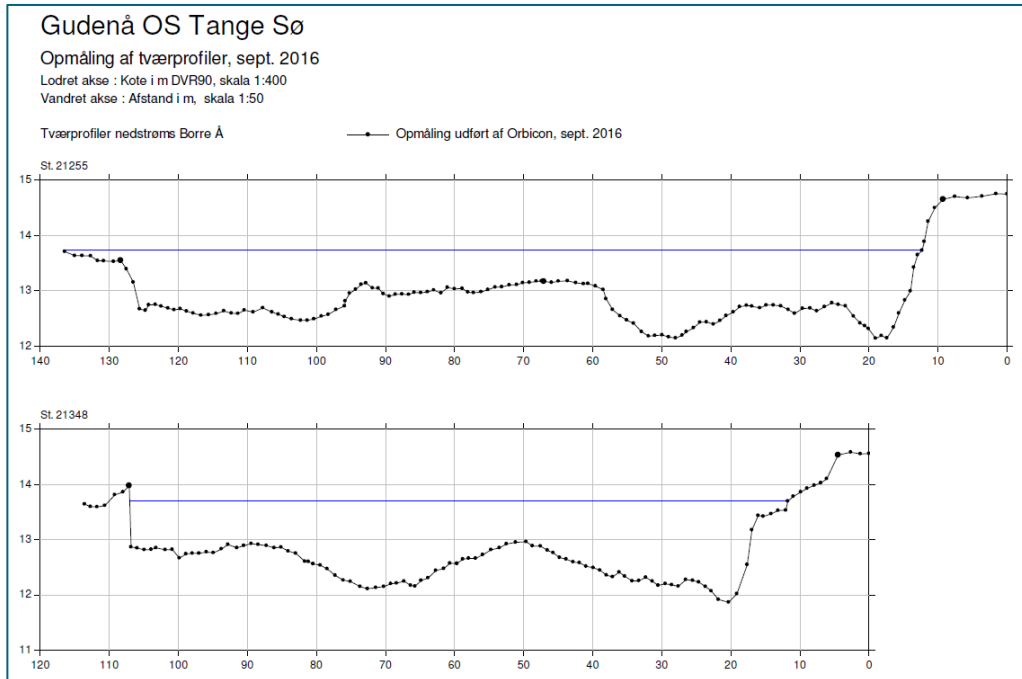
Havde sådanne store aflejringer ligget på en strækning af åen uden søpåvirkning, ville de med stor sandsynlighed have haft en målbar effekt på vandstanden opstrøms aflejringerne. Men når de er beliggende på et sted med søpåvirkning, er det mere uvist, hvilken effekt de har på vandstanden på den opstrøms strækning af åen, fordi denne også er påvirket af søens vandspejl.

En granskning af vandstandsdata fra kontrolstationen ved Borre Å og vandstandsdata fra Tange Sø viser en tydelig sæsonvariation med de højeste vandstande ved Borre Å i sommerhalvåret og deraf følgende store forskelle mellem åens vandspejl og søens vandspejl, se figur 6. Det forhold viser med stor sikkerhed, at vandføringsevnen på strækningen nedstrøms Borre Å er påvirket af grøde.

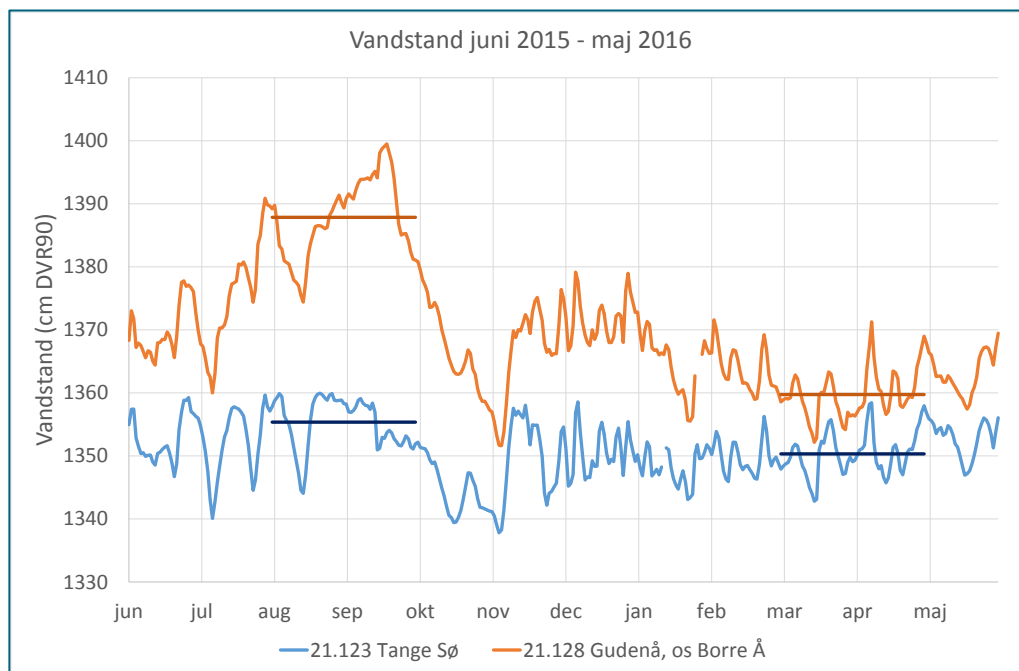
Den langt mindre forskel mellem de to vandspejl i vinterperioden viser omvendt, at bundtopografien nedstrøms Borre Å har en markant mindre betydning end grøden for vandstanden ved Borre Å og videre op gennem åen.

Undersøgelser af grøden i forbindelse med kontrollerne af grødeskæringen har vist, at stort set hele bundfladen langt ned i søen er bevokset med grøde,

og at denne for en meget stort dels vedkommende består af enkelt pindsvineknop. Denne art er i andre vandløb kendt for stor effekt på vandføringsevnen og for at kunne neutralisere effekten af grødeskæring i løbet af 3-4 uger.



Figur 5. Opmålte tværprofiler nedstrøms Borre Å september 2016. Til sammenligning er vist det opmålte tværprofil ved Borre Å i 2011.



Figur 6. Plot af målte vandstande i Tange Sø og i Gudenåen ved Borre Å i perioden juni 2015 til maj 2016. De vandrette streger angiver middelvandstande i de to perioder med største henholdsvis mindste grødeudvikling.

Den veludviklede grøde har to vigtige effekter. Den første er opbremsningen af det strømmende vand i sommerhalvåret, og den anden er fikseringen af sedimentaflejringerne med rødder og jordstængler. Disse to effekter kan tilsammen være med til at fremme sandaflejringerne og samtidig fastholde dem på en måde, så selv store afstrømninger i vinterhalvåret har vanskeligt ved at skylle dem bort igen. I den forbindelse spiller også strækningens mange gule åkander en rolle, idet deres jordstængler er så kraftige, at de selv ikke ved store afstrømningshændelser bliver skyllet bort af det strømmende vand.

Det er også vigtigt at være opmærksom på, at sandaflejringerne er med til at fremme grundlaget for tæt grødevækst, idet de hæver bunden og derigennem forbedrer lysforholdene for grøden, uagtet af denne ikke synes at være så begrænset af lystilgængeligheden, at der ikke vokser grøde i de dybeste partier af profilerne.

Bundtopografien nedstrøms Borre Å er beskrevet ved aflæsning af bundkøten i det dybeste punkt af det åprofil, der kan aflæses i opmålingen af søen i slutningen af 1990'erne¹. Det resulterende længdeprofil mellem Borre Å og Ans-dæmningen er vist i bilag 1.

¹ Opmålingen blev foretaget på foranledning af Aarhus Amt i forbindelse med udarbejdelsen af det nugældende regulativ for Gudenåen.

Et samplot af dette længdeprofil og de dybeste punkter i de to nyopmålte profiler hen over sandbanken nedstrøms Borre Å viser, at bunden hen over sandbanken ligger højere end bunden længere nedstrøms, men der skal i den forbindelse erindres om, at de udtegnede bundkoter i nedstrøms retning er baseret på en næsten 20 år gammel opmåling, som tilmed ikke er foretaget med samme nøjagtighed som profilopmålingerne hen over sandbanken.

Vandstandsmålingerne ved Borre Å viser derfor umiddelbart, at der er en påvirkning af vandstanden fra grøden, og at der derfor kan være en vandstandsmæssig gevinst på den opstrøms strækning af at holde grøden nede i den opstrøms ende af Tange Sø.

Til belysning af, hvor meget grøden på strækningen nedstrøms Borre Å betyder for vandstanden på strækningen opstrøms Borre Å, er der med afsæt i de målte vandstande ved Borre Å foretaget vandspejlsberegninger ved 4 karakteristiske afstrømninger, se bilag 2-5.

Disse beregninger viser, at der ved største påvirkning af vandstanden opstrøms Borre Å fra grøden i opstrøms ende af Tange Sø er et ca. 15 centimeter forhøjet vandspejl ved Kongensbro (ved sommermiddelfastrømning). Ved den mindste påvirkning fra grøden er det forhøjede vandspejl ved Kongensbro nogle få centimeter (vintermiddelfastrømning). I begge tilfælde er vandspejlet påvirket af forholdene i opstrøms ende af Tange Sø til et stykke opstrøms Kongensbro.

Beregningerne indikerer dermed, at den faktor, der betyder mest for vandstandsforholdene på strækningen opstrøms Borre Å, er grøden. Det taler umiddelbart for, at virkemidlet til sænkning af vandstanden på strækningen opstrøms Borre Å er grødeskæring, mens en uddybning af åen vil have en væsentlig mindre effekt.

Problemet er imidlertid, at grøden nedstrøms Borre Å er domineret af enkelt pindsvineknop og andre båndbladsplanter med hurtig genvækst efter grødeskæring, hvorfor det vil kræve hyppige grødeskæringer at holde vandstanden nede. Og selv da vil det ikke være muligt at eliminere effekten af grøden, idet der vil være genvækst mellem selv hyppige grødeskæringer.

Samtidig er det et problem, at hyppige skæringer af enkelt pindsvineknop kan føre til dannelse af en endnu tættere grøde, som bevirker en endnu kraftigere påvirkning af vandstanden, og som samtidig yder en effektiv beskyttelse af aflejringer mod bortskylning. Det kan på den baggrund ikke anbefales at søge vandstanden opstrøms Borre Å nedbragt i sommerhalvåret gennem hyppigere grødeskæringer.

Det umiddelbare alternativ til intensiveret grødeskæring er en oprensning af strækningen mellem Borre Å og Ans-dæmningen, men en sådan vil i følge beregningerne kun have en effekt på vandstanden ved Borre Å på i størrelsesordenen 10 centimeter ved vintermiddelfastrømning og endnu mindre ved Kongensbro.

Tidligere beregninger har vist, at det kan blive en meget omkostningstung og teknisk vanskelig opgave at opgrave og bortskaffe sandaflejringerne i opstrøms ende af Tange Sø.

Et muligt alternativ til oprensning og bortskaffelse af det opgravede materiale er at forbedre grundlaget for, at det strømmende vand kan borterodere det aflejrede sand og transportere det til en del af søen, hvor det ikke påvirker vandføringsevnen, det vil sige den aktuelt dybe del op- og nedstrøms vejdæmningen ved Ans.

Dette alternativ forudsætter, at man kan skære grøden på en anden måde end hidtil, nemlig at man kan skære planterne 5-10 cm nede under sedimentoverfladen. Alternativt at man kan fjerne planterne med rødder og jordstængler på anden vis. Herved vil man kunne få blotlagt sedimentet, således at det strømmende vand kan transportere sandet i nedstrøms retning og derigennem mindske aflejringerne der, hvor disse giver anledning til forhøjede vandstande opstrøms.

Den fremgangsmåde har imidlertid kun værdi, hvis det sediment, der bringes i bevægelse, får mulighed for at blive transporteret tilstrækkeligt langt ned i Tange Sø til ikke at skabe problemer for vandets frie løb i den opstrøms ende af søen.

3.2.1 **Anbefalinger**

Det anbefales på baggrund af beregningerne at søge at gennemføre den regulativmæssige ene årlige grødeskæring nedstrøms Borre Å i 20 meters bredde på en sådan måde, at mængden af grøde begrænses frem for som nu, at blive fremmet af måden, hvorpå skæringen foregår.

Den fremgangsmåde vil i givet fald mindske mængden af grøde, der står tilbage i strømrøden efter grødeskæring. Det vil have den umiddelbart positive effekt, at vandstanden opstrøms Borre Å vil blive lavere, og at vandstandsstigningen efter grødeskæring vil ske langsommere. Samtidig er der mulighed for, at åen ved egen kraft kan flytte noget af det aflejrede sediment i opstrøms ende af Tange Sø og dermed mindske den ganske vist ikke særlige store effekt af bundtopografien.

Gudenå OS Tange Sø

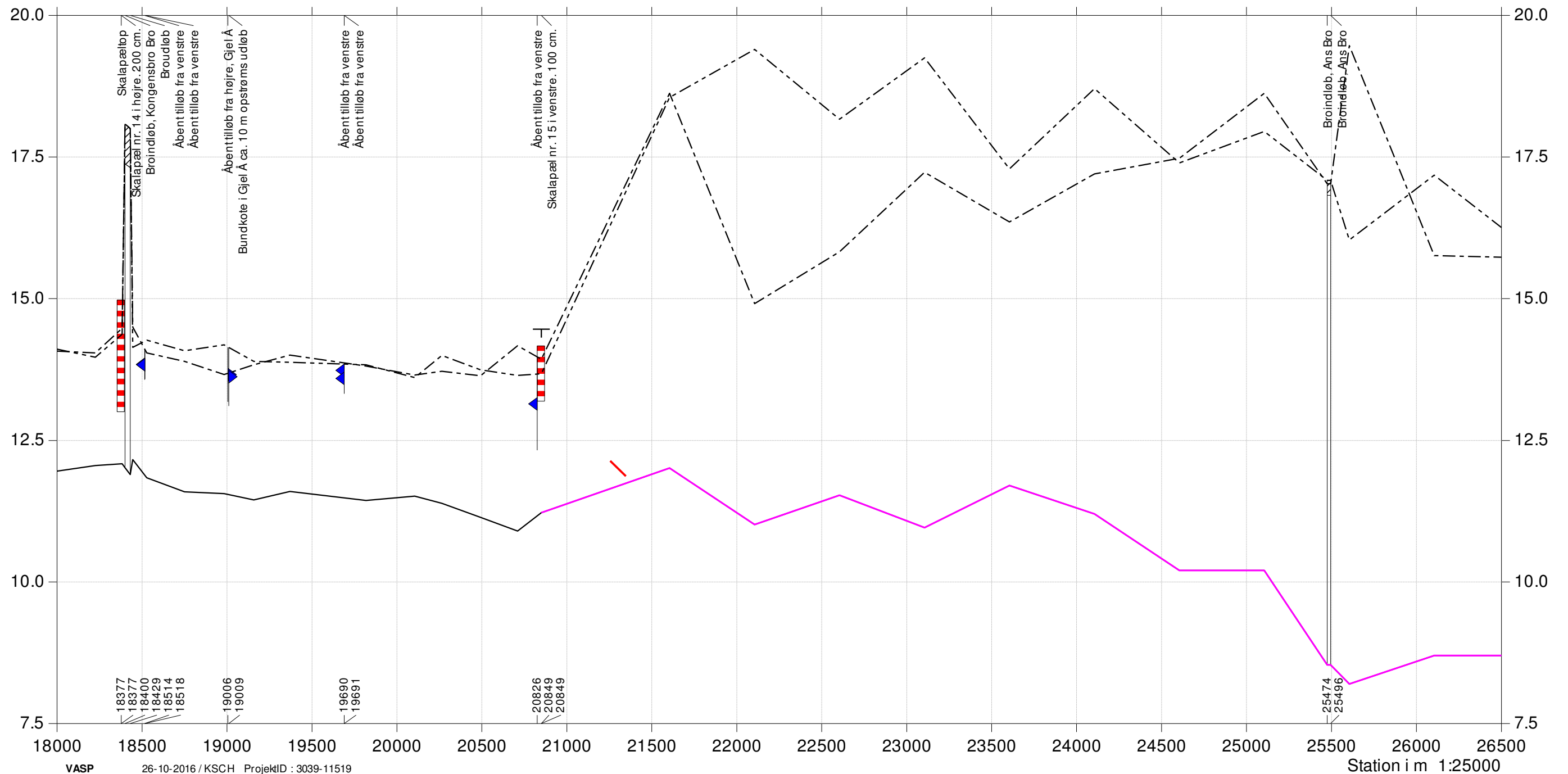
Kritiske strækninger i Gudenåen



Bilag 1

- Terræn Højre
- Terræn venstre
- Bund
- Opmålt 2016
- Bund fra sømodel

Kote i m DVR90 1:75



Gudenå OS Tange Sø

Kritiske strækninger i Gudenåen

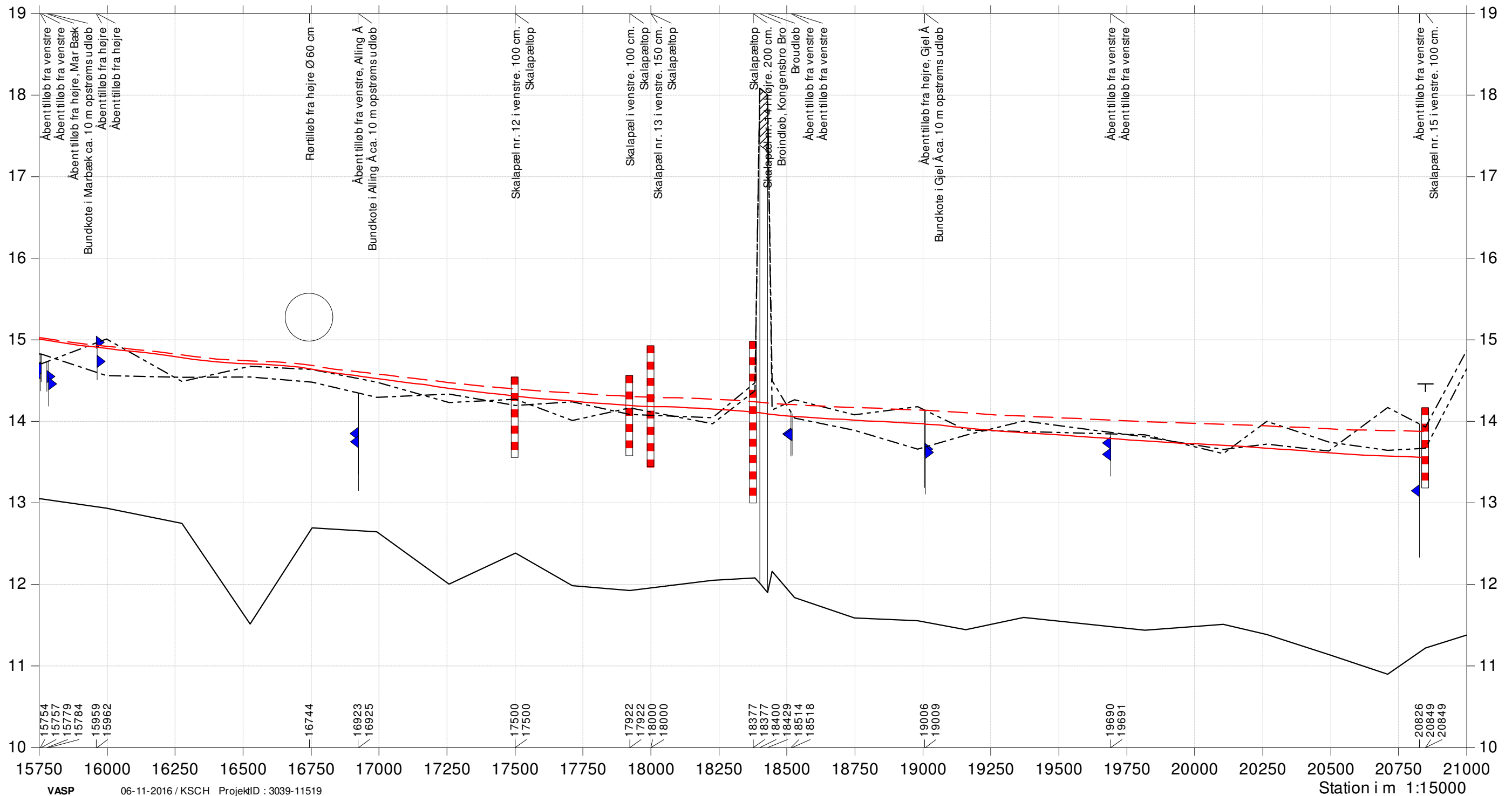
Beregnete vandspejl for
sommermiddel vandføring



Bilag 2

- Uden aflejringer og grøde
- - - - Terræn Højre
- - - - Terræn venstre
- Bund
- - - Eksisterende forhold

Kote i m DVR90 1:50



Gudenå OS Tange Sø

Kritiske strækninger i Gudenåen

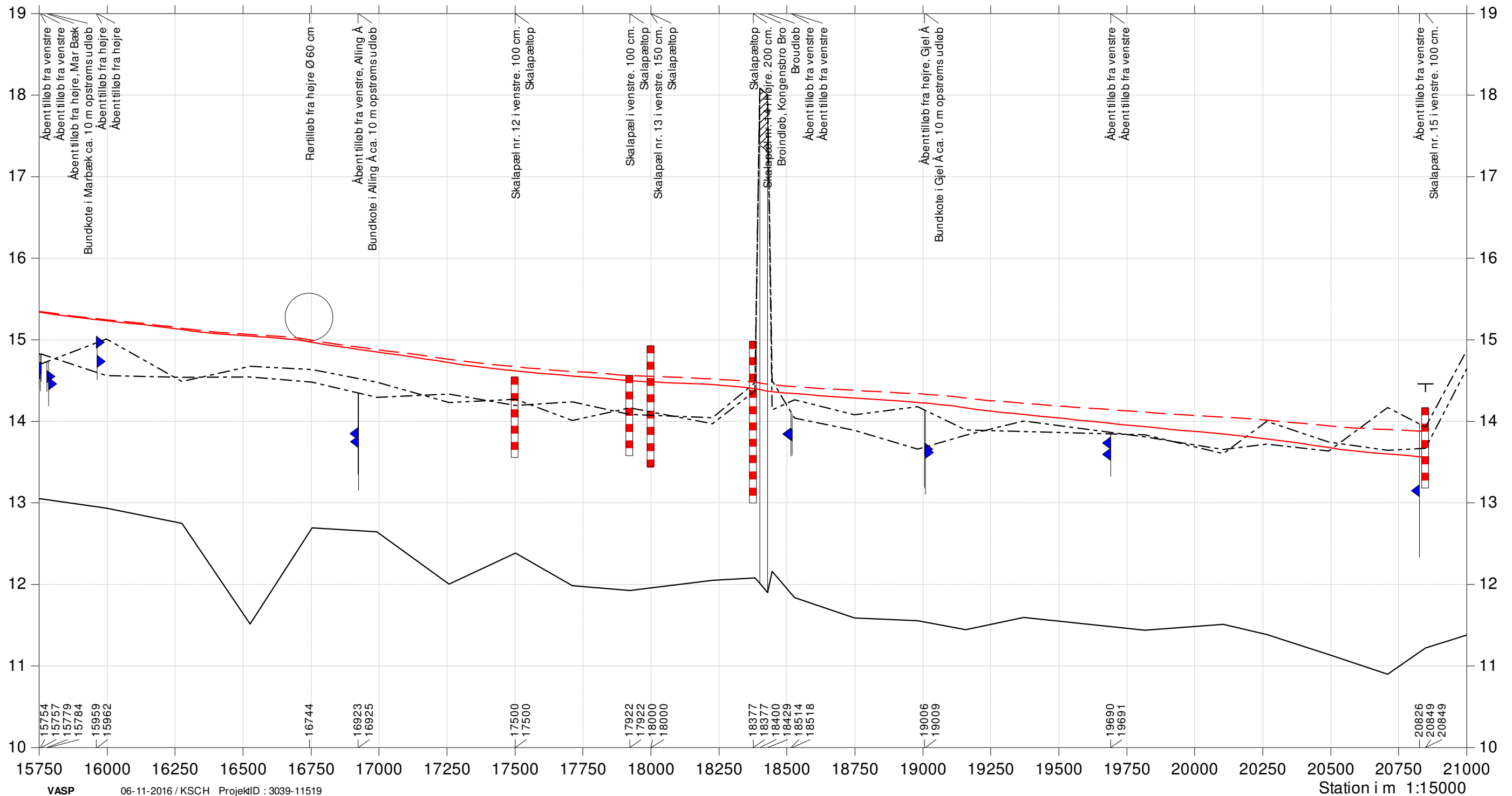
Beregnete vandspejl for
sommermedianmaksimum vandføring



Bilag 3

- Uden aflejringer og grøde
- - - - Terræn Højre
- - - - Terræn venstre
- Bund
- - - Eksisterende forhold

Kote i m DVR90 1:50



Gudenå OS Tange Sø

Kritiske strækninger i Gudenåen

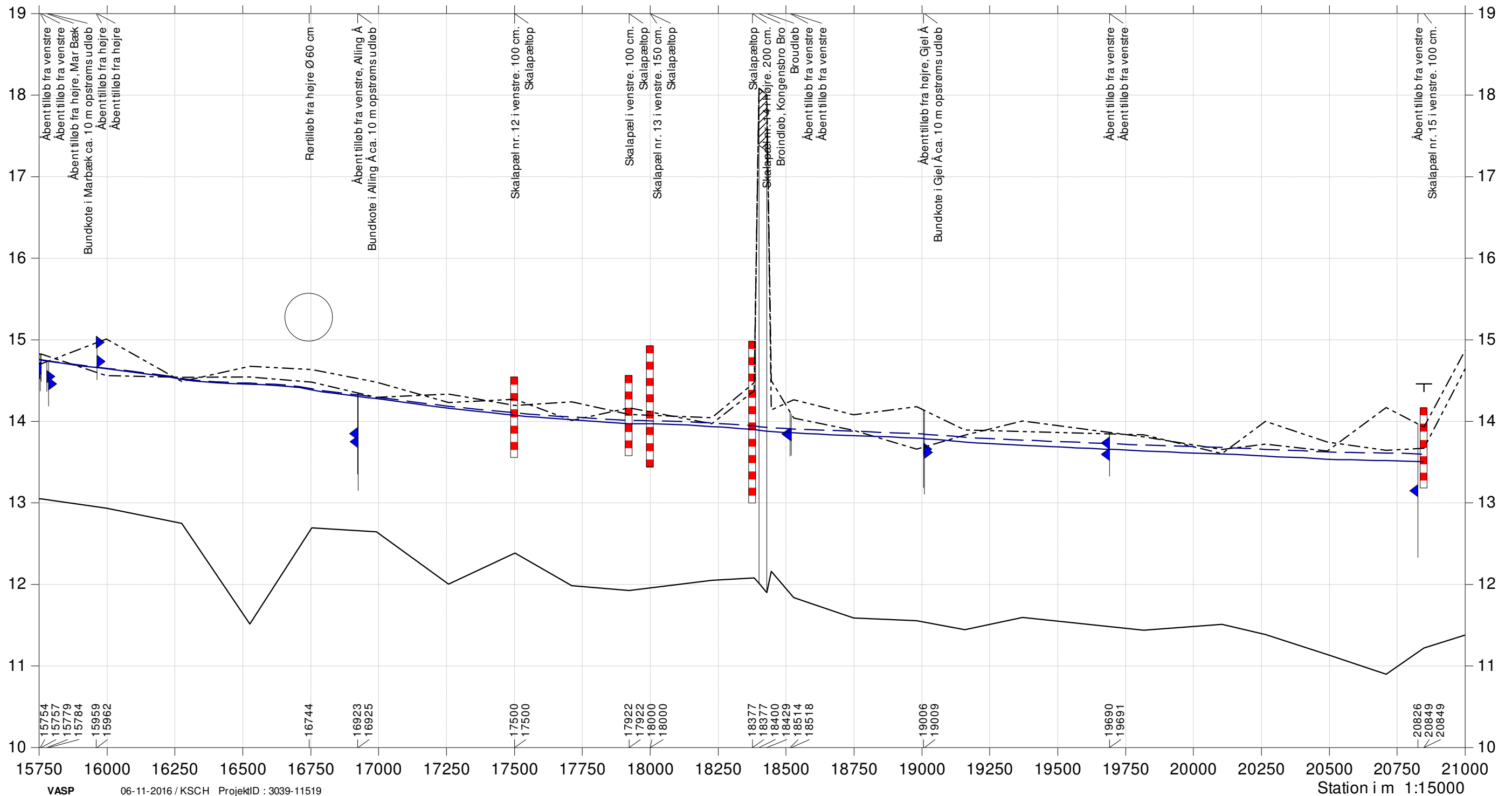
Beregnete vandspejl for
vintermiddel vandføring



Bilag 4

- Uden aflejringer og grøde
- - - - Terræn Højre
- - - - Terræn venstre
- Bund
- - - Eksisterende forhold

Kote i m DVR90 1:50



Gudenå OS Tange Sø

Kritiske strækninger i Gudenåen

Beregnete vandspejl for medianmaksimum vandføring



Bilag 5

- Uden aflejringer og grøde
- - - - Terræn Højre
- - - - Terræn venstre
- Bund
- - - Eksisterende forhold

Kote i m DVR90 1:50

