

RAPPORT GUDENÅEN

LØSNINGSFORSLAG TIL GUDENÅENS FREMTIDIGE
FORLØB VED TANGE SØ



LØSNINGSFORSLAG

GUDENÅENS FREMTIDIGE FORLØB VED TANGE SØ

Dokumenttype **Rapport**
Til **Favrskov Kommune**
Revision **4**
Dato **2016-05-18**
Udarbejdet af **Mads Bøg Grue, Dennis Søndergård Thomsen, Kristine Elisabeth Mulbjerg**
Kontrolleret af **Peter Bønløkke Adamsen**
Godkendt af **Jes Kromann Bak**
Beskrivelse **Rapport**
Løsningsforslag til Gudenåens fremtidige forløb ved Tange Sø

Dokument ID [1100021337-3-11](#)

INDHOLD

1.	INDLEDNING	1
2.	FORMÅL OG OPGAVEBESKRIVELSE	2
3.	RESUMÉ	3
3.1	Skitse-mæssige modeller	3
4.	PLANFORHOLD	7
4.1	Vandforsyningsloven	7
4.2	Vandrammedirektivet	7
4.3	Natura 2000	11
4.4	Fredning	11
4.5	Kommuneplan	12
5.	TIDLIGERE UNDERSØGELSER	13
6.	FAUNAPASSAGE I GUDENÅEN	15
6.1	Eksisterende faunapassage	15
6.2	Laks og havørred	16
7.	INDLEDENDE SCREENINGSARBEJDE OG ARBEJDSGRUPPEMØDER	19
7.1	Variationer af de udarbejdede løsningsforslag	21
7.2	Tekniske anlæg	21
8.	LØSNINGSFORSLAG – MODEL A	25
8.1	Beskrivelse af model A – Nyt forløb af Gudenåen øst om Tange Sø med genskabelse af 6 km af ådalen	25
8.2	Hydrauliske forhold	28
8.3	Tange Sø	30
8.4	Miljømål	33
8.5	Levedygtige bestande af laks og havørred	34
8.6	Tangeværket	35
8.7	Tekniske anlæg	35
9.	LØSNINGSFORSLAG – MODEL B	37
9.1	Beskrivelse af model B – Mellemlangt omløbsstryg med indløb ved Ans dæmningen øst om Tange Sø/Tangeværket	37
9.2	Hydrauliske forhold	38
9.3	Tange Sø	40
9.4	Miljømål	45
9.5	Levedygtig bestand af laks og havørred	46
9.6	Tangeværket	46
9.7	Tekniske anlæg	47
10.	LØSNINGSFORSLAG – MODEL C	48
10.1	Beskrivelse af model C – Kort omløbsstryg i nordenden af Tange Sø	48
10.2	Hydrauliske forhold	50
10.3	Tange Sø	50
10.4	Miljømål	51
10.5	Levedygtig bestand af laks og havørred	52
10.6	Tangeværket	52
10.7	Tekniske anlæg	53
11.	LØSNINGSFORSLAG – MODEL D	54

11.1	Beskrivelse af model D – Mellemlangt omløbsstryg med indløb nord for Ans og et forløb vest om Tangeværket	54
11.2	Hydrauliske forhold	56
11.3	Tange Sø	57
11.4	Miljømål	58
11.5	Levedygtig bestand af laks og havørred	59
11.6	Tangeværket	60
11.7	Tekniske anlæg	60
12.	LØSNINGSFORSLAG – MODEL E	62
12.1	Beskrivelse af model E – Langt omløbsstryg med et nyt forløb af Gudenåen fra Borre Å, som forløber nord for Tange Sø til udløb nedenfor Tangeværket	62
12.2	Hydrauliske forhold	63
12.3	Tange Sø	65
12.4	Miljømål	66
12.5	Levedygtige bestande af laks og havørred	67
12.6	Tangeværket	67
12.7	Tekniske anlæg	67
13.	INDLEDENDE ANLÆGSOVERSLAG	69
13.1	Anlægsoverslag Model A	69
13.2	Anlægsoverslag Model B	70
13.3	Anlægsoverslag Model C	70
13.4	Anlægsoverslag Model D	71
13.5	Anlægsoverslag Model E	72
13.6	Oversigt anlægsøkonomi	73
14.	SAMMENFATTENDE VURDERING AF KOMMISSORIUM	74
14.1	Tange Sø bevares	74
14.2	Opfyldelse af miljømål	77
14.3	Levedygtige bestande af laks og havørred	78
14.4	Et fungerende Tangeværk bevares med museumsdrift	79
14.5	Skematisk oversigt	79
15.	REFERENCELISTE	81

BILAG

Bilag 1	Oversigtskort
Bilag 2	Eksisterende forhold
Bilag 3	Højdemodel
Bilag 4	Løsningsforslag - model A
Bilag 5	Løsningsforslag - model B
Bilag 6	Løsningsforslag - model C
Bilag 7	Løsningsforslag - model D
Bilag 8	Løsningsforslag - model E

1. INDLEDNING

Opstemningen for Tangeværket i Gudenåen udgør med sin størrelse, beliggenhed og historie den mest markante spærring i et dansk vandløb.

På den ene side knytter der sig store naturværdier til Gudenåen og de omkringliggende arealer, mens der på den anden side findes store interesser i tilstedeværelsen af Tange Sø omkring byen Ans og Tange samt i de kulturhistoriske interesser ved selve Tangeværket.

Etableringen af Tangeværket har siden indvielsen i 1921 sat et markant aftryk på de biologiske forhold i Gudenåen, først og fremmest med Tange Sø og selve opstemningen, som i sig selv udgør en totalspærring i vandløbet.

Til gengæld har Tangeværkets el-produktion historisk været en brik i udviklingen i Jylland, og Tange Sø har undervejs opnået en stor rekreativ betydning i nærmiljøet. El-produktionen på Tangeværket er dog siden etableringen i 1921 blevet ubetydelig i forhold til det samlede behov for elektricitet.

Der knytter sig altså betydelige interesser til løsningsforslag, der har til formål at etablere en faunapassage i Gudenåen udenom opstemningen for Tange Sø.

Der findes i dag en fisketrappe ved Tangeværket, som har til formål at skabe passage for vandrefisk i Gudenåen. Den eksisterende fisketrappe har en vandføring på ca. 150 l/s og fører altså kun en meget lille del (ca. 0,8 %) af Gudenåens samlede vandføring, som ved årsmiddel er på ca. 20.000 l/s. Samtidig skaber opstemningen en stuvningszone i form af Tange Sø, hvilket betyder, at optrækkende og nedtrækkende fisk, som bl.a. laks og havørreder, hvis overlevelse er afhængig af en migration til havet, har udfordringer i det stillestående vand.

I de sidste 30 år har en løsning ved Tange Sø været diskuteret, og siden 2002 er der udarbejdet en række forundersøgelser, både rapport og notater, som alle beskriver forskellige variationer af et omløbsstryg, fulde løsninger og konsekvenserne heraf. Rapporterne har været udarbejdet for Naturstyrelsen, Danmarks Naturfredningsforening, Danmarks Sportsfiskerforbund og Aage V. Jensen Naturfond.

De fire Gudenå-kommuner, Favrskov, Randers, Silkeborg og Viborg, har i 2015 indgået et kommunalt samarbejde for at få udarbejdet et samlet beslutningsgrundlag, der kan føre til, at de fire kommuner finder én fælles løsning til Gudenåens fremtidige forløb ved Tange Sø.

I nærværende rapport præsenteres 5 modeller til Gudenåens forløb ved Tange Sø. Det er vigtigt at understrege, at nærværende modeller udelukkende er beskrevet på et overordnet niveau, der kan tilvejebringe et beslutningsgrundlag for hvilken model, de 4 oplandskommuner ønsker at arbejde videre med. Når der er truffet et valg af model, vil der skulle udarbejdes en egentlig teknisk og biologisk forundersøgelse, der belyser alle relevante detaljer i modellen.

2. FORMÅL OG OPGAVEBESKRIVELSE

Favrskov Kommune har, for de 4 kommuner, i januar 2016 udbudt opgaven med at skabe et samlet beslutningsgrundlag for det videre arbejde med at finde en fælles løsning for Gudenåens passage ved Tange Sø.

Opgaven blev tildelt til Rambøll Danmark A/S den 25. januar 2016.

I forbindelse med udarbejdelsen af et samlet beslutningsgrundlag skal der skitseres 5 overordnede løsningsforslag til Gudenåens fremtidige forløb ved Tange Sø med udgangspunkt i tidligere udarbejdede rapporter samt ny viden.

Kommunerne har opstillet 4 kriterier, som de valgte løsningsforslag skal vurderes ud fra.

Kommissoriet lyder således:

Løsningerne skal i deres udformning have det formål at skabe enighed mellem kommunerne og tage højde for at:

- 1. Tange Sø bevares**
- 2. Miljømålene for vandløbene op- og nedstrøms Tange Sø kan opfyldes**
- 3. Der kan etableres naturlige levedygtige bestande af laks og havørred**
- 4. Et fungerende Tangeværk bevares (ved et fungerende Tangeværk forstås at Værket f.eks. kan indgå som en el-producerende del af Energimuseets virke).**

Udover de 4 punkter skal følgende forhold inddrages i afrapporteringen af valgte løsningsforslag

- Vurdering af tidligere undersøgelsesrapporter og deres relevans og aktualitet.
- Reference til tidligere undersøgelse samt redegørelse for hvorfor undersøgelsen inddrages
- Beskrivelse af konsekvenser for vandstanden og vandløbsnære arealer opstrøms Tange Sø samt en vurdering af den fremtidige grødevækst på strækningerne.
- Der skal opstilles et regnskab for fosfor og kvælstof for hver løsning.
- Tangeværkets fremtidige driftsmuligheder skal beskrives for de enkelte løsningsforslag.
- Vurderingen af overholdelsen af kommissoriet afrapporteres på en let overskuelig skematisk oversigt.

DHI har i vinter/forår 2016 udarbejdet en opdateret undersøgelse af de hydrologiske forhold i Gudenåen/Tange Sø.

3. RESUMÉ

Viborg, Favrskov, Silkeborg og Randers Kommune har anmodet Rambøll om at udarbejde et beslutningsgrundlag for valg af et fremtidigt forløb af Gudenåen ved Tange Sø. Der er i nærværende rapport opstillet 5 forskellige modeller til den fremtidige faunapassage, og alle modeller er beskrevet på et skitse-mæssigt niveau.

I henhold til kommunernes oplæg til opgavens løsning skulle der arbejdes med 4 forskellige løsningsmodeller, der er udarbejdet i tæt samarbejde mellem kommunerne og Rambøll. Der har således været afholdt en lang række arbejds-møder, hvor Rambøll har præsenteret flere mulige forslag. I processen har det stået klart, at det var nødvendigt at arbejde med en yderligere model til faunapassage, hvorfor nærværende rapport præsenterer 5 skitse-mæssige modeller.

3.1 Skitse-mæssige modeller

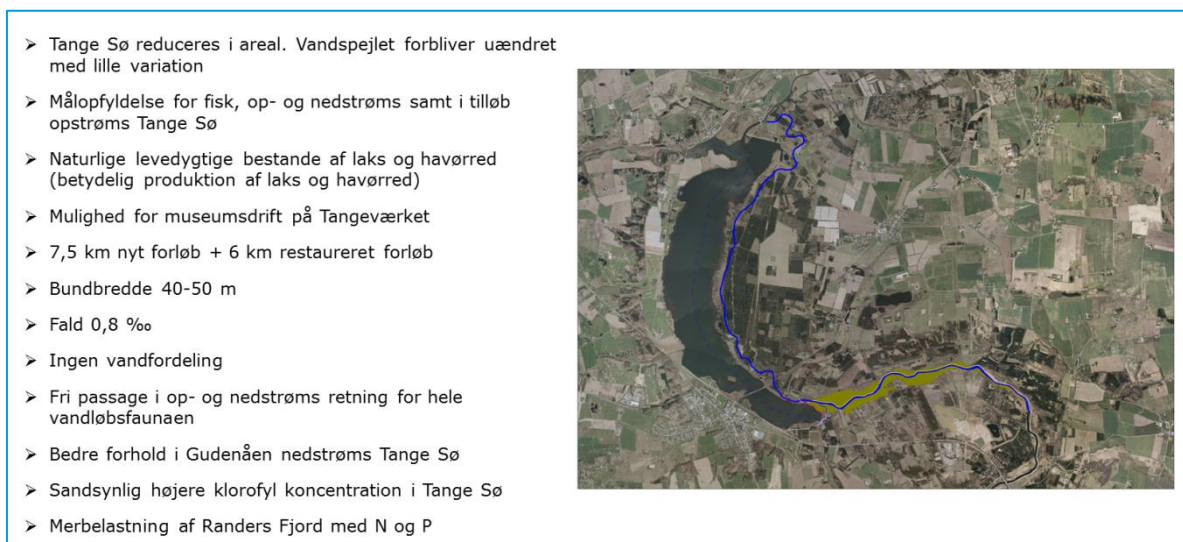
Der er i udarbejdelsen af de 5 skitse-mæssige modeller forsøgt at opfylde alle fire overordnede kriterier.



I de 4 overordnede kriterier er der en indbygget konflikt, og det vil ikke være muligt at opfylde alle 4 kriterier til fulde ved nogen former for løsningsmodeller.

3.1.1 Model A

I denne model etableres et nyt forløb af Gudenåen øst om Tange Sø med genskabelse af 6 km af ådalen fra ca. 1,5 km opstrøms for Ans Dæmningen og op til Kongensbro. Hovedtrækkene i denne model er vist i nedenstående Figur 1.



Figur 1 Model A - Nyt forløb af Gudenåen øst om Tange Sø med genskabelse af 6 km af ådalen

Et groft anlægsoverslag for **Model A** vil være i størrelsesordenen **kr. 160 mio. ekskl. moms.**

3.1.2 Model B

I denne model skal der etableres et mellemlangt omløbsstryg med indløb ved Ans dæmningen øst om Tange Sø/Tangeværket. I nedenstående er vist projektets hovedelementer.



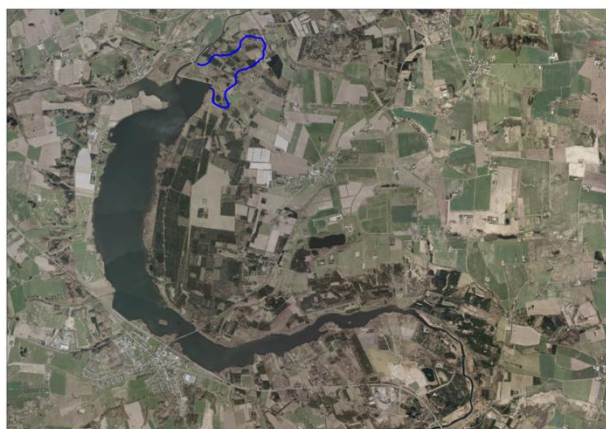
Figur 2 Model B – Mellemlangt omløbsstryg fra Ans Dæmningen og øst om Tange Sø

Et groft anlægsoverslag for **Model B** vil være i størrelsesordenen **kr. 75 mio. ekskl. moms.**

3.1.3 Model C

Model C omfatter et kort udløbsstryg fra nordenden af Tange Sø. Omløbet etableres i et forløb, som føres i et slyng mod nord, inden det drejes mod vest og syd til udløb i Gudenåen nedenfor Tangeværket.

- Tange Sø – uændret i størrelse men med øget variation i vandspejl
- Ingen målpopfyldelse for fisk opstrøms Tange Sø
- Ingen levedygtige bestande af laks og havørred opstrøms Tange Sø
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 3,5 km nyt forløb
- Bundbredde på ca. 30-40 m
- 2,6 ‰ fald
- Vandfordeling Tange Sø-Gudenå
- Forbedret opstrøms passage
- Passage af søbassin – ringe passage i nedstrøms retning (med sikkerhed for smolt)
- Mulighed for produktion i nyt forløb
- Ingen påvirkning af vandkvaliteten i Tange Sø
- Ingen øget tilførsel af N og P til Randers Fjord



Figur 3 Model C – Kort omløbsstryk ved selve Tangeværket

Et groft anlægsoverslag for **Model C** vil være i størrelsesordenen **kr. 94 mio. ekskl. moms.**

3.1.4 Model D

I denne model etableres et mellemlangt omløbsstryk med indløb nord for Ans og et forløb vest om Tangeværket og op gennem den nuværende ådal for Tange Å. Modellens hovedtræk er beskrevet i nedenstående figur.

- Tange Sø – uændret i størrelse men med øget variation i vandspejl
- Ingen målpopfyldelse for fisk opstrøms Tange Sø
- Ingen naturlige og levedygtige bestande af laks og havørred opstrøms Tange Sø
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 9 km nyt forløb
- Bundbredde på ca. 40 m
- 1 ‰ fald
- Vandfordeling Tange Sø-Gudenå
- Forbedret opstrøms passage
- Passage af søbassin – ringe passage i nedstrøms retning (med sikkerhed for smolt)
- Mulighed for produktion i nyt forløb
- Ingen påvirkning af vandkvaliteten i Tange Sø
- Øget tilførsel af N og P til Randers Fjord



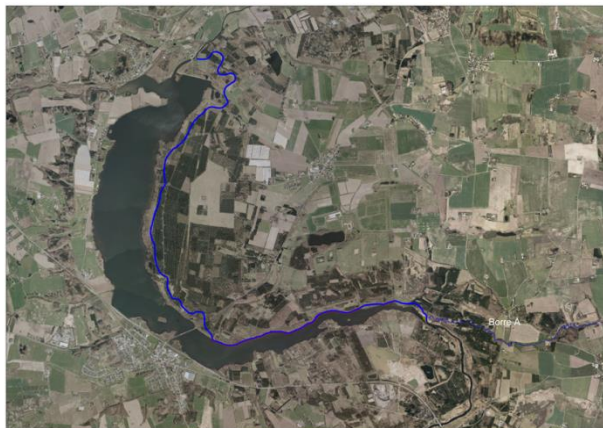
Figur 4 Model D – Mellemlangt omløbsstryk vest om Tange Sø og Tangeværket

Et groft anlægsoverslag for **Model D** vil være i størrelsesordenen **kr. 298 mio. ekskl. moms.**

3.1.5 Model E

Model E er et langt omløbsstryk med et nyt forløb af Gudenåen fra Borre Å, som forløber nord for Tange Sø til udløb nedenfor Tangeværket. Gudenåens nye forløb etableres delvist ude i Tange Sø opstrøms for Ans Dæmningen og adskilles fra søen med en spuns.

- Tange Sø – uændret i størrelse men med øget variation i vandspejl.
- Målopfyldelse for fisk, op- og nedstrøms samt i tilløb opstrøms Tange Sø
- Naturlige og levedygtige bestande af laks og havørred (betydelig produktion af laks og havørred)
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 11 km nyt forløb
- Bundbredde 40-50 m
- Naturligt fald på 0,8 ‰
- Vandfordeling imellem Tange Sø (10 %) – Gudenå (90 %)
- Fri passage i op- og nedstrøms retning for hele vandløbsfaunaen
- Bedre forhold i Gudenåen nedstrøms Tange Sø
- Sandsynlig højere klorofyl koncentration i Tange Sø
- Merbelastning af Randers Fjord med N og P



Figur 5 **Model E – Langt omløbsstryg øst om Tange Sø**

Et groft anlægsoverslag for **Model E** vil være i størrelsesordenen **kr. 248 mio. ekskl. moms.**

4. PLANFORHOLD

4.1 Vandforsyningsloven

Tangeværket har historisk været drevet på baggrund af en koncession meddelt efter Tangeloven (fra 1920), indtil loven blev ophævet den 12. december 2013. Ved ophævelsen af Tangeloven var sigtet, at værkets drift skulle reguleres efter den ordinære miljølovgivning.

Tangeværket søgte den 2. april 2014 om tilladelse til indvinding af vand fra Gudenåen. På baggrund af dette meddelte Viborg Kommune den 5. februar 2015 Tangeværket tilladelse efter vandforsyningsloven til at indvinde overfladevand fra Gudenåen til produktion af elektricitet.

Viborg Kommunes tilladelse er efterfølgende blevet påklaget til Natur- og Miljøklagenævnet, hvor den pt. afventer afgørelse. Viborg Kommunes tilladelse efter vandforsyningsloven er tidsubegrænset, og ved en stadfæstelse af afgørelsen i Miljø- og Naturklagenævnet vil ændringer i tilladelsen eller en tilbagekaldelse skulle behandles i henhold til bestemmelserne herom i vandforsyningsloven.

Koncessionen gælder, indtil der er truffet endelig afgørelse om tilladelse til udnyttelse af vandkraften i Gudenåen.

4.2 Vandrammedirektivet

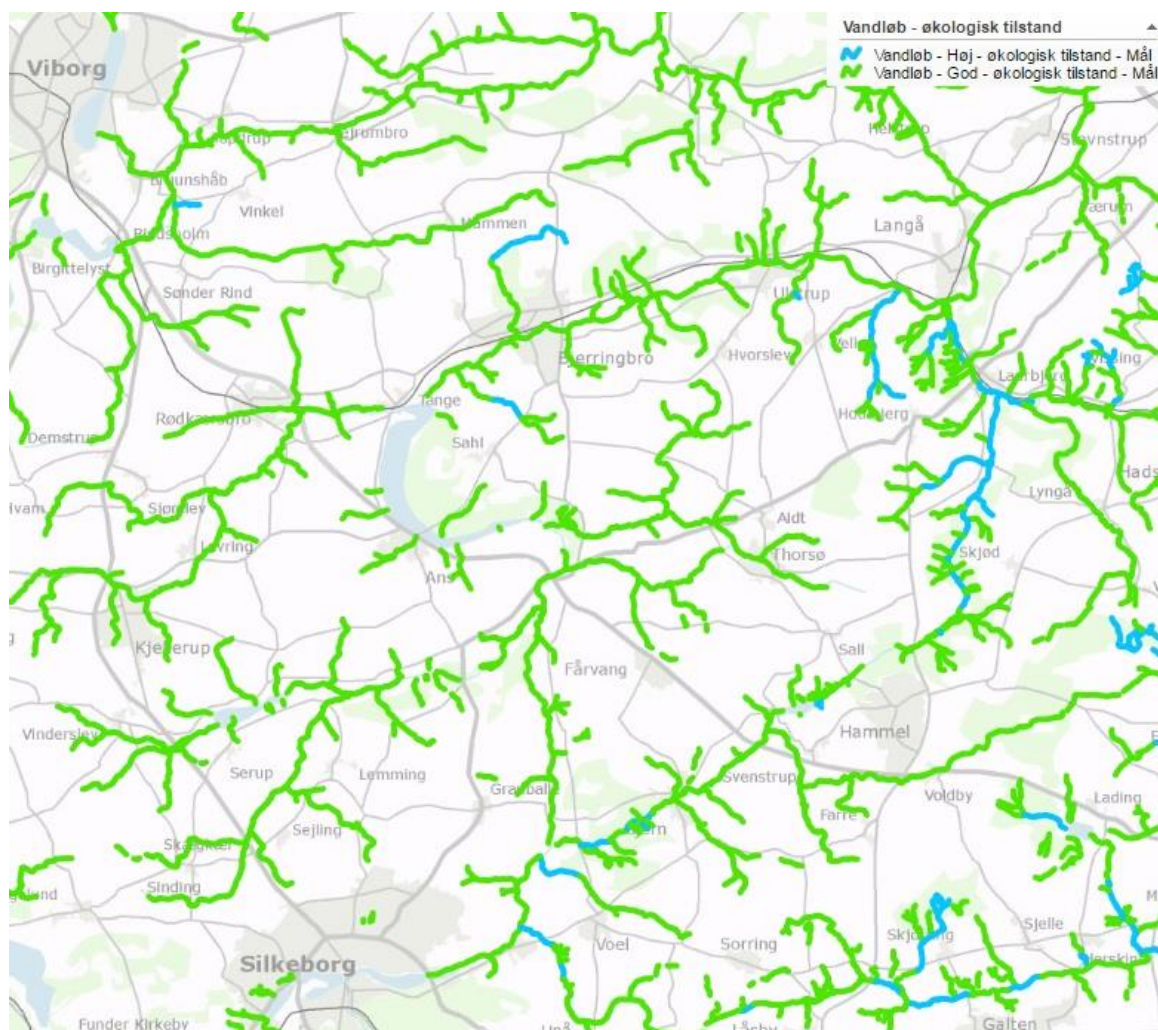
I Vandplan 1.5 Randers Fjord er det angivet, at det er nødvendigt at forbedre passageforholdene ved Tange Sø af hensyn til vandløbsfaunaen. Da der ikke er klarhed over, hvordan vandrammedirektivets bestemmelser skal fortolkes i forhold til vandkraftssøer, og det er vurderet ikke at være realistisk at gennemføre et projekt ved Tange Sø inden udgangen af 2015, så er der anvendt en undtagelsesbestemmelse for opstemningen ved Tangeværket, så en indsats tidligst gennemføres i 2. planperiode 2015 - 2021. Denne undtagelsesbestemmelse er anvendt igen i 2. planperiode, således der ikke er krav om en indsats inden 2021, og nu tidligst vil være krav om en indsats inden udgangen af 2027.

Målsætningen for Gudenåen med tilløb og Tange Sø er fastsat i Vandplan 1.5 Randers Fjord (2010-2015) og udkast til Vandområdeplan for Vandområdedistrikt I – Jylland og Fyn (2015-2021). Indtil vedtagelsen af Vandområdeplan for Vandområdedistrikt I – Jylland og Fyn vil Vandplan 1.5 Randers Fjord være gældende.

I nærværende rapport beskrives miljømål og tilstand i Gudenåen op til udløbet fra Silkeborg Langsø og nedstrøms til Randers.

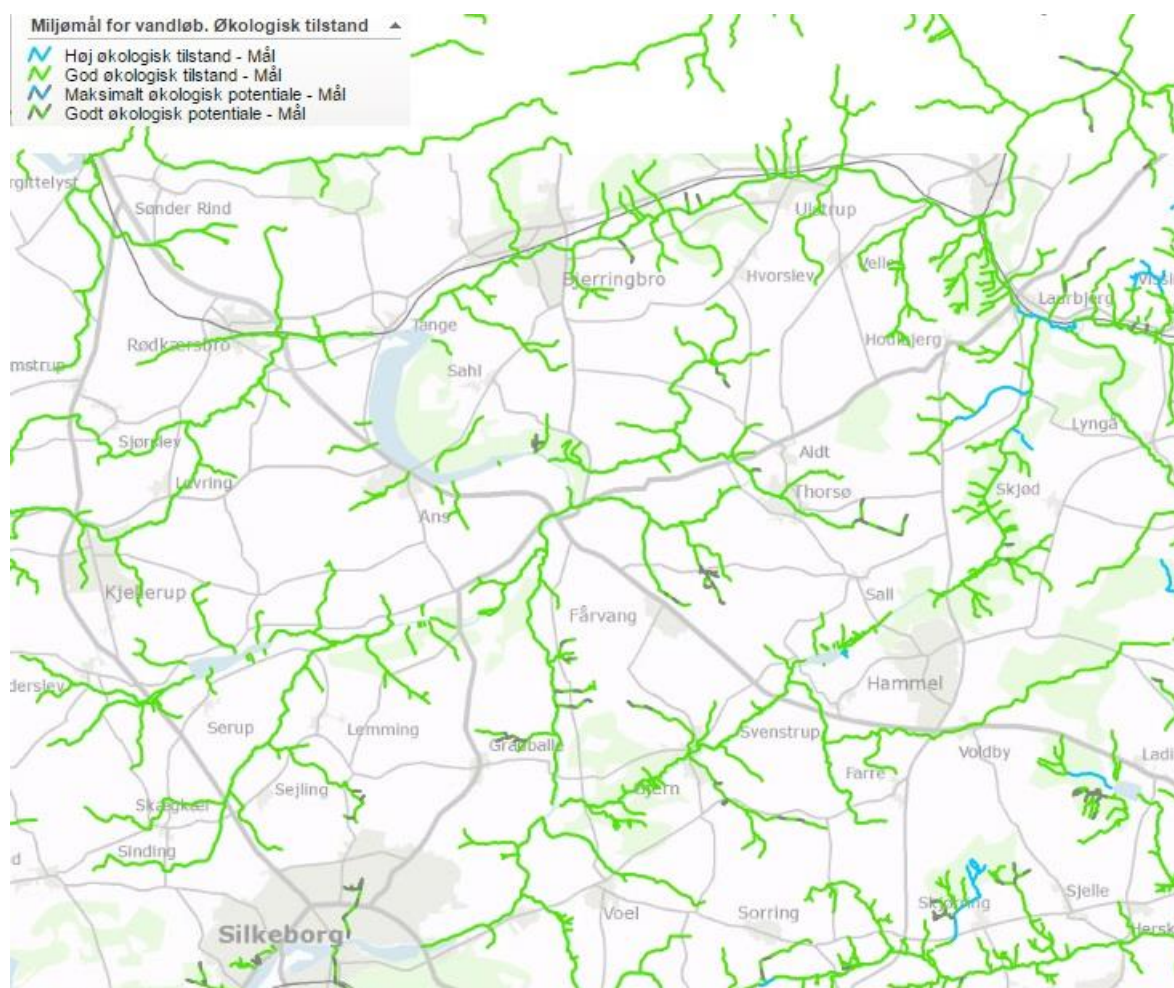
4.2.1 Gudenåen

I Vandplan 1.5 er miljømålet for Gudenåen op- og nedstrøms Tangeværket god økologisk tilstand, og for hovedparten af tilløbene til Gudenåen op til Silkeborg Langsø er målsætningen god økologisk tilstand, dog har enkelte delstrækninger krav om en høj økologisk tilstand.



Figur 6 Målsætning for økologisk tilstand i Vandplan 1.5 Randers Fjord ([www. http://miljoegis.mim.dk/](http://miljoegis.mim.dk/)). Gudenåen kan erkendes umiddelbart øst for Silkeborg Langsø og så følges i nordlig retning til Kongensbro og videre ind i Tange Sø.

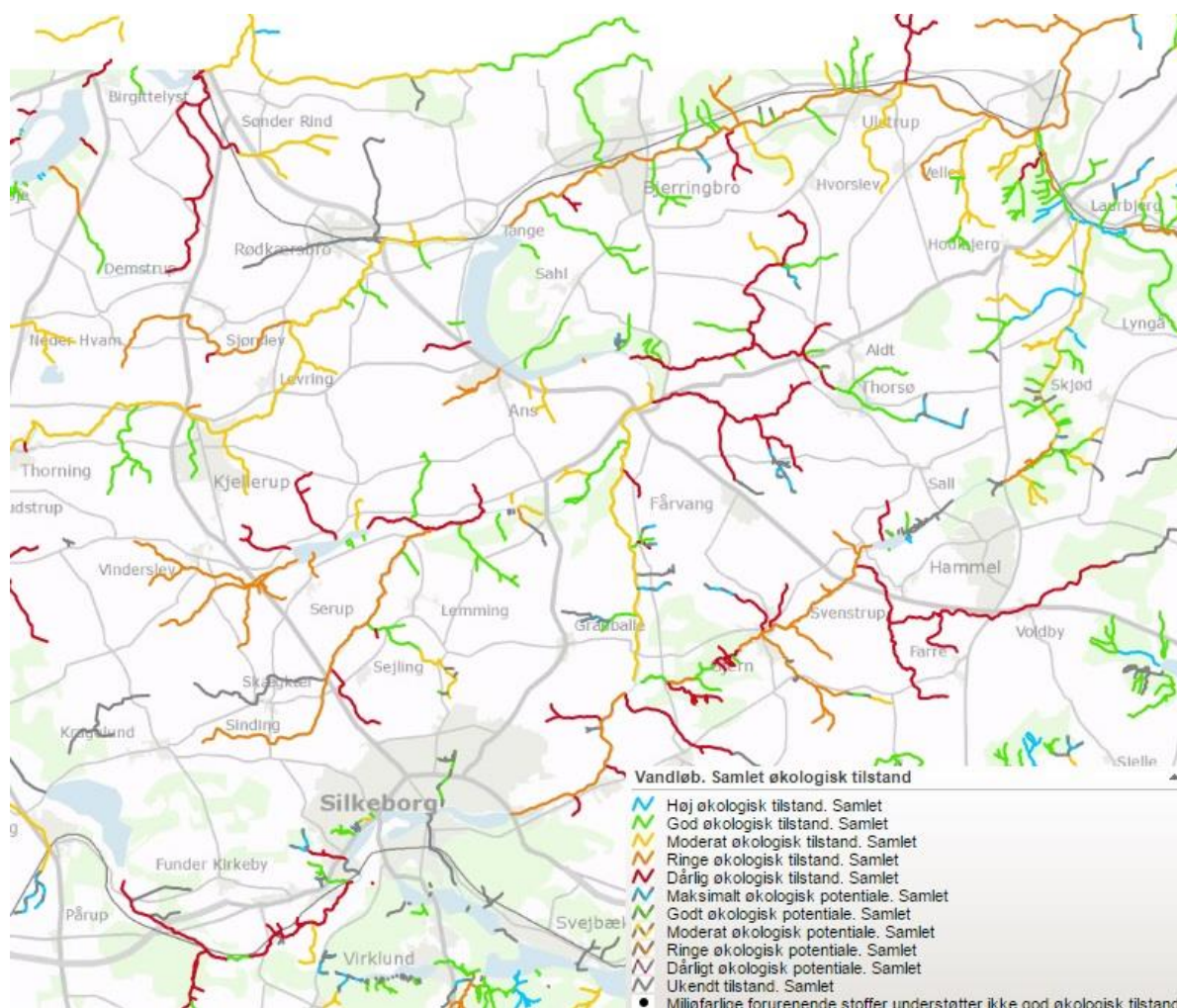
I udkast til Vandområdeplanen for 2. planperiode er der foretaget enkelte modificeringer af målsætningen for en række af tilløbene til Gudenåen mellem Tange Sø og Silkeborg Langsø, hvor der nu ikke er krav om en høj økologisk tilstand på delstrækninger. Det generelle miljømål for vandløb er en god økologisk tilstand. Der er desuden indført en undtagelse i forhold til miljømålene i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket samt i flere af de større tilløb, hvilket betyder, at tidsfristen for målopfyldelse er udskudt til efter 2021. Dette gælder også Gudenåen nedstrøms for Tangeværket.



Figur 7 Målsætning for økologisk tilstand i Vandområdeplan for Vandområdedistrikt I – Jylland og Fyn ([www. http://miljoegis.mim.dk/](http://miljoegis.mim.dk/))

I 2. planperiode vil der udover målopfyldelse for vandløbssmådyr også være krav om målopfyldelse i forhold til vandplanter og fisk. For at en vandløbsstrækning opfylder miljømålet om god økologisk tilstand, så skal alle ovennævnte 3 kvalitetselementer være opfyldt.

Den samlede eksisterende miljøtilstand i Gudenåen og tilløb som et samlet udtryk for tilstanden målt på vandløbssmådyr, vandplanter og fisk er angivet i Figur 8. Som det fremgår, er der for nuværende kun målopfyldelse på delstrækninger i tilløbene til Gudenåen, mens Gudenåens hovedløb ikke har målopfyldelse.



Figur 8 Eksisterende økologisk tilstand angivet i Vandområdeplan for Vandområdedistrikt I – Jylland og Fyn (www. <http://miljoegis.mim.dk/>)

Den nuværende tilstand for de respektive biologiske elementer i hovedløbet er angivet i nedenstående. For tilløbene til Gudenåen opstrøms Tange Sø er det primært fiskefaunaen, der vil kunne påvirkes ved et faunapassageprojekt ved Tangeværket, mens smådyrsfaunaen og vandplanter er mere afhængige af de lokale forhold.

Tabel 1 Nuværende tilstand for biologiske elementer i Gudenåen (udkast til Vandområdeplan for Vandområdedistrikt I – Jylland og Fyn)

Biologisk kvalitetselement	Økologisk tilstand nedstrøms Tange Sø	Økologisk tilstand opstrøms Tange Sø
Smådyr	Moderat	God/moderat
Fisk	Ukendt	Ukendt
Vandplanter	Ring	Moderat/ring

Den kemiske tilstand for Gudenåen og tilløb, som skal være god, er kun kendt nedstrøms for Tangeværket. Her har hovedløbet tilstanden *ikke god*.

Gudenåens hovedløb og tilløb er omfattet af naturbeskyttelseslovens § 3.

I senere afsnit vil der i forbindelse med vurdering af miljømål for fisk anvendes to indeks, DFFVa og DFFVø. DFFVa er et overordnet indeks til beskrivelse af fiskebestanden i vandløb, men i mange

mindre danske vandløb er der forholdsvis få arter, særligt ørred, hvorfor der er udviklet et indeks til artsfattige vandløb med udgangspunkt i ørreden (DFFVØ).

4.2.2 Tange Sø

Tange Sø er i Vandplan 1.5 Randers Fjord (2010-2015) målsat til godt økologisk potentiale og udpeget som en stærkt modificeret sø. Tange Sø er dog omfattet af en undtagelse i første vandplanperiode. I udkast til Vandområdeplan for Vandområdedistrikt I – Jylland og Fyn er Tange Sø angivet som et naturligt vandområde og målsat til god økologisk tilstand og god kemisk tilstand.

Den samlede nuværende økologiske tilstand i Tange Sø er i udkast til Vandområdeplan for Vandområdedistrikt I – Jylland og Fyn angivet til god økologisk tilstand, mens den kemiske tilstand er ukendt.

Tange Sø er omfattet af naturbeskyttelseslovens paragraf 3.

4.2.3 Krav til faunapassage i vandrammedirektivet

For at opfylde kravet om god økologisk tilstand skal der også være kontinuitet i vandløbet, som et hydromorfologisk (vandløbets form og struktur) element, der understøtter de biologiske elementer i form af smådyr, vandplanter og fisk.

I Vandplan 1.5 Randers Fjord er følgende angivet i forhold til krav for etablering af faunapassager:

"Der etableres så vidt muligt fuld faunapassage ved total fjernelse af menneskeskabte spærringer i vandløb. Hvor opstemninger bibeholdes af fx kulturhistoriske eller andre samfundsmæssige hensyn, sikres passagen eksempelvis ved etablering af 'naturlignende stryg' i selve vandløbet eller omløbsstryg med tilstrækkelig vandgennemstrømning".

4.3 Natura 2000

Strækningen af Gudenåen fra Kongensbro til Silkeborg Langsø er en del af Natura 2000 område nr. 49 Gudenå og Gjærn Bakker. Udpegningsgrundlaget for Habitatområdet er:

Tabel 2 Udpegningsgrundlag for Habitatområde nr. 45

Udpegningsgrundlag for Habitatområde nr. 45		
Naturtyper:	Næringsrig sø (3150) Vandløb (3260) Å-mudderbanke (3270) Våd hede (4010) Tør hede (4030) Surt overdrev (6230) Urtebræmme (6430)	Hængesæk (7140) Kildevæld (7220) Rigkær (7230) Bøg på mor med kristtorn (9120) Stilkeke-krat (9190) Skovbevokset tørvemose (91D0) Elle- og askeskov (91E0)
Arter:	Grøn køllequidsmed (1037) Stor vandsalamander (1166)	Damflagermus (1318) Ødder (1355)

4.4 Fredning

Trækstien (Pramdragerstien), som løber fra Randers til Silkeborg, er underlagt en arealfredning fra Randers til Kongensbro og forløber på den østlige side af Tange Sø.



Figur 9 Trækstien (vist med blå streg) på den østlige side af Tange Sø og Gudenåen (www.arealinfo.dk).

Ændringer i stiens forløb vil kræve en dispensation fra Fredningsnævnet. Den oprindelige Pramdragersti er ligesom Gudenåens "oprindelige" forløb beliggende på bunden af Tange Sø.

4.5 Kommuneplan

Både Tangeværket og Tange Sø er udpeget som et særligt beskyttelsesværdigt kulturmiljø, og af Viborgs Kommuneplan 2013-2025 fremgår det af afsnit 7 retningslinje 1:

Inden for de særligt beskyttelsesværdige kulturmiljøer og landsbyer, som fremgår af skema 7.1 og 7.2 samt kort, skal de kulturhistoriske værdier så vidt muligt beskyttes. Byggeri, anlægsarbejder og andre indgreb, der i væsentlig grad vil forringe oplevelsen eller kvaliteten af de kulturhistoriske værdier, må ikke finde sted.

Af udpegningsgrundlaget fremgår det, at:

"Tange Sø med opstemningen, Tangeværket, ledningstracé og funktionærboliger er væsentlige kulturarvs værdier, som belyser elektricitetens historie i Danmark. Pramdragerstien er et kulturspor, som fortæller om transporten i Midtjylland. Tangeværket – Gudenåcentralen Tangeværket blev opført som Danmarks største vandkraftværk i årene 1918-1920. Byggeriet betød en radikal ændring af det eksisterende kulturlandskab, idet Gudenåen blev stemmet op og Tange Sø opstod som vandressource for værkets store vandturbiner, der producerer elektricitet. Et landbrugsområde og transportvejen på Gudenåen med pramfart og ladepladser forsvandt til fordel for søen og elektricitetsværket. Industrianlægget og de fem funktionærboliger blev tegnet af arkitekt Søren Vig-Nielsen. Gudenåcentralen var Jyllands første store højspændingsværk, og med anvendelsen af vekselstrøm kunne også landområderne elektrificeres."

5. TIDLIGERE UNDERSØGELSER

Rambøll har modtaget relevante tidligere udarbejdede undersøgelser ligesom Rambøll har haft adgang til de tilgængelige publikationer på både Gudenå Komiteens /1/ og Gudenaaentralens hjemmeside /16/.

Tabel 3 **Oversigt over rapporter vedrørende Gudenåens forløb ved Tange Sø**

Titel	årstal	udarbejdet af	udarbejdet for
Gudenåens Passage ved Tangeværket – sammenfatning af skitseprojekt	2002	COWI m fl.	Skov- og Naturstyrelsen (Naturstyrelsen)
Gudenåens passage ved Tangeværket Samfundsøkonomisk analyse	2002	COWI m. fl.	Miljøministeriet og Fødevareministeriet
Tangeværket, en kulturmiljøreddegørelse	2005	H. Thule Hansen	Kulturarvstyrelsen og Bjerringbro Kommune
Tangeværkets historie	-	Gudenaacentralen	
Udvikling – til gavn for helheden	2006	Gudenaacentralen	
Helhedsplan for Gudenaacentralen – Konsekvensvurdering	2006	COWI	Gudenaacentralen
Supplering af beslutningsgrundlag for Gudenåens passage ved Tange Sø, Model 10 Restauration af det oprindelige Gudenå-løb	2007	COWI	Danmarks Naturfredningsforening
Supplering af Beslutningsgrundlag for Gudenåens passage ved Tange Sø, Model 11 Retablering af åens øverste 7,5 km samt omløb fra Ans med udjævnet fald	2007	COWI	Danmarks Naturfredningsforening
Supplering af beslutningsgrundlag for Gudenåens passage ved Tangeværket	2007	COWI	Danmarks Naturfredningsforening
Gudenåens forløb ved Tange Sø. Ekspertpanelets besvarelse af de tekniske spørgsmål, der er rejst i forbindelse med borgerinddragelsesprocessen.	2011	Viborg Kommune	
Vurdering af miljøtilstanden i Tange Sø med og uden gennemløb af Gudenåen	2011	COWI	Danmarks Sportsfiskerforbund
Notat – Beskrivelse af mulig faunapassage ved Tange Sø, herunder passageforhold, økonomi, påvirkning af fiskebestand og vandkvalitet i Gudenå og Tange Sø	2011	Favrskov Kommune	
Omløb ved Tange Sø: kvælstoffjernelse ved variationer af model 4	2014	COWI	Aage V. Jensen Naturfond
Vurdering af tre modeller for etablering af selvreproducerende fiskebestande i Gudenåen ovenfor Tangeværket og Tange Sø, med fokus på laks, havørred, ål og flod- og havlampret	2015	DTU Aqua	Naturstyrelsen
DTU Aquas kommentarer til Model 4D, Cowi 2014	2015	DTU Aqua	Naturstyrelsen
Opdateret undersøgelse af de hydrologiske forhold i Gudenåen/Tange Sø	2016*	DHI	Silkeborg Kommune

*rapporten er under udarbejdelse i foråret 2016, modtaget i udkast d. 30 marts.

Rambøll har under udarbejdelsen af denne rapport ikke haft baggrundsrapporter eller Model og GIS data fra forundersøgelsen "Gudenåens Passage ved Tangeværket, 2002" til rådighed. Det har

således kun været sammenfatningen af forundersøgelsen /6/, som har været udgangspunkt for Rambølls arbejde med udarbejdelsen af dette fælles beslutningsgrundlag.

De eksisterende og historiske forhold omkring Gudenåen ved Tange Sø er beskrevet grundigt i de tidligere rapporter. Nærværende rapport vil fokusere på en beskrivelse af 5 overordnede skitseforslag, som skal skabe et fælles beslutningsgrundlag for de 4 Gudenå-kommuner. Rapporten forudsætter således et kendskab til historikken omkring Gudenåen. Der henvises til Tabel 3 for en større indsigt i de eksisterende og historiske forhold i området.

De tidligere udarbejdede rapporter spænder over modeller med et kort omløbsstryg til en nedlæggelse af Tange Sø. I forbindelse med udarbejdelsen af et samlet beslutningsgrundlag til de 4 Gudenå-kommuner har Rambøll opstillet en tabel med en umiddelbar vurdering af de udarbejdede modeller i forhold til nærværende kommissories 4 kriterier.

Tabel 4 Oversigt over tidligere modeller og umiddelbar vurdering i forhold til opfyldelse af kommissoriets 4 kriterier

Model nr.	Årstal	Kort beskrivelse	Tange Sø bevares	Miljømål opfyldes	Bestand af laks og havørred	Et fungerende Tangeværk (museumsdrift)
1	2002	Langt omløb fra Kongensbro med Naturligt fald				
2	2002	Langt omløb fra Kongensbro med udjævnet fald				
3	2002	kort stryg med 4 ‰ fald ved frislusen				
3.1	2002	kort stryg med 10 ‰ fald ved frislusen				
4	2002	Omløb fra Ans med udjævnet fald				
5	2002	Omløb i søbred				
6	2002	Omløb i søbred med udjævnet fald				
7	2002	Retablering af åen øverste 6 km og omløb med udjævnet fald				
8	2002	Restaurering nedstrøms				
9	2002	Omløb fra Borre Å med naturligt fald				
10	2007	Restaurering af oprindelige forhold				
11	2007	Variation af model 7 med indløb til nyt omløb ved Ans				
			ja			
			delvist			
			nej			

6. FAUNAPASSAGE I GUDENÅEN

Tangeværkets opstemning for drift af værket har en påvirkning af faunapassagen i både nedstrøms og opstrøms retning for hele vandløbsfaunaen i Gudenåen. I nærværende afsnit er der primært fokus på laks og havørred samt de rødlistede arter ål, flodlampret og havlampret.

6.1 Eksisterende faunapassage

Opstrøms passage i Gudenåen kan kun ske gennem den eksisterende fisketrappe, som har en vandføring på ca. 150 l/s, og fisketrappen fører dermed kun en meget begrænset del af Gudenåens samlede vandføring, som ved årsmiddel er på ca. 20.000 l/s (dvs. ca. 0,8 % af Gudenåens årsmiddelvandføring løber gennem fisketrappen). Da optrækkende fisk vil orientere sig i forhold til strømmen og vandmængden, vil mange opstrøms migrerende fisk ikke finde fisketrappen eller blive forsinket i forhold til deres vandring. Ud over fisketrappen er der to ålepas for passage af yngel.

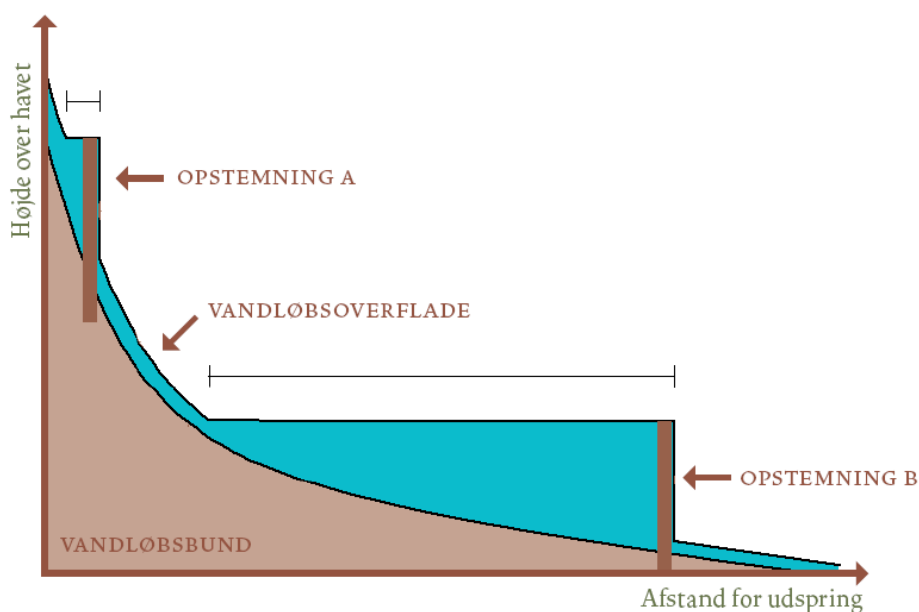
Gudenåcentralen har siden 2004 drevet en fisketæller i fisketrappen og foretaget en årlig rapportering af antallet af fisk, der passerer. I den sidst tilgængelige afrapportering fra juni 2014 er der i perioden 2012-2013 registreret 7.333 fisk, heraf 382 over 45 cm længde /11/. Sidstnævnte antages at være opgangsfisk i form af laks og havørreder. Det er ikke angivet, hvilke andre arter der er tale om i de 7.333 registrerede fisk.

Hvis antagelsen om, at de 382 registrerede fisk over 45 cm længde er laks og havørreder på gydevandring, kan det f.eks. holdes op imod DTU Aquas estimat på antallet af havørreder, der vandrer op i Kolding Å-systemet, og som ligger på 5.000-10.000 om året (www.fiskepleje.dk), og hvor oplandet kun ca. er 1/10 af oplandet til Gudenåen ved Tange Sø. I forhold til antallet af egnede vandløbsstrækninger for laks og havørred mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø er det registrerede antal af laks og havørred, der passerer fisketrappen ved Tangeværket minimalt i forhold til potentialet.

En forudsætning for en opstrøms velfungerende faunapassage ved Tange Sø vil derfor være, at hele vandføringen eller langt hovedparten af vandføringen føres i vandløbet og ikke gennem turbineløbet.

For nedstrøms passage kan vandringen ske via førnævnte fisketrappe samt gennem en ungfishesluse, som fører ca. 450 l/s, altså i alt ca. 600 l/s. Inden nedtrækkende fiskefauna finder fisketrappe eller ungfisheslusen, skal Tange Sø, som udgør stuvningszonen for Tangeværket, og som er ca. 13 km lang, passeres.

På nedenstående Figur 10 er stuvningszonen illustreret.



Figur 10 Illustration af stuvningszonens længde afhængig af vandløbets fald. Kilde DTU Aqua 2006, Aarestrup m.fl.

Gudenåen har på strækningen ved Tange et forholdsvis lille bundlinjefald, og opstemningen ved Tangeværket kan sammenlignes med opstemning B på Figur 10.

6.2 Laks og havørred

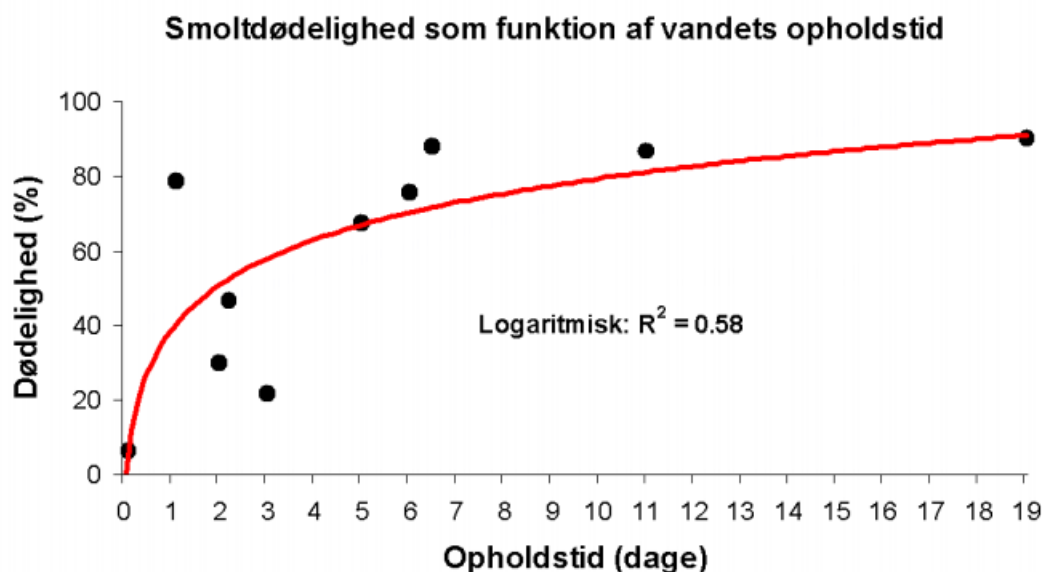
Laks og havørred vandrer som en del af deres livscyklus mellem ferskvand og havet. Æggene gydes i vandløbene, hvor ynglen så vokser op, typisk i 1-4 år, før de vandrer til havs nedstrøms i vandløbene.

Når ynglen når en vis størrelse, sker der en række fysiologiske tilpasninger i fisken, som bl.a. betyder, at fisken kan gå fra at leve i ferskvand til at leve i saltvand. Dette kaldes smoltifikation og sker i en afgrænset periode i ynglens liv, hvor fisken kaldes en smolt.

Undersøgelser har vist, at ørred- og laksesmolt har en stor dødelighed ved passage af stuvningszoner, som f.eks. Tange Sø og søer i øvrigt. En undersøgelse fra 1996 viste, at smoltdødeligheden i Tange Sø var 85 %, og at størsteparten af smolten døde i den øverste ende af søen mellem Kongensbro og Ansbro /12/. En senere undersøgelse viste, at dødeligheden af laksesmolt i Tange Sø er på 90 % (+/- 5 %), og det uanset, hvor de var sat ud i forholdet til udløbet af Tange Sø /13/. Når smoltdødeligheden er så høj, vil der ikke være grundlag for en selvreproducerende bestand af laks og ørred opstrøms for Tange Sø.

Smolt dør primært i Tange Sø som følge af prædation fra rovfisk og fugle. Når smolten skal passere Tange Sø, øges opholdstiden, fordi smolten ikke kan orientere sig i forhold til vandstrømmen, og den er derfor væsentligt mere udsat for rovdyr end på en naturlig vandløbsstrækning. For en naturlig dansk vandløbsstrækning vil smoltdødeligheden typisk være på 1-1,5 % pr. km.

Undersøgelser af opholdstidens betydning for dødeligheden af smolt har vist, at denne stiger eksponentielt med opholdstiden:



Figur 11 Smoltdødelighed som funktion af vandets opholdstid (Anders Koed, DTU Aqua)

Som det fremgår af Figur 11, vil der efter få dages opholdstid være en betydelig dødelighed, og indenfor ca. 7 dage vil dødeligheden ligge omkring 80 % (vandets opholdstid i Tange Sø ved de eksisterende forhold er 7-8 dage). De undersøgelser, som Figur 11 er baseret på, er foretaget i både naturlige søer og kunstige søer som Tange Sø.

Der er i nyere tid foretaget undersøgelser af smoltne drækket i søer etableret for fjernelse af kvælstof, som bekræfter ovenstående billede af høje smoltdødeligheder i indskudte søer /19/, /20/. En svensk undersøgelse viste, at dødeligheden af ørredsmolt var på mellem 77 og 81,5 % i en indskudt sø i et vandløb /21/.

Udenlandske undersøgelser af dødeligheden som følge af vandkraft har i stort omfang kun beskæftiget sig med dødeligheden ved passage af selve kraftværket og turbinerne med udsætning af smolt umiddelbart opstrøms selve kraftværkerne. Derved er effekten af stuvningszonen i form af kraftværkssøerne ofte dårligt beskrevet her. En svensk undersøgelse i Åbylven viste dog en samlet dødelighed af laksesmolt ved passage af vandkraftsøen og kraftværket på 94 % /22/.

Som følge af ovenstående vil det være en udfordring at etablere bestande af ørreder og laks i vandsystemer med indskudte søer. Gudenåcentralen angiver i en rapport fra 2007, at der ikke kan forventes etablering af en naturlig og stærk laksebestand i vandløb, der gennemløber en sø inden udløbet i havet /17/. Tidligere rapporter og undersøgelser henfører også typisk til at ved etablering af passage ved Tangeværket, så vil det primært være strækningen mellem Silkeborg og Tange Sø, der vil være af betydning for f.eks. laks og havørred.

I forhold til ovenstående har Tange Sø utvivlsomt en stor og betydende effekt på overlevelsen af ørred- og laksesmolt og er derfor af afgørende betydning for bestanden af laks og ørred i Gudenåen, særligt på strækningen mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø.

For et projekt til etablering af faunapassage i Gudenåen er der i kommissoriet angivet, at der skal kunne etableres naturlige levedygtige bestande af laks og havørred i Gudenåen. Ved dette forstås, at der skal kunne etableres selvreproducerende bestande af laks og havørred i begge arters naturlige udbredelsesområde i Gudenåen, (ved selvreproducerende bestande forstås en model, hvor det antal smolt, der forlader Gudenåen forbi Tangeværket, også giver anledning til en produktion på det samme antal smolt). Det naturlige udbredelsesområde for laks og havørred er vurderet at være fra udløbet af Silkeborg Langsø og til udløbet i Randers Fjord.

DTU Aqua har med udgangspunkt i den estimerede smolt produktion i Gudenåen opstrøms Tangeværket vurderet, at for ørredsmolt må den maksimale dødelighed for ørredsmolt være på 74 % og 6 % for laksesmolt for ikke at forhindre etablering af selvreproducerende bestande opstrøms for Tange Sø /7/. At tallet for laks er væsentligt lavere end for ørred skyldes bl.a. at dødeligheden blandt laks i havet er væsentlig større end for havørred.

Udover stuvningszonens betydning i forbindelse med etablering af faunapassager er det samtidig væsentligt, at det nye vandløb (faunapassagen) tildeles hovedparten af vandet – optimalt set hele vandføringen for den nedstrøms vandring. Det betyder, at det ligeledes i forhold til vandringer af fisk og vandløbsfauna ikke er optimalt at lave en fordeling af vandet mellem faunapassagen og eksempelvis en sø. Hvis en sådan fordeling etableres uhensigtsmæssigt, det vil sige med relativt store mængder vand til søen, kan der her være en forøget risiko for at bl.a. smolt ender i søen med en væsentligt forøget dødelighed til følge.

Udover laks og havørred er der en række andre arter, som vandrer mellem havet og vandløbet, og hvor passage vil være afgørende for fuldførelse af disse arters livscyklus.

DTU Aqua har vurderet, at de rødlistede flod- og havlampretter næppe er i stand til at passere opstrøms forbi Tangeværket i den nuværende situation /14/. Det er endvidere angivet, at større individer af den rødlistede ål (> 30 cm) primært benytter fisketrappen, men det vurderes som følge af, at en del af ålene er i stand til at passere gitteret i risteværket nedstrøms Tangeværket, så finder mange ål antageligt ikke fisketrappen. Ålen skal i lighed med ørred- og laksesmolt også vandre nedstrøms til havet som en del af sin livscyklus, og en undersøgelse har vist, at tabet af voksne ål ved Tangeværket ligger på mellem 50 og 60 % /18/. I ålehandlingsplanen er det angivet, at målet er, at 40 % af alle blankål fra ferskvand, set i forhold til den oprindelige bestand før menneskets påvirkning, frit skal kunne vandre tilbage mod gydepladserne. I den svenske ålehandlingsplan er der regnet med, at der ved vandkraftværker er en dødelighed på 70 % af nedtrækkende ål /23/.

Med ovennævnte in mente kan følgende opstilles for en velfungerende faunapassage ved Tangeværket:

- Jo større del af vandføringen i et nyt forløb af Gudenåens hovedløb, jo bedre faunapassage i opstrøms og nedstrøms retning.
- Jo større eliminering af stuvningszonen des bedre faunapassage i nedstrøms retning.
- Sker der en vandfordeling vil denne afhængig af fordelingen mellem sø og vandløb forringe faunapassagen i begge retninger og vil særligt være kritisk for nedstrøms passage af smolt.

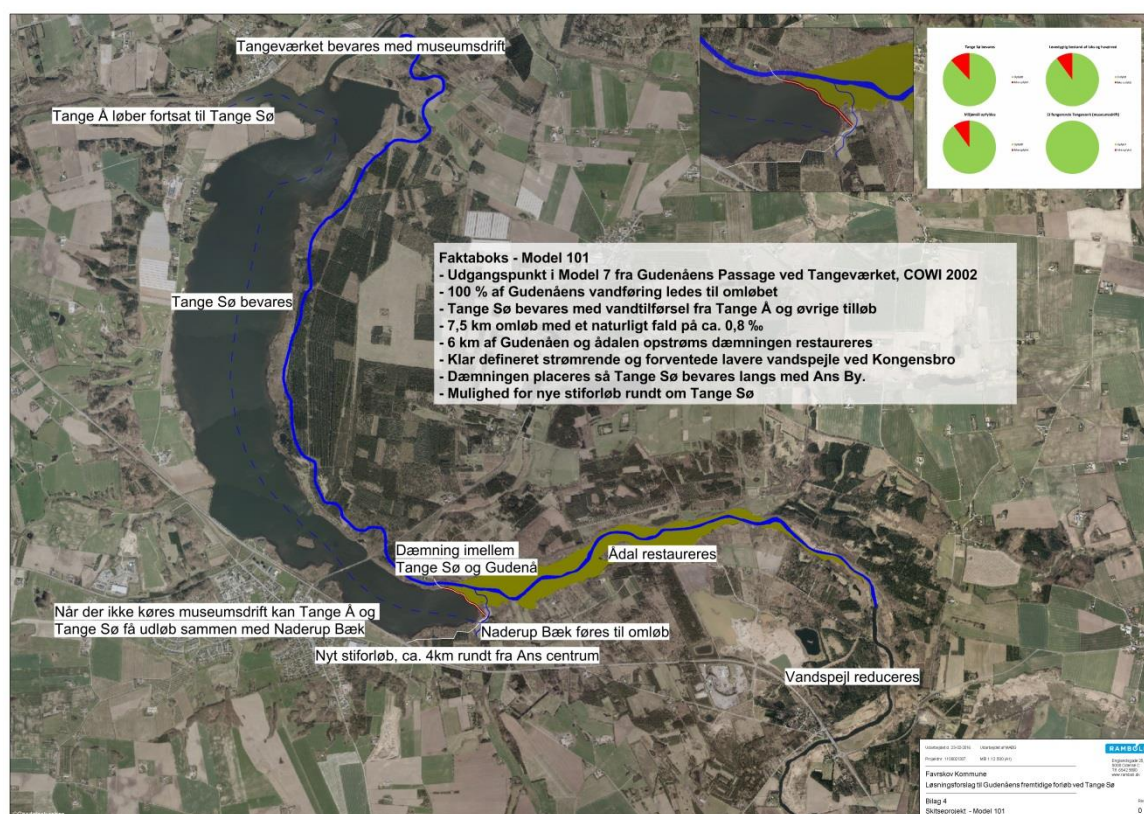
Bibeholdelse af stuvningszonen eller dele heraf vil være kritisk for bl.a. nedtrækkende smolt, ål og lampretter.

Ved etablering af naturlige levedygtige bestande af laks og havørred er der ikke nødvendigvis tale om, at Gudenåens fulde potentiale på strækningen fra Silkeborg Langsø til Randers Fjord opnås, men at der kan opretholdes bestande af laks og havørred. Dette giver ikke nødvendigvis anledning til bestande, der f.eks. tillader et stort fisketryk fra lystfiskere.

7. INDLEDENDE SCREENINGSARBEJDE OG ARBEJDSGRUPPEMØDER

Rambøll fik tildelt opgaven den 25. januar, og opgaven blev igangsat på et fælles opstartsmøde mellem de fire oplandskommuner og Rambøll i Hammel den 4. februar. I perioden fra opstartsmødet og frem til et arbejdsgruppemøde den 26. februar arbejdede Rambøll med mulige løsningsforslag til Gudenåens fremtidige forløb ved Tange Sø. På arbejdsgruppemødet blev der præsenteret skitseprojektkort for 7 forskellige løsningsforslag. Løsningsforslagene varierede fra korte stryg til lange stryg på både den østlige og vestlige side af Tange Sø.

For at kunne opfylde kommissoriet er der ikke arbejdet med løsninger svarende til tidligere udarbejdede Model 10, som omhandlede fjernelse af Tange Sø og restaurering af Gudenåens oprindelige ådal på strækningen. Det fremgår af Tabel 4, at denne model har røde felter ved kommissoriepunkternes bevarelse af Tange Sø og et fungerende Tangeværk.

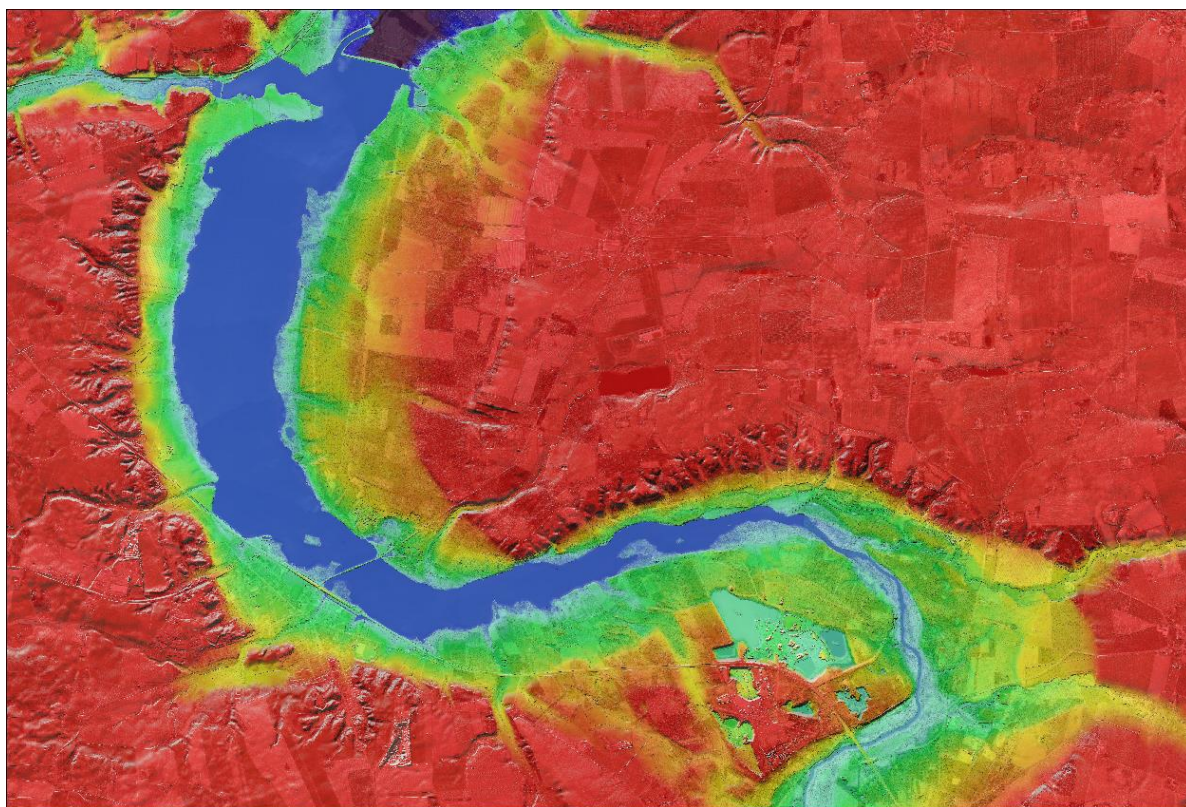


Figur 12 Skitsekort fra screeningsarbejdet. Denne model blev udvalgt som en af dem, der skal arbejdes videre med, i det videre arbejde kaldet Model A

For alle de præsenterede modeller blev der udarbejdet et barometer i kortets højre side. Barometeret viste med hhv. rød og grøn farve, hvordan de 4 kriterier i kommissoriet vurderedes at ville være opfyldt ved gennemførelsen af det givne projekt.

Som materiale til dels rapporten og møderne blev der lavet 3 oversigtskort som er vedlagt denne rapport.

- Bilag 1 – Oversigtskort
- Bilag 2 – Eksisterende forhold
- Bilag 3 – Højdemodel



Figur 13 Højdemodel for området ved Tange Sø. Også vist på Bilag 3 med signatur.

Den anvendte højdemodel er den nyeste DHM 2015.

Ud af de præsenterede modeller blev der, på et supplerende møde med Gudenå-kommunerne den 4. marts, udvalgt 4 modeller til videre behandling i nærværende rapport.

De 4 udvalgte modeller er:

- Model A Nyt forløb af Gudenåen øst om Tange Sø med genskabelse af 6 km af ådalen
- Model B Mellemlangt omløbsstryg med indløb ved Ans dæmningen øst om Tange Sø/Tangeværket
- Model C Kort omløbsstryg i nordenden af Tange Sø
- Model D Mellemlangt omløbsstryg med indløb nord for Ans og et forløb vest om Tangeværket.

På et styregruppemøde d. 30 marts blev det valgt at udarbejde et løsningsforslag for en 5. model, som kaldes Model E.

- Model E Langt omløbsstryg med et nyt forløb af Gudenåen fra Borre Å, som forløber nord for Tange Sø til udløb nedenfor Tangeværket.

Det er vigtigt at understrege, at nærværende modeller udelukkende er beskrevet på et overordnet niveau, der kan tilvejebringe et beslutningsgrundlag for hvilken model, som de 4 oplandskommuner ønsker at arbejde videre med. Når der er truffet et valg af model, så vil der skulle udarbejdes en egentlig teknisk og biologisk forundersøgelse, der belyser alle relevante detaljer i modellen.

7.1 Variationer af de udarbejdede løsningsforslag

De 5 løsningsforslag viser på hver sit projektkort et forløb af Gudenåen udenom Tange Sø samt evt. fysiske ændringer af Tange sø. For de 5 løsningsforslag er der forhold, som kan varieres indenfor det enkelte forslag, og som således ikke nødvendigvis skal være fastlagt på nuværende tidspunkt.

De 5 løsningsforslag repræsenterer således forslag, til hvordan en løsning ved Tange Sø fysisk kan se ud. Efter de 4 Gudenå-kommuner er blevet enige om hvilken model, der skal arbejdes videre med, vil der stadig være enkelte forhold, der kan varieres, dog med større eller mindre konsekvenser for eksempelvis nedtrækkende smolt. Dette kunne bl.a. være vandfordelingen imellem Tange Sø og omløbet. Der er i kommissoriet lagt op til, at Tangeværket kan indgå som en el-producerende del af Energimuseet. Tangeværkets behov for vand ved en evt. museumsdrift er ukendt og skal fastlægges inden en evt. forundersøgelse/detailprojektering. Der er også i de tidligere forundersøgelser arbejdet med forskellige faldforhold i omløbet. Der er her beskrevet et naturligt fald på 0,8 ‰ og et udjævnet fald på 0,3 ‰, som skal kombineres med et stryg med større fald inden udløbet til Gudenåen. Af hensyn til økonomien og en evt. udsivning fra Tange Sø kan det vise sig at være nødvendigt at begrænse gravedybden og dermed faldet på omløbet, således at det ikke kan skabes med det naturlige og optimale fald på 0,8 ‰.

I Naturstyrelsens rapport fra 2002 /6/ er der beskrevet en Model 8. Model 8 omfatter en restaurering af Gudenåen nedstrøms Tangeværket på en strækning over 2,4 km. Denne model kan kombineres med de øvrige løsninger, som medfører et omløbsstryg udenom Tange Sø, og hvor Tangeværket overgår til museumsdrift. Udover at Model 8 vil restaurere en del af Gudenåen, hvor der tidligere er fjernet store mængder gydegrus, så vil en hævnning af vandløbsbunden nedenfor Tangeværket kunne reducere faldet på omløbsstryget og dermed gravemængderne. Omløbet vil her få udløb i den restaurerede strækning, og udløbskoten kan hæves svarende til bundhævningen. Rambøll anbefaler at den løsning, som vælges, kombineres med en restaurering nedenfor Tangeværket.

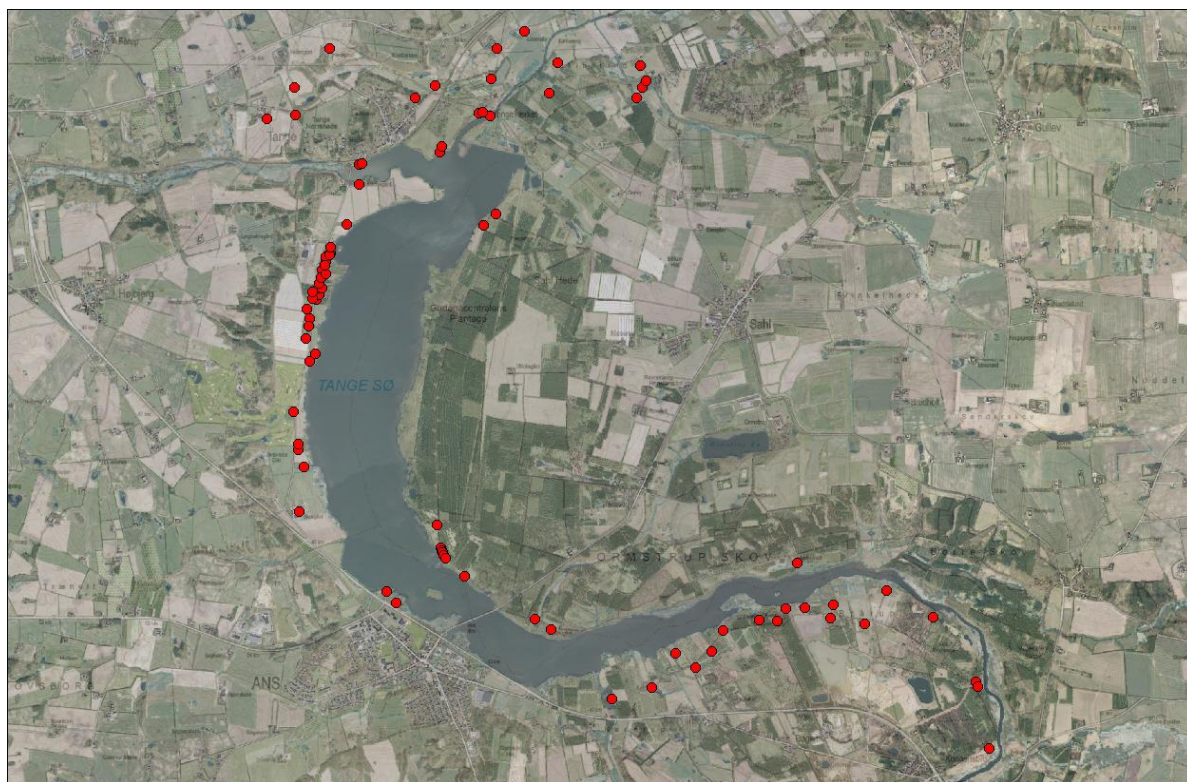
7.2 Tekniske anlæg

Rambøll har foretaget en søgning i LedningsEjerRegistret for at få et indledende overblik over større ledninger i området. Derudover er der foretaget en screening af tekniske kort og luftfoto for at placere større veje og ejendomme.

7.2.1 Ejendomme

Langs med Tange Sø er der flere ejendomme, som har direkte adgang til Tange Sø. Ud fra en screening af luftfoto og tekniske kort er disse udpeget og vist på Figur 14.

Ejendommene er udpeget enten pga. deres beliggenhed direkte til Tange Sø, eller fordi der i en af de opstillede løsningsforslag skal tages hensyn til ejendommenes beliggenhed.



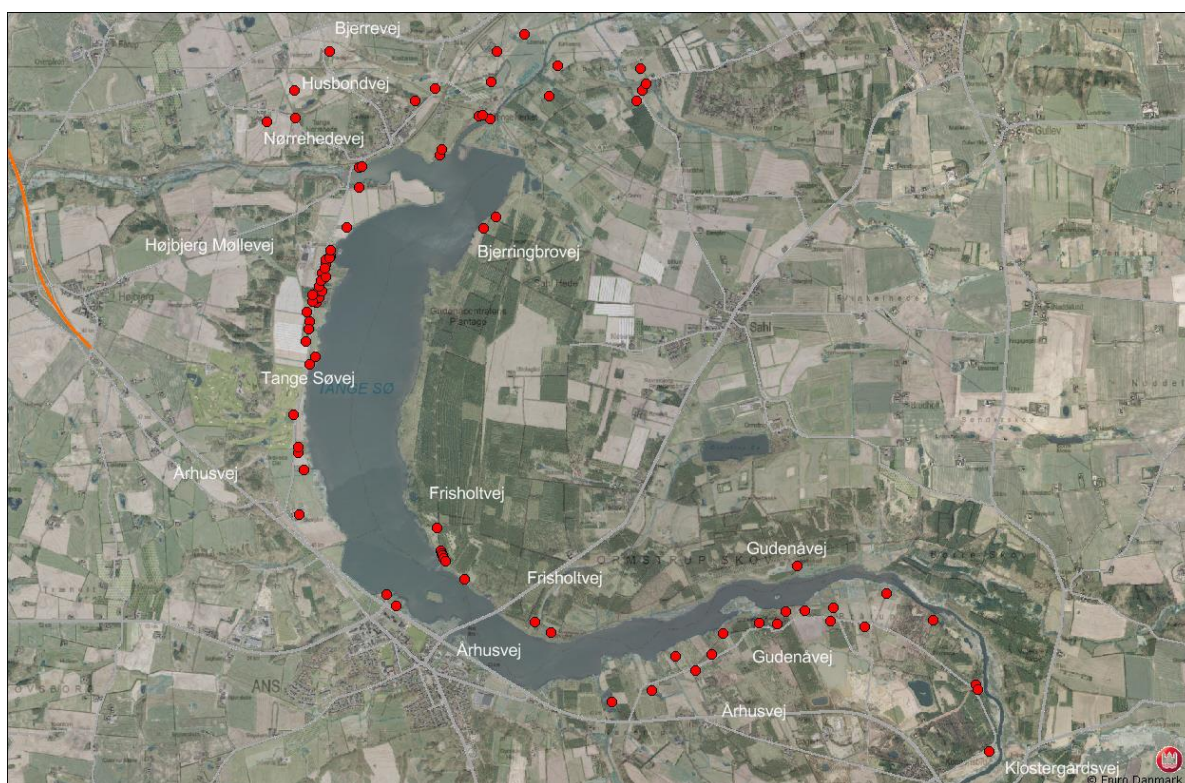
Figur 14 Ejendomme langs med Tange Sø ©Geodatastyrelsen

Der er i alt udpeget 84 ejendomme, som kan deles op i 5 placeringer:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Syd for Tange Sø, ovenfor Ans Bro er der | 18 ejendomme |
| 2. Nord for Tange Sø, ovenfor Ans Bro er der | 3 ejendomme |
| 3. Vest for Tange Sø, nedenfor Ans Bro er der | 39 ejendomme |
| 4. Øst for Tange sø, nedenfor Ans Bro er der | 9 ejendomme |
| 5. Nord for Tange Sø, vest for Gudenåen | 9 ejendomme |
| 6. Nord for Tange Sø, øst for Gudenåen | 6 ejendomme |

7.2.2 Veje

På vestsiden af Tange Sø ligger de to byer Ans og Tange. De forbindes af Tange Søvej, og langs med søen er også hovedvej 26 / Viborg-Århusvej. Ved Ans Dæmningen løber Frisholtvej mod øst fra Ans by. På østsiden af Tange Sø samt opstrøms Ans Bro er området præget af mindre skov-veje til de udpegede boliger.



Figur 15 Veje og ejendomme i området ved Tange sø. ©Geodatastyrelsen og ©krak

7.2.3 Større ledninger

Rambøll har ved forespørgsel i LedningsEjerRegistret (LER søgning 1034426) modtaget oplysninger om ledningsejere inden for et afgrænset område omkring Tange Sø og Tange og Ans By.

På grund af projektets størrelse er ledninger som vandledninger, datakabler, telekabler og mindre elkabler vurderet som mindre problematiske og ikke vist på Figur 16, hvor de udvalgte ledninger er vist.

I det område der er søgt LER for er der følgende ledningsejere:

- Ans Fjernvarmeværk
- **Arla Foods – Rødkærsbro Mejeri**
- Bjerringbro Kabelnet
- Energi Viborg
- **EnergiMidt**
- **Energinet.dk**
- Globalconnect
- Vindum Vandværk
- Ans Vandværk
- Højbjerg Bys Vandværk
- Roe Vandværk
- Tange Vandværk
- TDC
- Vejdirektoratet
- Silkeborg Forsyning
- **HMN Naturgas**

Ledningsejere markeret med **fed** tekst er vurderet som vigtige i forhold til at kunne foretage en konsekvensvurdering af afværgetiltag og økonomien for de enkelte projektforslag. De øvrige

ledninger kan også blive påvirket, men det vurderes, at afværgetiltagene både teknisk og økonomisk er af mindre betydning i forhold til det samlede projekt. I forbindelse med en forundersøgelse og detailprojektering af den valgte løsning, skal der naturligvis projekteres løsninger for alle de berørte ledninger.

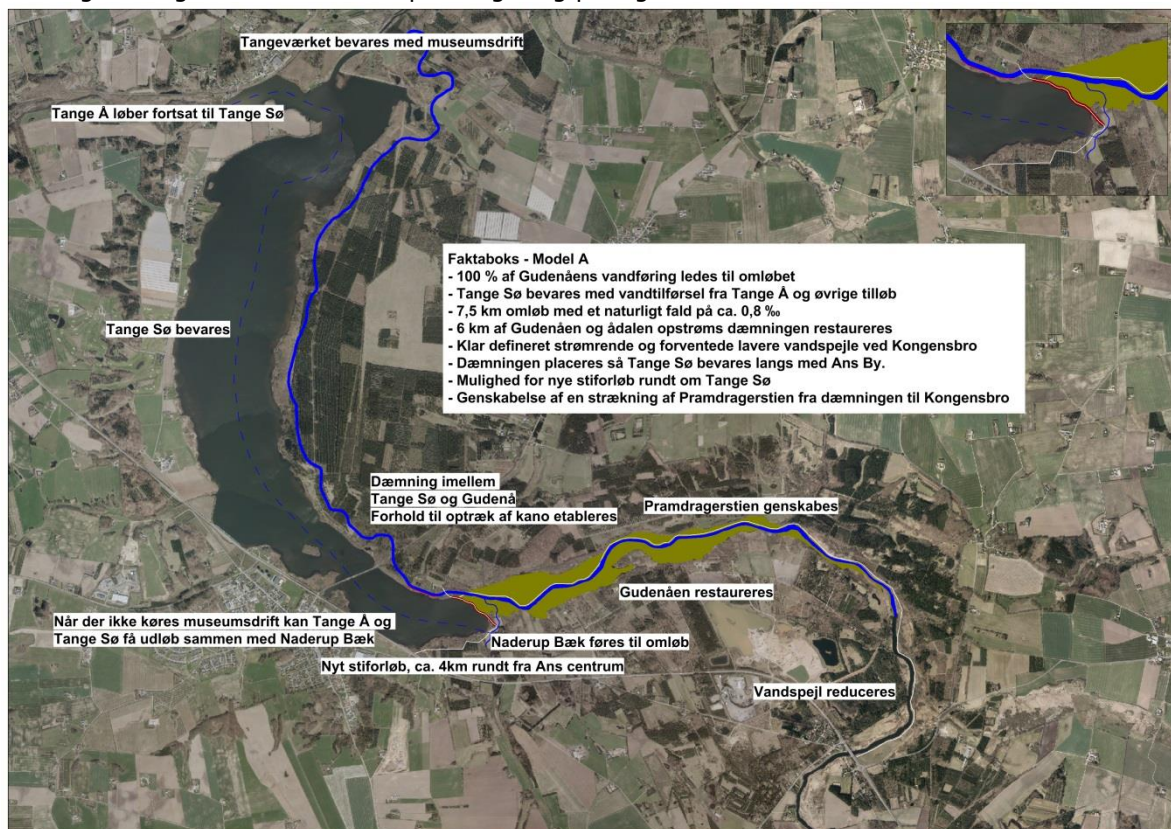
De udvalgte ledninger er vist på Figur 16. Bemærk at søgeområdet er begrænset til et polygon omkring interesseområdet, hvilket er grunden til, at ledninger placeret uden for dette polygon er skåret væk.



Figur 16 Udvalgte ledninger. Gul er HMN-gasledninger, rød er 60kV luftledninger, sort er 10kv el-ledninger, grøn er 60 kV el-ledninger, orange er en 150kV ledning, lyserød er en 400 kV luftledning og hvid er en spildevandsledning fra Arla Foods, Rødkærsbro Mejeri.

8. LØSNINGSFORSLAG – MODEL A

Løsningsforslag – Model A er vist på Bilag 4 og på Figur 17.



Figur 17 Løsningsforslag – Model A, fremgår også af Bilag 4.

8.1 Beskrivelse af model A – Nyt forløb af Gudenåen øst om Tange Sø med genskabelse af 6 km af ådalen

- Tange Sø reduceres i areal. Vandspejlet forbliver uændret med lille variation
- Målopfyldelse for fisk, op- og nedstrøms samt i tilløb opstrøms Tange Sø
- Naturlige levedygtige bestande af laks og havørred (betydelig produktion af laks og havørred)
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 7,5 km nyt forløb + 6 km restaureret forløb
- Bundbredde 40-50 m
- Fald 0,8 ‰
- Ingen vandfordeling
- Fri passage i op- og nedstrøms retning for hele vandløbsfaunaen
- Bedre forhold i Gudenåen nedstrøms Tange Sø
- Sandsynlig højere klorofyl koncentration i Tange Sø
- Merbelastning af Randers Fjord med N og P

Model A omfatter etableringen af en dæmning på tværs af Tange Sø ca. 1,5 km øst for Ans dæmningen. Den nye dæmning placeres, hvor Tange Sø er ca. 400 m bred, og udformes som en naturlig afgrænsning af søen mod øst. I arbejdsprocessen med denne model har der været overvejet flere mulige placeringer af en adskillende dæmning mellem Gudenåen og Tange Sø – enten længere opstrøms eller længere nedstrøms. En placering længere opstrøms ville betyde et relativt stort udgravningsarbejde, da der umiddelbart nordøst for den valgte placering er et naturligt relativt højt beliggende terræn helt ud til den eksisterende sø-flade for Tange Sø. En placering

længere opstrøms ville således betyde en væsentlig forøgelse af anlægsøkonomien og ikke mindst betyde en væsentlig ændring i det landskabelige udtryk med en betragtelig anlægsskråning mod nord/nordøst. En placering længere nedstrøms er vurderet at ville have en væsentlig indflydelse på oplevelsen af sø-fladen for Tange Sø og derfor fravalgt i denne model.

Dæmningen har flere formål, men etableres først og fremmest for at skabe en hydraulisk adskillelse imellem Tange Sø vest for dæmningen og ådalen øst for dæmningen op mod Kongensbro. Op mod Kongensbro, hvor Tange Sø er smallest og under de nuværende forhold mest påvirket af tilgroning, skal Gudenåen restaureres. Omløbet fra dæmningen og videre nedstrøms placeres nordøst for Tange Sø til udløb i Gudenåen ca. 7,5 km længere nedstrøms. Det nye forløb af Gudenåen påbegyndes i samme kote som den "oprindelige" bundkote for Gudenåen. Vandspejlet vil på strækningen for det nye forløb altså ikke længere være påvirket af Tangeværkets opstemning, og der vil ikke længere være en stuvning af vandet op mod Kongensbro og strækningen ovenfor. Etableringen af det nye forløb af Gudenåen vil i stedet med de fremtidige dimensioner tillade, at de naturlige vandstandsforhold i ådalen opstrøms bliver genskabt. Dette betyder, at vandspejlet her sænkes i forhold til de eksisterende forhold, og det oprindelige forløb og niveau for Gudenåen fra den nye dæmning og ca. 6 km opstrøms til Kongensbro vil blive genskabt. En gevinst ved retablering af den oprindelige ådal på denne strækning er, at de oprindelige gydepladser for Gudenå laksen genskabes. Historisk set er denne 6 km lange strækning den mest signifikante strækning for laksens reproduktion.

Placeringen af dæmningen giver mulighed for at lade Naderup Bæk få et nyt udløb til omløbet, således at denne ikke længere løber til Tange Sø, men i stedet øst om dæmningen til udløb i Gudenåen og omløbet.

I løsningen er der også mulighed for at tænke flere rekreative tiltag ind. På Bilag 4 og Figur 17 er der skitseret et nyt stiforløb, som giver mulighed for, at borgere og turister kan gå rundt om Tange Sø med udgangspunkt fra Ans. Stiforløbet er placeret således, at man krydser den nye dæmning, hvor man vil gå med den restaurerede ådal på den ene side og Tange Sø på modsatte side. Ved Ans dæmningen kan man langs med vejen etablere en ny fodgænger- og cykelsti således, at forholdene her forbedres sammenlignet med de eksisterende forhold. Turen vil være ca. 4-5 km, og der skal etableres ca. 1,5 km ny sti fra parkeringspladsen ved Hovedvej 26/Århusvej til grusvejen (Frisholtvej) nord for Tange Sø.



Figur 18 **Ansdæmningen og Tange Sø set fra broen mod nord**

Dæmningen er placeret således, at man fra Ans by har et visuelt indtryk af en uændret Tange Sø.

På opstrøms side af dæmningen sænkes vandspejlet i Gudenåen, og der er her mulighed for at genskabe det historiske forløb af Pramdragerstien på hele strækningen op mod Kongensbro, hvor stien allerede under de eksisterende forhold er forsøgt genskabt med en plankebro.

Tange Sø vil i denne model ikke modtage vand fra Gudenåen. Tange Å og de mindre tilløb på søens østside vil løbe uændret til Tange Sø og opretholde vandspejlet i Tange Sø. DHI har beregnet, at vandføringen samlet set vil være ca. 850 l/s om sommeren fra Tange Å og de mindre tilløb /15/. I Tange Å løber der alene ca. 1.200 l/s ved årsmiddel afstrømning og op til ca. 6.500 l/s ved en medianmaksimum. DHI skriver, at vandbalancen er behæftet med en vis usikkerhed, men den indikerer dog, at Tange Å og de øvrige tilløb har tilstrækkelig vandføring året rundt til at kunne opretholde vandspejlet i en bevaret Tange Sø.

Tange Sø vil fortsat have udløb ved Tangeværket. Der vil dog være mulighed for at lave en løsning, hvor man i de perioder, hvor Tangeværket ikke har behov for vand, kan åbne for et udløb fra Tange Sø i søens østlige ende, så dette løber ud sammen med Naderup Bæk. Dermed vil vandgennemstrømningen i Tange Sø periodevist blive vendt. Dette vil skabe en mulighed for en bedre opblanding af vandet fra Tange Å i Tange Sø. Samtidig vil det kunne skabe en forbedret opgang til Tange Å, hvilket dog stadig vil skulle foregå igennem Tange Sø og således fortsat ikke med optimale forhold.

Langs med østsiden af Tange Sø er der placeret en række ejendomme. Det nye forløb af Gudenåen er forsøgt placeret, så der tages mest mulig hensyn til disse ejendomme. I forbindelse med en egentlig forundersøgelse og detailprojektering af løsningen skal det sikres, at konsekvenserne ved at føre Gudenåen tæt forbi ejendommene belyses. Dette kan betyde, at forløbet omkring ejendommene skal justeres for at minimere konsekvenserne. Umiddelbart nedenfor den nye dæmning er der placeret to ejendomme, hvor det er vurderet, at den nye Gudenå skal føres syd om ejendommene. Gudenåens nye forløb skal altså placeres mellem boligerne og Tange Sø. Dette vil formentlig kræve, at Gudenåen over en strækning på ca. 200 bliver sikret af en spuns mod

syd. Ejendommenes adgang til Tange Sø kan sikres med en fælles bro til sydsiden af Gudenåen, hvor der eventuelt kan etableres bådplads og terrasseområde.

Ved etablering af en dæmning imellem Tange Sø og Gudenåen vil det ikke længere være muligt at sejle i kano fra Gudenåen til Tange Sø. I stedet skal der etableres en ophalerplads så kanoer kan bæres fra Gudenåen til Tange Sø og omvendt. Ved etableringen af omløbet skabes der en ny mulighed for at sejle i kano forbi Tangeværket uden at skulle ud af sin kano. Etableres der en landkanal fra Kongensbro til Tange Sø vil der fortsat være mulighed for sejlads imellem Tange Sø og Gudenåen.

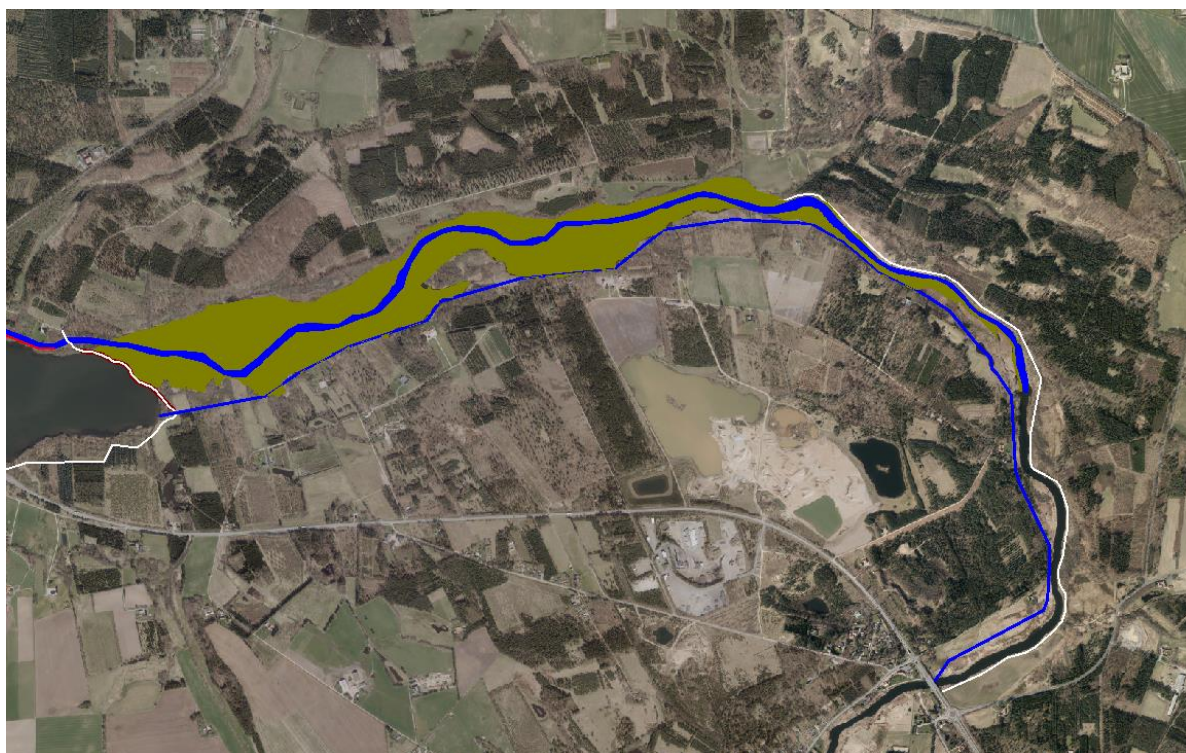
8.2 Hydrauliske forhold

8.2.1 Fordeling af vand imellem Gudenåen og Tange Sø

Som udgangspunkt er en fordeling af vandet imellem Tange Sø og det nye forløb af Gudenåen ikke mulig ved Model A, som den er skitseret på Bilag 4. Det nuværende vandspejl i Tange Sø bevares, mens Gudenåens oprindelige vandspejl genskabes ovenfor dæmningen. Hvor den nye Gudenåen føres ud af det oprindelige forløb, vil der således være vandspejlsforskelle imellem Tange Sø og Gudenåen, der ikke gør det muligt at lave et direkte indløb til Tange Sø her. Ved mindre vandføringer i den nye Gudenå, så vil vandspejlet her ligge ca. 1,5 m lavere end vandspejlet i Tange Sø /2/.

Tidligere MIKE11 beregninger for sammenlignelige modeller /2/ viser, at vandspejlet reduceres op til Kongensbro. Her sænkes vandspejlet kun få centimeter ved de store vandføringer. Hvis det viser sig at være et ufravigeligt kriterie, at der skal ledes "Gudenåvand" til Tange Sø, så kan der etableres en landkanal fra Kongensbro til Tange Sø. Dette kunne være af hensyn til Tangeværkets museumsdrift eller vandkvaliteten i Tange Sø. Det skal i en egentlig forundersøgelse ved tekniske opmålinger og hydrauliske beregninger dokumenteres, at denne landkanal kan lede vand til Tange sø under de nye hydrauliske forhold, hvor der skabes lavere vandspejle fra Kongensbro og ned til dæmningen. Forløbet af landkanalen vil skulle placeres i et tracé imellem Gudenåens restaurerede forløb og de højere beliggende arealer mod syd, således at der kan skabes en fødekanal til Tange Sø. Ved indløbet til Tange Sø er der mulighed for, at der kan placeres et bygværk, således at landkanalen kun tilføres vand til Tange Sø på de tidspunkter, det er nødvendigt. På strækningen er der placeret en række privat boliger, som i dette tilfælde skal acceptere, at der placeres en landkanal imellem Gudenåens forløb og deres bolig. Landkanalen skal placeres i et niveau svarende til eller over Tange Sø nuværende udbredelse.

Landkanalen kan udover fødekanal til Tange Sø samtidig fungere som vandvej for kanosejlads mellem Tange Sø og Kongensbro. Bemærk at landkanalen ikke er indtegnet på Bilag 4. Etableres landkanalen, vil Naderup Bæk ikke kunne ledes til det nye omløb, medmindre dette sker i et forløb under landkanalen.



Figur 19 Model A med muligt forløb ad Landkanal

Et muligt forløb af Landkanalen er vist på Figur 19. Forløbet er påbegyndt ved Kongensbro, idet det forventes, at vandindtaget skal ske herfra for at kunne lede vand til Tange Sø. Ca. 700 m nordøst for Kongensbro bliver det nødvendigt enten at føre landkanalen igennem højt terræn eller føre den tæt forbi det eksisterende forløb af Gudenåen i et sikret forløb. Her er der også placeret to boliger i tæt nærhed til Gudenåen og Landkanalen.

Viser det sig, at det ikke kan lade sig gøre at etablere en landkanal og på den måde tilføre Gudenåvand til Tange Sø, så er en anden mulighed at etablere en pumpeløsning ved f.eks. den nye dæmning. Med en pumpeløsning, som kan lede vand fra Gudenåen til Tange Sø, vil der være mulighed for at tilføre en ekstra vandmængde til søen udover det, som løber til søen fra Tange Å og det vestlige opland. Pumpestationen kan drives af museums el-produktion fra Tangeværket og dermed indgå i en vigtig kulturhistorisk formidling om energiproduktionen gennem 100 år ved Tangeværket.

8.2.2 Faldforhold og dimensioner

På strækningen imellem Kongensbro og dæmningen genskabes de oprindelige faldforhold med et forventet gennemsnitligt vandspejlsfald på ca. 0,3 ‰ /2/. Restaureringen af ådalen opstrøms dæmningen forventes at ville blotlægge tidligere gydebanks for laks imellem Kongensbro og dæmningen /3/.

I det nye udgravede forløb af Gudenåen fra dæmningen og videre nedstrøms langs med Tange Sø, skal der afvikles et gennemsnitligt fald på 0,8 ‰, svarende til det oprindelige fald på strækningen. Under en eventuel forundersøgelse og detailprojektering af denne model kan der projekteres de nødvendige variationer i omløbet med gydebanks afbrudt af dybere huller. For at reducere anlægsomkostninger har tidligere modeller arbejdet med et udjævnet fald på det nye forløb af Gudenåen, som afsluttes med et fald på 5 ‰ inden udløbet nedstrøms Tangeværket. Dette betyder, at den nye Gudenåes dybde i terrænet og dermed jordarbejdet reduceres. Dette er også en mulighed i Model A, men det store fald på 5 ‰ vil medføre, at nogle fiskearter ikke kan passere den nye strækning af Gudenåen, ligesom faldet skal reduceres i forhold til det oprindelige fald på strækningen.

Den nye Gudenå etableres med en bundbredde på ca. 40-50 m for at opnå lave vanddybder, som tilgodeser gydning for laksefisk.

8.2.3 Vandstande opstrøms (Kongensbro) og nedstrøms (Bjerringbro)

Ved etableringen af Model A vil vandspejlet op mod Kongensbro blive reduceret. Beregninger for lignende tidligere modeller (7 og 11) viser, at vandspejlsforskellen er ca. 1,5 m ved minimumafstrømningen ved dæmningen og ca. 0,6 m ved 10 års maksimum /3/. Forskellen aftager hurtigt op igennem Gudenåen og er kun beregnet til et par cm ved Kongensbro ved de store vandføringer /3/. Der er altså overordnet set en bedre afvanding (lavere vandspejl) ved alle afstrømninger på strækningen imellem dæmningen og Kongensbro.

DHI har i 2016 foretaget beregninger på, om det har konsekvenser for den nedstrøms strækning omkring Bjerringbro, såfremt hele vandføringen eller dele heraf ledes udenom Tange Sø. DHI kunne ikke påvise en effekt af dette, og der er således uændrede forhold nedstrøms uanset hvilken fordeling af vand, der blev regnet på /15/.

I perioder har Tangeværkets drift har haft indflydelse på vandspejlet på den nedstrøms strækning. Dette kan bl.a. ses i forbindelse med turbinestop og før 2015 i større daglige udsving, som dog i 2015 og 2016 kun opleves i mindre omfang. Disse udsving, vil ikke længere forekomme nedenfor Tangeværket ved gennemførelse af Model B, hvor størstedelen af vandføringen ledes udenom Tange Sø.

8.3 Tange Sø

8.3.1 Vandstand og vandtilførsel

Tange Sø reduceres i størrelse fra ca. 541 ha til 470 ha og reduceres således med ca. 13 %. Den del af Tange Sø, som forsvinder, er den østlige smalle del op mod Kongensbro. Denne strækning er den del af Tange Sø, som ud fra luftfoto (www.arealinfor.dk luftfoto 2014) kan konstateres at være mest påvirket af tilgroning/opfyldning.

Da det nye forløb af Gudenåen og Tange Sø adskilles fysisk, kan vandstanden i Tange Sø bevares i det nuværende vandspejl i ca. kote 13,50 m. Borgere i Tange og Ans vil således ikke visuelt kunne erkende en ændring i Tange Sø.

Tidligere er der beregnet udsivninger fra Tange Sø til et nyt forløb af Gudenåen i størrelsesordenen 10-250 l/s /3/. Udsivningen til den nye Gudenå i Model A vil være i den høje ende, da dette etableres med et naturligt fald uden om Tange Sø, og afstanden imellem hhv. vandspejl i Tange Sø og Gudenåen er forholdsvist stort. Ved projektets gennemførelse vil Tange Å være det vandløb, som primært bidrager til at tilføre vand til Tange Sø. På trods af tab af vand ved hhv. fordampling og udsivning til omløbsstryget er der beregnet et konstant positivt bidrag af vand til søen /3/ /15/.

At Tange Å alene kan fastholde vandspejlet i Tange Sø er blevet verificeret i en opdateret modelopsætning af DHI i 2016. Her blev det bl.a. også vist, at vandspejlet i Tange Sø i en tør sommerperiode med en lille afstrømning ville stige med 1 cm dagligt, såfremt afløbet fra søen var lig nul. Denne stigning vil ved Model A formentlig være en anelse større, idet søens areal reduceres /15/.

8.3.2 Vandkvalitet og næringsstoffer (fosfor og kvælstof)

Miljøtilstanden i Tange Sø er beskrevet af COWI i en rapport for Danmarks Sportsfiskerforbund, som blev udarbejdet i 2011 /4/. I perioden fra de første udarbejdede rapporter for Naturstyrelsen i 2002 og frem til 2011 skete der en stor forbedring af vandkvaliteten i Tange Sø. Bl.a. var koncentration af kvælstof og fosfor markant lavere i 2010 end i de tidligere år. /4/. En sigtedybde på

2,7 m vidner om klart vand og gode forhold for undervandsplanter i Tange Sø. COWI tilskriver forbedringen i sigtddybde en bedre vandkvalitet opstrøms i Gudenåen, hvor der nu er klart vand med stor grødevækst efter indvandringen af den invasive art vandremuslingen /4/.

En vegetationsundersøgelse i 2010 viste en udbredt undervandsvegetation med 7 forskellige arter og en dækningsgrad på 17 % /4/.

Tange Søes placering midt i Gudenåens hovedløb betyder, at den modtager kvælstof og fosfor fra det åbne land, renseanlæg, dambrug, regnvandsudledninger og spredt bebyggelse. I Tange Sø sker der en naturlig tilbageholdelse af fosfor og en omsætning af kvælstof, som bl.a. er afhængig af indløbskoncentrationen samt opholdstiden i søen.

Under de eksisterende forhold er der en gennemsnitlig opholdstid i Tange Sø på ca. 0,02 år (7-8 dage). Retentionen af kvælstof og fosfor er beregnet til hhv. 14 og 22 % (ved baseline 2015). Dette svarer til, at Tange Sø fjerner 200 tons kvælstof om året ud af de i alt 1.430 tons der tilføres. På samme vis tilbageholdes der ca. 7,7 tons fosfor om året ud af i alt 35 tons, som søens tilføres /4/.

Hvis Gudenåen lægges uden om Tange Sø i et nyt forløb svarende til Model A, vil mængden af tilbageholdt fosfor og kvælstof i søen blive reduceret væsentligt grundet et væsentligt fald i indløbskoncentrationerne. Den gennemsnitlige opholdstid i søen vil stige til ca. 0,4 år (146 dage), hvilket vil øge retentionen af det tilbageværende kvælstof og fosfor, som tilføres til søen fra Tange Å og opland, til ca. hhv. 47 og 40 % /4/. Størrelsen af denne retention vil dog afhænge af, hvor stor opblandingen af det tilførte vand bliver i søen. Dette kan optimeres ved at lade Tange Å løbe igennem hele Tange Sø til udløb i den østlige ende sammen med Naderup Bæk i de perioder, hvor det er muligt. Opblandingen i søen vil dog formentlig i stor grad være styret af vindpåvirkning.

Tabel 5 Opland, opholdstid samt tilførsel og omsætning af kvælstof og fosfor med og uden et omløb som Model A /4/

	Opland	Opholdstid	Tilført Kvælstof	Tilført Fosfor	Tilbageholdelse af N		Tilbageholdelse af P	
	km ²	år	t n/år	t n/år	%	t N/år	%	t P/år
Eksisterende forhold	1.576	0,02	1.430	34,9	14	200	22	7,7
Model A	108	0,40	183	4,1	47	86	40	2,0

I ovenstående Tabel 5 ses konsekvenserne for fosfor- og kvælstoftilbageholdelsen i Tange Sø ved gennemførelsen af Model A. Omsætningen i Model A er afhængig af en god opblanding af vandet fra Tange Å rundt i Tange Sø /4/.

Det skal bemærkes, at omsætningen af kvælstof i Tange Sø har været beregnet med flere forskellige opsætninger af sø-modellen. Senest er der i en optimeret model /5/ beregnet en årlig omsætning på 161 tons kvælstof pr. år, hvilket er mindre end gengivelsen i Tabel 5. Forskellen på de to opsætninger af modeller er, at man i den seneste model har delt Tange Sø op i to søer med én sø øst for Ans dæmningen og en sø vest for dæmningen. Her konkluderede man, at den traditionelle empiriske sømodel fra DMU overestimerer den eksisterende omsætning af kvælstof. Omsætningen i Tange Sø er ud fra hhv. indløbs- og udløbskoncentrationer beregnet til 164 tons kvælstof pr. år /5/. I de overordnede løsningsforslag, som præsenteres i nærværende rapport, vurderes det ikke, at variationen i de tidligere kvælstofberegninger ændrer væsentlig på den samlede konklusion i de forskellige løsninger.

Ud fra Tabel 5 kan der beregnes en forøget belastning af strækningen nedenfor Tange Sø med ca. 114 tons N/år og 5,7 tons P/år. Der vil altså være en væsentlig forøget transport af kvælstof og fosfor til Randers Fjord. Fosfor-afskæringsværdien for Randers Fjord er, af Naturstyrelsen januar 2014, angivet til 1.000 kg P/år. Merudledningen af fosfor, som følge af omlægningen af Gudenåen, vil altså overskride den angivne tærskelværdi for Randers Fjord. Afskæringsværdien angiver, hvor stor en merudledning Randers Fjord forventeligt kan håndtere, uden at det påvirker miljøtilstanden i fjorden.

Konsekvenserne ved den øgede mængde transport af næringsstoffer mod Randers Fjord skal belyses yderligere. Den øgede tilførsel vil kunne kompenseres med en forøget indsats i Vandområdeplanen for Randers Fjord, eksempelvis ved etablering af vådområder enten opstrøms eller nedstrøms Tange Sø. I de gennemførte vådområdeprojekter i vandplanregi er der stillet krav om en kvælstoffjernelse på 113 kg N/år. I Model A, hvor der beregnes en øget belastning med 114 tons N/år, ville der således skulle etableres ca. 1.000 ha vådområde for at skabe balance i regnskabet.

Vandkvaliteten i Tange Sø vil formentlig blive påvirket af, at Gudenåen lægges uden om søen. Hovedårsagen til dette er den øget opholdstid i Tange Sø, som følge af det mindre vandbidrag fra oplandet. Tange Å vil blive hovedbidrageren til Tange Sø. Tange Å har umiddelbart en større koncentration af N og P end Gudenåen. Med den nuværende situation tilføres både næringsstoffer fra Gudenåen og Tange Å, ved Model A vil Tange Sø ikke modtage næringsstoffer fra Gudenåen, og Tange Sø vil derfor samlet set modtage et lavere næringsstofbidrag. Den længere opholdstid i søen, vil dog kunne have indflydelse på næringsstofkoncentrationen i søen, da der vil ske en større tilbageholdelse. Indledende beregninger viser, at den potentielt øgede næringsstofkoncentration vil kunne medføre en klorofylkoncentration på niveau med Tange Sø i 1998 /4/. Den potentielt større algeproduktion vil resultere i en lidt ringere sigtddybde end i 2010. Dybdegrænsen for undervandsvegetationen vil formentlig reduceres fra 2,9 til 1,5 m, som var niveauet i 2002. /4/.

Det er væsentligt at bemærke, at COWI /4/ og DMU /3/ beskriver en større usikkerhed omkring den fremtidige tilstand af Tange Sø, hvilket skyldes, at datagrundlaget for Tange Å er usikkert, ligesom den fremtidige opblanding af vand i Tange Sø er ukendt. Dertil skal lægges, at den fremtidige påvirkning af vandremuslingen også er ukendt.

COWI /4/ tilføjer, at miljøtilstanden i Tange Sø kan opretholdes, hvis ca. 15 % af Gudenåens vand ledes igennem søen. Dette vil kunne lade sig gøre, såfremt det er muligt rent hydraulisk at etablere en landkanal fra Kongensbro til Tange Sø.

COWI baserer deres beregninger på en årlig fosfortilførsel via Tange Å på 4.100 kg, hvilket giver anledning til en indløbskoncentration på 124 µg/l /4/. Beregningerne viser, at det vil give anledning til en klorofylkoncentration i Tange Sø på 29 µg/l, hvilket overstiger kravet til målopfyldelse på 25 µg/l. Som alternativ til forslaget om at lede 15 % af Gudenåens vandføring til Tange Sø, kan etablering af fosforådale opstrøms i Tange Å systemet begrænse bidraget fra Tange Å til Tange Sø. Beregninger viser, at fosforkoncentrationen i indløbsvandet fra Tange Å skal reduceres til 99 µg/l, hvilket svarer til et årligt fosforbidrag fra oplandet på 3.270 kg. Samlet betyder det, at det vil være nødvendigt at tilbageholde 830 kg P/år i oplandet til Tange Å.

Model A vil ikke medføre en større produktion af dansemyg eller ændre forholdene for vandfugle og særligt beskyttelseskrævende arter i området. /4/. Samtidig kan det bemærkes, at Tange Sø ikke i større grad vil være i risiko for at gro til, hvis Gudenåen lægges udenom Tange Sø. Tværtimod vil tilgroningen, hvor denne skyldes sedimentation af partikler tilført fra Gudenåen, ophøre.

Ved Model A vil Gudenåen nedstrøms Tangeværket udover en bedre passage også opleve en reduceret belastning med organisk stof. Samtidig vil sommerens stigning i pH og vandtemperatur i Gudenåen nedenfor reduceres til gavn for smådyr og fisk, idet vandføringen ledes uden om Tange Sø.

8.4 Miljømål

8.4.1 Fisk

Ved Model A skabes der fuld faunapassage for alle fiskearter i Gudenåen i både opstrøms- og nedstrøms retning. Etablering af en dæmning ind mod Tange Sø og det, at hele Gudenåens vandføring føres i et nyt forløb af Gudenåen eliminerer stuvningszonen for Tangeværket, og der vil forventeligt kun være en naturlig smoltdødelighed på ca. 1 % pr. km mod den nuværende på mindst 85 %. Da det nye forløb etableres med naturlige faldforhold og gode fysiske forhold, vil det i sig selv blive en betydelig strækning i forhold til gydning for laks, havørreder og sandsynligvis flod- og havlampretter.

Den nuværende tilstand for fisk på strækningen nedstrøms Tangeværket er ukendt, men Model A vil øge den samlede produktion af fisk i Gudenåen og en del af fiskene vil indfinde sig på strækningen nedstrøms og medvirke til målopfyldelse i forhold til DFFVa. Model A vil medføre, at de forhøjede vandtemperaturer om sommeren og den organiske belastning mindskes til gavn for fisk på strækningen nedstrøms Tange Sø.

På den nye strækning af Gudenåen inklusive den reetablerede del fra Ans til Kongensbro vil der forventes at kunne opnås målopfyldelse i forhold til DFFVa og som minimum i forhold til DFFVø.

På strækningen fra Silkeborg Langsø og til Kongensbro er den eksisterende tilstand for fisk ukendt, men det må forventes, at et øget optræk af laks, havørred, ål, lampretter og øvrige arter vil bidrage til målopfyldelsen her. Det kan også være nødvendigt at foretage vandløbsforbedrende tiltag her for at sikre opfyldelse af DFFVø /14/.

DTU Aqua har tidligere angivet, at manglende målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFVø i høj grad skyldes manglen på gydefisk (laks og havørred) /14/. Model A vil i lighed med tidligere beskrevne modeller 7 og 11 betyde, at antallet af gydefisk (laks og havørred) ikke vil være en begrænsende faktor for opfyldelse af DFFVø i tilløbene, da modellen kan sikre en selvreproducerende bestand af laks og havørred opstrøms Tange Sø. Model A vil ikke signifikant forbedre forholdene for Tange Å, som fortsat vil have udløb i Tange Sø.

8.4.2 Smådyrsfauna

Smådyrsfaunaen vil ved Model A have en fri vandringsvej i både op- og nedstrøms retning i Gudenåen ved Tange Sø. Denne faktor er dog af mindre betydning for målopfyldelsen af dette kvalitetselement. Ved at føre Gudenåens vandføring udenom Tange Sø vil den organiske belastning af strækningen nedstrøms Tangeværket mindskes væsentligt, og vandtemperaturen vil om sommeren ikke blive kritisk høj, som tilfældet kan være nu.

I et nyt forløb af Gudenåen inklusive det genskabte forløb vil der være gode fysiske forhold for smådyrsfaunaen, og målopfyldelse må forventes.

På strækningen fra umiddelbart nedstrøms Kongensbro og opstrøms til Sminge Sø er der i dag en god økologisk tilstand, hvilket må forventes også at være tilfældet i fremtiden. Den moderate økologiske tilstand mellem Silkeborg Langsø og nedstrøms til Sminge Sø vurderes at skyldes belastning fra Silkeborg Langsø og vil ikke ændres ved etablering af model A.

8.4.3 Vandplanter

Som udgangspunkt er der mange faktorer, der kan påvirke sammensætningen af vandplanter i et vandløb, herunder også vandløbsvedligeholdelse.

På baggrund af de foreliggende data er det ikke muligt at pege på, hvilket faktorer, der bevirker, at miljøtilstanden for dette element er ringe nedstrøms for Tange Sø og moderat/ringe opstrøms for Tange Sø.

Det vurderes dog, at Model A ikke vil forringe eller forbedre den eksisterende tilstand hverken op- eller nedstrøms for Tange Sø. For det nye forløb af Gudenåen inklusive det genskabte forløb til Kongensbro vil de fysiske forhold være gunstige for etablering af et varieret plantesamfund, som kan opfylde miljømålet.

8.5 Levedygtige bestande af laks og havørred

Model A vil skabe en uhindret faunapassage i både op- og nedstrøms retning. Derved etableres der adgang til både Gudenåens hovedløb (det antages, at strækningen indtil Silkeborg Langsø kan regnes med) og til alle tilløb på strækningen mellem Tange Sø og Silkeborg Langsø. I tilgift vil der etableres mulighed for en betydelig produktion i det nye forløb af Gudenåen og i det re-etablerede forløb indtil Kongensbro. Sker der i tilgift en gennemførelse af Model 8 nedstrøms Tange Sø, vil dette også kunne bidrage til produktionen.

DTU Aqua har i notat fra 2015 lavet en vurdering af Model 7 og 11, som ligner Model A /14/. DTU Aqua konkluderer, at både Model 7 og 11 kan sikre selvreproducerende bestande af laks og havørred. Da Model A ligner Model 7 og 11, kan der forventes tilsvarende resultat. Forskellen mellem Model A og de tidligere modeller 7 og 11 er i store træk, at der ved Model A også skabes adgang til Naderup Bæk og i mindre grad til Tange Å.

DTU Aquas beregninger for havørreder som følge af Model 7 og 11 er derfor angivet i nedenstående tabel.

Tabel 6 Forventet smoltproduktion, smoltnedtræk og havørredopgang ved Model 7 og 11 (uddrag fra notat af februar 2015 fra DTU Aqua, Vurdering af tre modeller for etablering af selvreproducerende fiskebestande i Gudenåen ovenfor Tangeværket og Tange Sø med fokus på laks, havørred, ål og flod- og havlampret)

	Nuværende	Model 7 og 11, samt nuværende forhold uændrede	Model 7 og 11, forudsat målopfyldelse (DFFVø) opstrøms Tange
Smoltproduktion i omløbsstryg	Ingen	19.000	19.000
Smoltproduktion i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket	12.000	12.000	36.000
Smoltproduktion i det gendannede hovedløb mellem Kongensbro og omløbsstryg	0	35.000	47.000
Smoltproduktion i hovedløb mellem Silkeborg Langsø og Kongensbro	0	6.000	44.000
Smoltnedtræk forbi Tangeværket	1.800	67.000	153.000
Smoltproduktion nedstrøms Tangeværket	0	3.000	10.000 ⁽³⁾
Smoltnedtræk ved Randers (kun medregnet smolt produceret i hovedløbet og tilløb opstrøms Tangeværket)	600	48.000 ⁽¹⁾	112.000 ⁽¹⁾
Havørredopgang (kun medregnet smolt produceret i hovedløbet og tilløb opstrøms Tangeværket) ⁽²⁾	130	11.000	26.000

1) Der er taget højde for en dødelighed ("instantaneously mortality") på 0,01 pr. km for smolt produceret nedstrøms Tange.

2) Der er regnet med en fiskeridødelighed på 23 % i Randers Fjord (Nielsen, 1985).

3) Smoltproduktion beregnet under forudsætning at Model 8 gennemføres (Miljøministeriet og Fiskeriministeriet, 2002).

Model A vil ikke medføre en selvreproducerende bestand af laks eller havørred i Tange Å.

8.6 Tangeværket

Tangeværket vil ikke kunne fortsætte sin nuværende drift og el produktion ved gennemførelse af Model A. Tangeværket vil kunne fungere som en el producerende del af Energimuseet og dermed have mulighed for museumsdrift. Her vil der være det vand til rådighed, som dels løber til Tange Sø fra Tange Å samt fra oplandet på vestsiden af Tange Sø ned mod dæmningen.

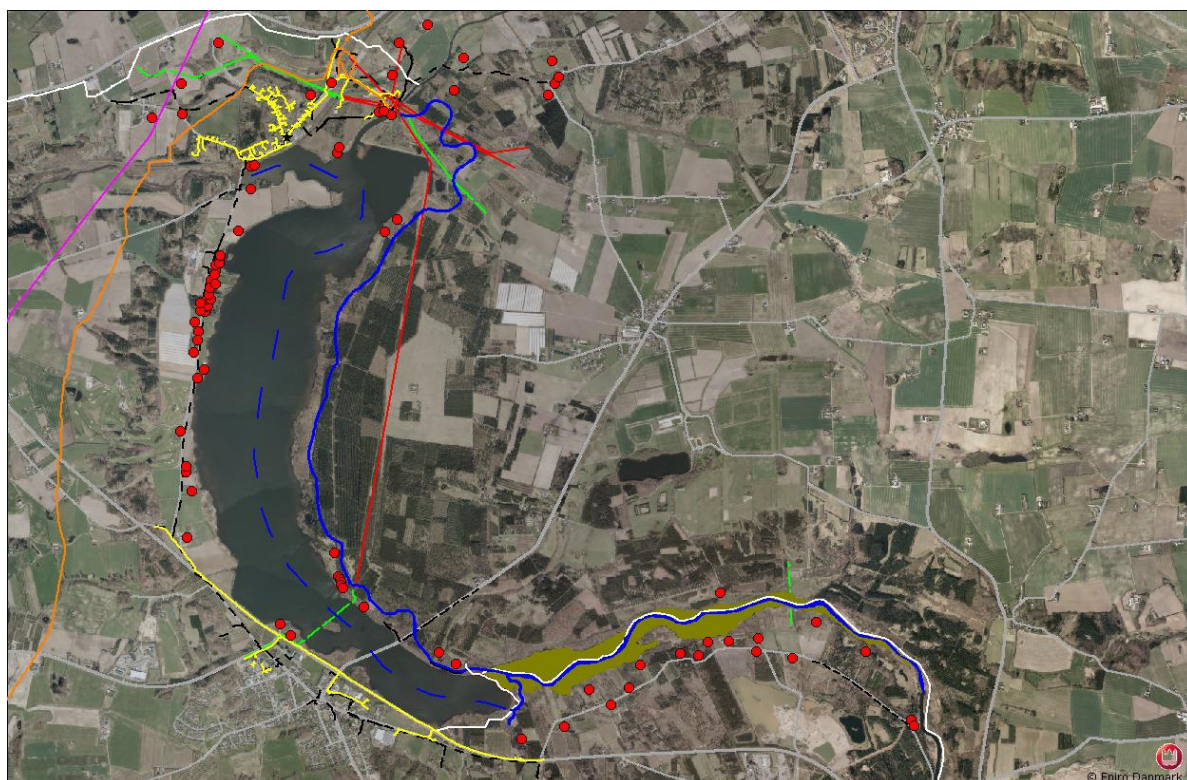
Det er ikke defineret, hvordan museumsdriften kan forløbe og hvilket vandbehov, der vil være i denne situation. Skulle vandføringen fra Tange Å og de øvrige mindre tilløb ikke være tilstrækkelig, er der mulighed for at hæve vandspejlet i Tange Sø for på den måde at have et vandvolumen til at køre en tidsbegrænset museumsdrift på Tangeværket.

Samtidig skal muligheden for at tilføje en del af vandføringen fra Gudenåen via en landkanal fra Kongensbro undersøges nærmere.

8.7 Tekniske anlæg

Ved gennemførelse af Model A er der en række tekniske anlæg, som skal krydses, og hvor der vil være behov for afværgetiltag.

På Figur 20 ses Model A sammen med de udvalgte større ledningsanlæg, veje og ejendomme.



Figur 20

Udvalgte ledninger og ejendomme. Gul er HMN-gasledninger, rød er 60kV luftledninger, sort er 10kV el-ledninger, grøn er 60 el-ledninger, orange er en 150kV ledning, lyserød er en 400 kV luftledning, og hvid mod nord er en spildevandsledning fra Arla Foods, Rødkærsbro Mejeri. Røde cirkler er udvalgte ejendomme. ©Geodatastyrelsen ©Krak

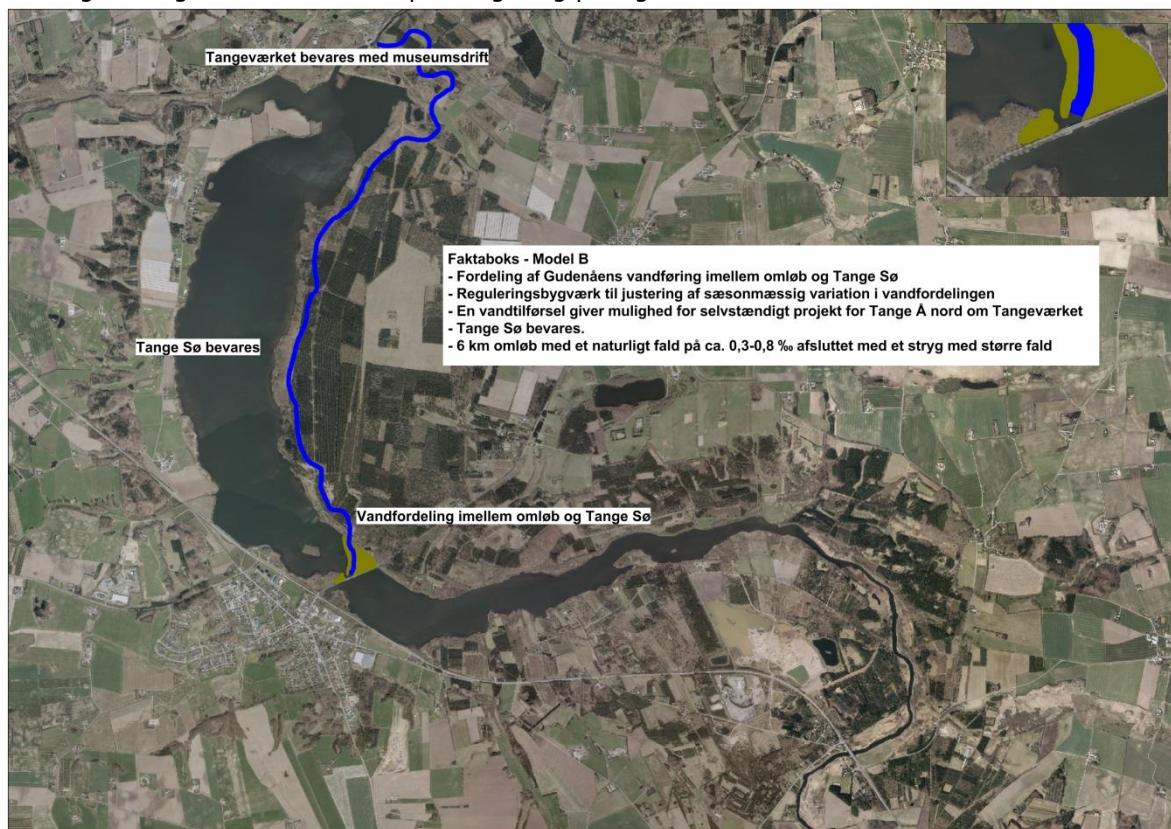
Som det fremgår af figuren, vil det nye forløb af Gudenåen krydse Frisholtvej øst for Ans Dæmningen. Der skal etableres en ny vejbro for Gudenåen. I vejen ligger der en 10 kV ledning. Inden Frisholtvej føres det nye forløb af Gudenåen syd om de to ejendomme, mens Gudenåen føres

nord om ejendommene nord for Ans dæmningen. På øst siden af Tange Sø er ført en 60 kV luftledning, hvor det skal sikres, at de eksisterende master ikke påvirkes. I den nordøstlige ende af Tange Sø ligger to ejendomme. Den nye Gudenå føres øst om disse ejendomme, og der skal sikres en fremtidig adgang til disse. I det videre forløb inden udløbet til eksisterende Gudenå nedstrøms Tangeværket krydses en 60 kV el-ledning to gange, ligesom der også skal tages højde for en 60 kV luftledning på denne strækning.

Såfremt Model A vælges, så skal der i en egentlig forundersøgelse og detailprojektering tages højde for disse tekniske anlæg.

9. LØSNINGSFORSLAG – MODEL B

Løsningsforslag – Model B er vist på Bilag 5 og på Figur 21

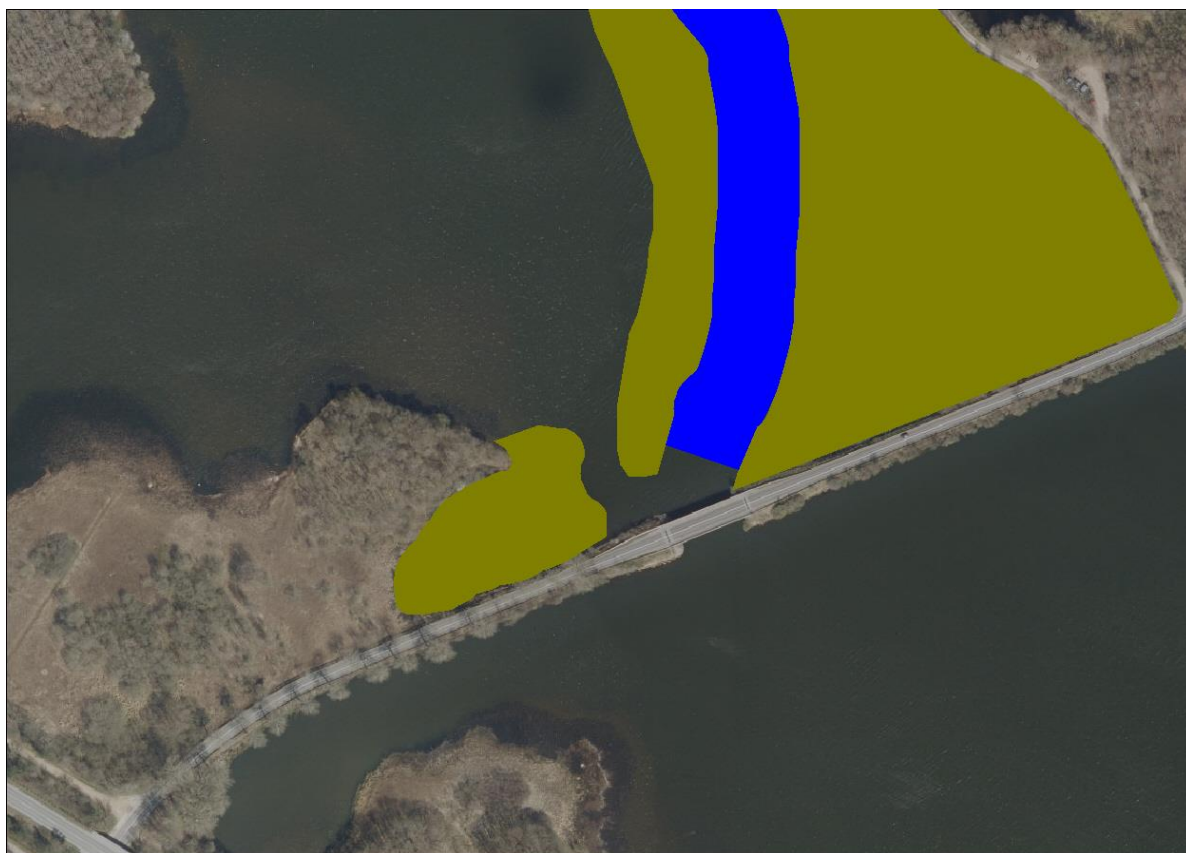


Figur 21 Løsningsforslag – Model B, fremgår også af Bilag 5

9.1 Beskrivelse af model B – Mellemlangt omløbsstryg med indløb ved Ans dæmningen øst om Tange Sø/Tangeværket

- Tange Sø – uændret i størrelse men med øget variation i vandspejl.
- Ingen målpopfyldelse for fisk opstrøms Tange Sø
- Ingen naturlige og levedygtige bestande af laks og havørred opstrøms Tange Sø
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 6 km nyt forløb
- Bundbredde på ca. 40-50 m
- 0,3-0,8 ‰ fald, dog ca. 5 ‰ på sidste 1 km
- Vandfordeling Tange Sø-Gudenå
- Forbedret opstrøms passage
- Passage af søbassin – ringe passage i nedstrøms retning (med sikkerhed for smolt)
- Mulighed for produktion i nyt forløb
- Ingen væsentlig negativ påvirkning af vandkvaliteten i Tange Sø
- Øget tilførsel af N og P til Randers Fjord

Model B omfatter et mellemlangt omløbsstryg, hvor omløbet etableres umiddelbart efter gennemløbet ved Ans Dæmningen. Her opbygges et omløb ude i Tange Sø. Omløbet skal opbygges i søen over en strækning på ca. 300 m mod nord, inden det føres videre i et forløb øst for Tange Sø til udløb nedenfor Tangeværket.



Figur 22 Skitsering af løsningen omkring indløb til hhv. omløb og Tange Sø, samt opbygningen omkring Ans Dæmningen. Med olivengrønt er markeret de områder, hvor det er nødvendigt at opfylde eksisterende Tange Sø

På Figur 22 er løsningsforslaget skitseret omkring fordelingen af vandet ved Ans Dæmningen. Det ses, at opbygningen omkring indløbet vil skulle ske både på den østlige og vestlige side af brogennemløbet ved Ans Dæmningen. Opbygningen vil påvirke ca. 5 ha af Tange Sø, som efter gennemførelsen vil fremstå som eng eller moseområde afhængig af det fremtidige terrænniveau. Med den foreslåede udformning af omløbet omkring Ans Bro, hvor Tange Sø løber igennem brogennemløbet ved dæmningen, vil den naturlige videre vej være i omløbet, hvilket vil optimere den nedstrøms faunapassage.

Ind mod Tange Sø etableres en åbning, som sikrer, at en delmængde af vandføringen kan ledes til Tange Sø. Denne delvandmængde vil til dels være afhængig af den fremtidige drift af Tangeværket.

Muligheden for kanosejlads imellem Gudenåen og Tange Sø vil være uændret. Der skabes med projektet en ny mulighed for at sejle ned igennem stryget forbi Tangeværket.

9.2 Hydrauliske forhold

9.2.1 Fordeling af vand imellem stryg og Tange Sø

Ved indløbet kan der ske en fordeling af vand imellem Tange Sø og omløbet. Fordelingen skal dels tage hensyn til, at vandføringen i omløbet bliver tilstrækkelig til at sikre gode betingelser for op- og nedtrækkende fisk. Samtidig skal den vandføring, som fortsat ledes til Tange Sø, være tilstrækkelig til at sikre en museumsdrift på Tangeværket og gode betingelser i selve Tange Sø. I tidligere forundersøgelser /6/ har der været arbejdet med fordeling med hhv. 15, 30 og 85 % af Gudenåens vandføring til omløbet. Seneste er der i 2014 foretaget en revurdering i forhold til kvælstofomsætningen ved en løsning, hvor der blev ledt 78 % af vandføringen til omløbet. /5/.

De 78 % af vandføringen til omløbet blev beregnet ud fra, at Tange Sø maksimalt måtte tildeles 50 % af medianminimum vandføringen, svarende til 22 % af årsmiddel vandføringen /5/. Denne fordeling skulle leve op til Faunapassageudvalgets anbefalinger, hvilket dog blev anfægtet af DTU Aqua i deres kommentarer af projektforslaget til Naturstyrelsen i 2015. Begrundelsen var her, at der fortsat var et stort sø-volumen på opstrøms side af omløbet /7/.

Tange Sø kan deles op i to søer, hvor den østlige del gennemstrømmes uændret af hele Gudenåens vandføring. Den vestlige del vil kun blive gennemstrømmet af den vandmængde som Tangeværket leder ud igennem deres turbine i forbindelse med den nedsatte museumsdrift. Der vil her være behov for, at der stilles vilkår til, hvor store vandmængder Tangeværket må lede ud af Tange Sø. Disse vilkår kan variere både i forhold til aktuelle vandføring og sæsonen således, at både vandmængder og nedtrækkende fisk tilgodeses. Vandfordelingen bør tilgodeses omløbet mest muligt, men bør først endeligt fastsættes, når behovet for vand til museumsdriften er fastlagt. I perioder, hvor der skal være fokus på smolt-nedtræk, kan omløbet tildeles 100 % af vandføringen. Dette kan ske, hvis Tangeværket ikke leder vand ud. I stedet vil afløbet fra den vestlige Tange Sø og Tange Å i denne situation ske til omløbet igennem åbningen ved Ans Dæmningen.

9.2.2 Faldforhold og dimensioner

Det nye omløb bliver ca. 6 km og vil få et gennemsnitligt fald på ca. 1,5 ‰. For at skabe optimale forhold for laksefisk, skal selve omløbet etableres med fald på ca. 0,8 ‰. Dette kan lade sig gøre over de første 5 km, hvorefter resten af faldet skal afvikles i et stryg med et fald på 5‰. Det må forventes, at vandhastighederne på et stryg med 5 ‰ fald vil blive forholdsvis høje og potentielt kan være svære at passere for især smådyr, men også svagt svømmende fisk (eksempelvis brasen). Der vil ikke kunne etableres gydepladser for laks og ørred på en så forholdsvis stejl strækning.

Tidligere forundersøgelser /6/, har arbejdet med et fald på 0,3 ‰ afsluttende med stryg inden udløbet nedenfor Tangeværket. Dette betyder, at strækningen med gydeforhold (0,3 ‰) reduceres til ca. 4,5 km, og det afsluttende strygs længde bliver 1,5 km. Med denne løsning vil jordmængderne kunne reduceres, idet dybden i terræn for det nye omløb reduceres.

Omløbet etableres med en bundbredde på ca. 40-50 m for at opnå lave vanddybder, som tilgodeser gydning for laksefisk. Afslutningsstryget på 5 ‰ skal etableres med et smallere profil for at sikre tilstrækkelig dybde ved de små afstrømninger.

9.2.3 Vandstande opstrøms (Kongensbro) og nedstrøms (Bjerringbro)

På de strækninger, hvor Gudenåen ikke er påvirket af opstemningen fra Tangeværket, medfører den naturlige variation i vandføringen også en naturlig variation i vandspejlet. For at opnå denne dynamik i omløbet vil vandspejlet i søen kunne variere med op til 40 cm /3/.

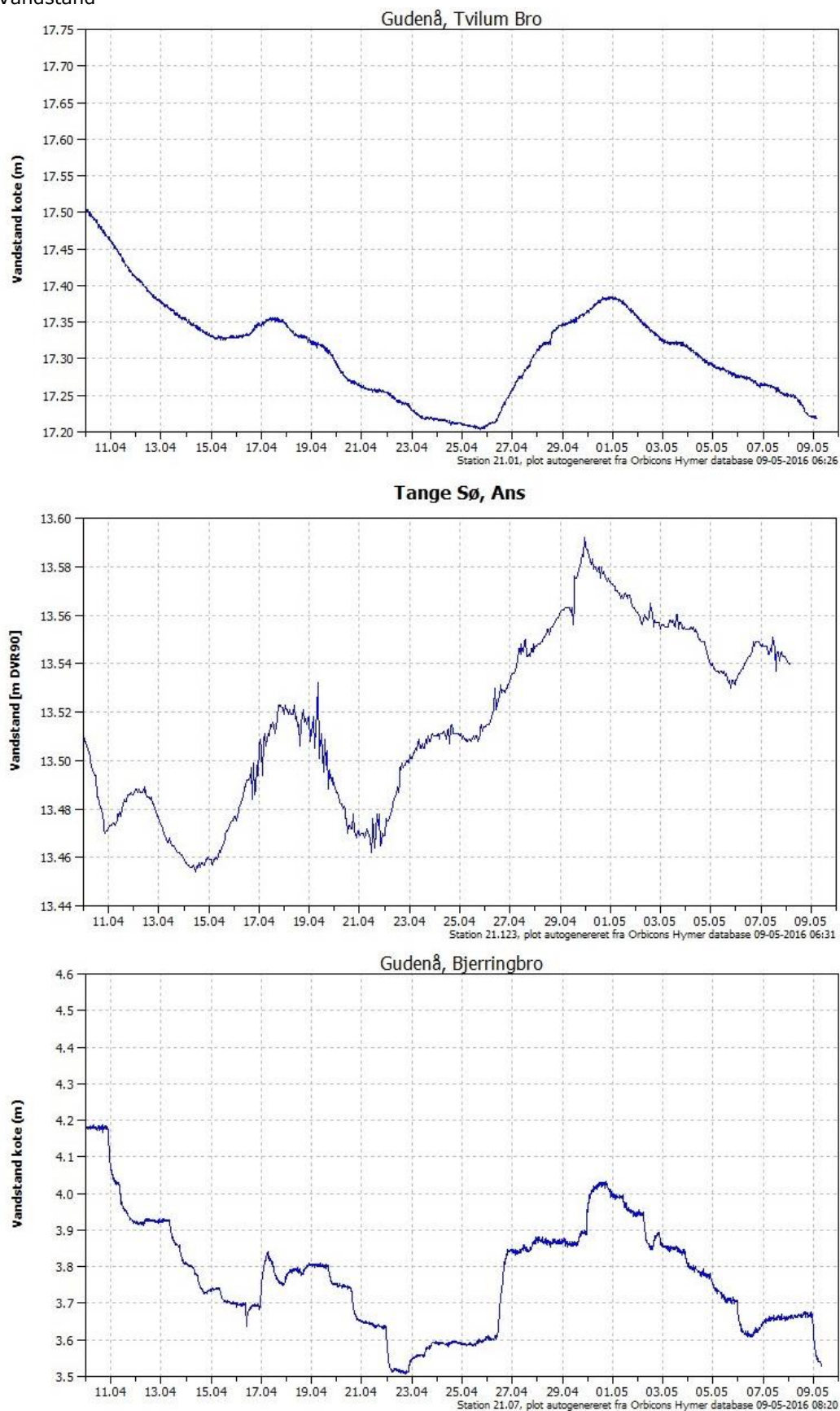
Med den skitserede løsning vil der ved Kongensbro være uændrede forhold ved de store afstrømninger, mens der ved små afstrømninger vil være et lille fald i vandspejlet.

DHI har i 2016 foretaget beregninger på, om det har konsekvenser for den nedstrøms strækning omkring Bjerringbro, såfremt hele vandføringen eller dele heraf ledes udenom Tange Sø. DHI kunne ikke påvise en effekt af dette, og der var således uændrede forhold nedstrøms uanset hvilken fordeling af vand, der blev regnet på /15/.

I perioder har Tangeværkets drift haft indflydelse på vandspejlet på den nedstrøms strækning. Dette kan bl.a. ses i forbindelse med turbinestop og før 2015 i større daglige udsving, som dog i 2015 og 2016 kun opleves i mindre omfang. Disse udsving vil ikke længere forekomme nedenfor Tangeværket ved gennemførelse af Model B, hvor størstedelen af vandføringen ledes udenom Tange Sø.

9.3 Tange Sø

9.3.1 Vandstand



Figur 23 Vandspejl ved Tvillumbro, Ans og Bjerringbro i perioden 10. april - 9. maj 2016

Tange Sø har i dag et ret stabilt vandspejl, som i normale situationer kun varierer meget lidt. I april 2016 (10. april-9. maj) er der registreret et vandspejl ved Ans, som varierer med ca. 10 cm (midterste graf på Figur 23). I Gudenåen ved Tvillumbro, som er længere opstrøms end Tange Sø, hvor vandstanden ikke er påvirket af Tangeværket, optræder der en naturlig variation i vandspejlet. I april 2016 er der her registreret en variation i vandspejlet på 30 cm (øverste graf på Figur 23). Nedenfor Tange Sø ved Bjerringbro er vandspejlet i Gudenåen til en vis grad påvirket af den vandmængde, som Tangeværket leder ud af Tange Sø. Her ses der dels en unaturlig variation i vandspejlet med flere bratte variationer dels en større variation på op til 70 cm i samme periode (nederste graf på Figur 23).

Ved etablering af et nyt omløb ved Tange Sø, hvor der stadig er en hydraulisk forbindelse imellem Tange Sø og Gudenåen, vil det ikke længere være Tangeværket, som kontrollerer vandspejlet i Tange Sø. Vandspejlet vil i stedet blive styret af tværsnitsprofilet i det nye omløbsstryg. Da der her er tale om et åbent naturligt vandløbsprofil uden overløbskanter og stemmeværker, vil der blive skabt en naturlig variation i vandspejlet, som vil være afhængig af vandføringen i Gudenåen. Den naturlige variation vil være i samme størrelsesorden, som der ses ved Tvillumbro.

Variationen i vandspejlet kan reduceres ved at etablere en bred overløbskant og reducere omløbets indløbsdimensioner. Denne løsning er bl.a. kendt fra flere faunapassager i Odense Å, hvor kun en lille del af vandføringen ledes til indløbet af omløbsstryget, og den overvejende del af vandføringen ledes til omløbsstryget via en lang overløbskant på langs med omløbet.



Figur 24 Overfaldskant ved Munke Mose i Odense Å.

Med denne løsning fastholdes vandspejlet i stuvningszonen bl.a. af hensyn til Åfarten og bygninger langs med Odense Å. Denne løsning har dog vist sig at være ret problematisk for smoltens nedstrøms migration, hvorfor Rambøll ikke kan anbefale en sådan løsning ved Tange Sø. Samtidig kan det potentielt give forhøjede vandspejle opstrøms mod Kongensbro /3/.

I Model B vil Tange Sø bevares i sin nuværende størrelse fra Tangeværket til Kongensbro. Da størstedelen af vandføringen ledes igennem det nye omløb, vil det ikke længere være stemmekøten ved Tangeværket men dimensionerne i omløbet, som bestemmer vandspejlet i Tange Sø.

Dette betyder, at vandspejlet i højere grad end i dag vil variere som følge af variationen i vandføringen i Gudenåen. Variationen vil være ca. 40 cm sammenlignet med vandspejlet i dag.

9.3.2 Vandkvalitet og næringsstoffer (fosfor og kvælstof)

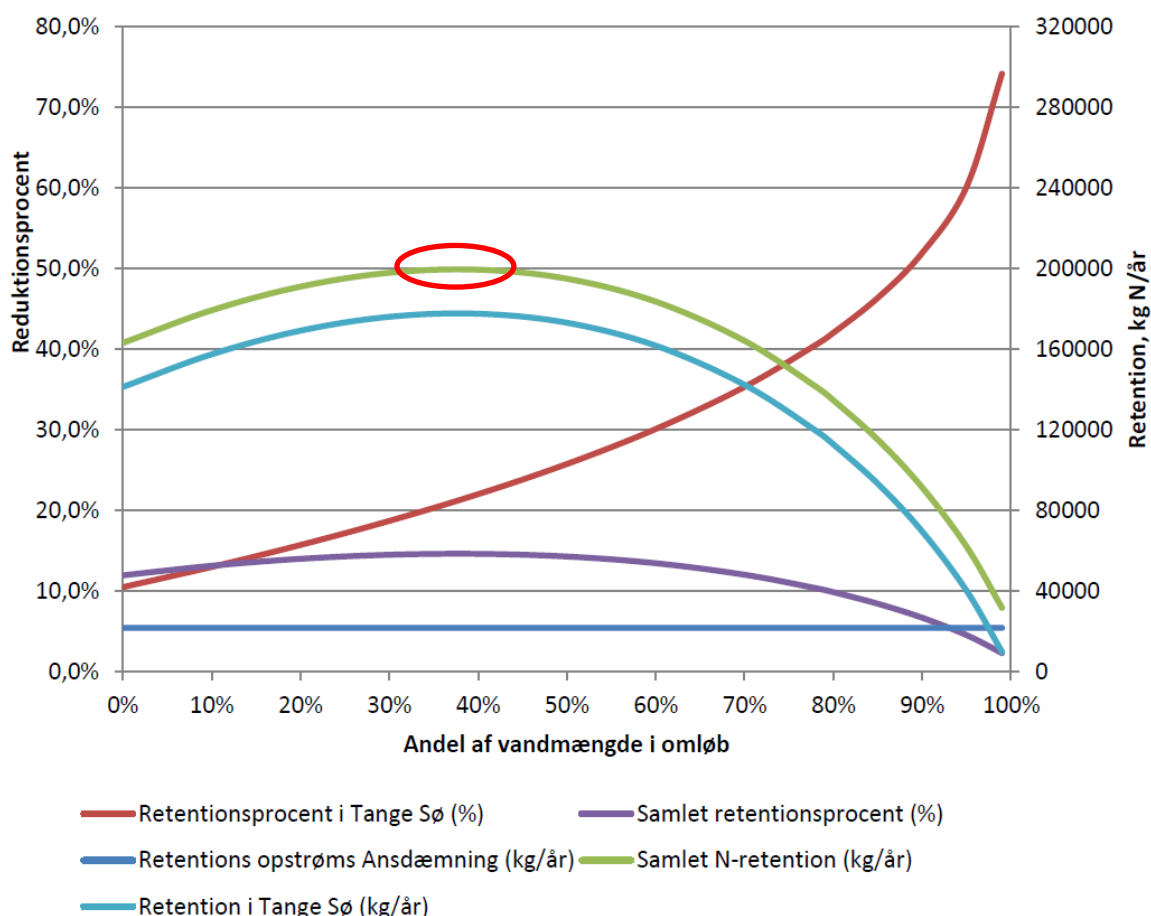
Under de nuværende forhold er opholdstiden i søen så kort, at indholdet af næringsstoffer primært bestemmes af koncentrationen i selve Gudenåen, som gennemløber søen. Hvis en stor del af denne vandmængde ledes uden om den del af søen, der er beliggende nedstrøms Ans Dæmningen, så vil søens næringsstoffdynamik i højere grad være styret af de interne processer. Betydningen af den interne belastning er ikke mulig at afgøre /3/.

Som beskrevet under Model A i 2011 har man vurderet, at søens nuværende gode miljøtilstand kan bevares, hvis 15 % af vandet fortsat ledes til Tange Sø /4/. Her beskrives, at denne fordeling, svarende til tidligere model 4C¹ vil medføre et klorofylindhold under 25 µg/l, hvilket svarer til god økologisk tilstand i vandplanen. Derfor vurderes den skitserede løsning i Model B ikke at medføre en overskridelse af vandplanens krav til klorofylindhold i Tange Sø /4/.

Ved Model B vil Gudenåen nedstrøms Tangeværket udover en bedre passage også opleve en reduceret belastning med organisk stof. Samtidig vil sommerens stigning i pH og vandtemperatur i Gudenåen nedstrøms for reduceres, idet hovedparten af vandføringen ledes uden om Tange Sø.

Tilbageholdelse af kvælstof i Tange Sø er afhængig af vandets opholdstid. Jo længere opholdstiden er, jo større er omsætningsgraden målt i %. En større opholdstid vil dog samtidig kræve, at der tilledes en mindre mængde vand til søen. Omsætningen af N vil på grund af disse to faktorer stige til en vis grad, hvis der ledes vand uden om Tange Sø.

¹ (i /4/ kaldet model 4A, ligesom 4C beskrives som 100 % af vandet til omløbet, begge formuleringer må bero på en fejl jf. /2/.),



Figur 25 Kvælstoftilbageholdelsen (retention) ved forskellige fordelinger af vandføringen. COWI 2014 /4/

Grafen vist på Figur 25 er baseret på den seneste udarbejdede sømodel for Tange Sø fra 2011 /4/, hvor der er taget højde for Ans Dæmningen og en kombineret sømodel. Det ses af Figur 25, at tilbageholdelsen i Tange Sø vil stige op til en situation, hvor der ledes 30-40 % af vandføringen i et omløb. Dette punkt er markeret med en rød cirkel.

Besluttet det at lede 90 % af vandføringen til omløbet og 10 % til Tange Sø, vil omsætningen af kvælstof falde fra 163 tons til ca. 90 tons om året. Er fordelingen i stedet 78 % til omløbet og 22 % til Tange Sø, vil omsætning kun falde til 141 tons. Der er således en stor forskel på, hvilken fordeling af vand, der vælges.

Det skal til ovenstående bemærkes, at Tange Å ikke indgår i den kombinerede sømodel. Ved at lede en delmængde fra Gudenåen udenom Tange Sø og dermed øge den relative kvælstofomsætningen, vil man kunne omsætte en større andel af det tilførte kvælstof fra Tange Å blot ved at øge opholdstiden.

Konsekvenserne ved den øgede mængde transport af næringsstoffer mod Randers Fjord skal belyses yderligere, såfremt Model B vælges. Den øgede tilførsel vil formentlig skulle kompenseres med en forøget indsats i Vandområdeplanen for Randers Fjord, eksempelvis ved etablering af vådområder. I de gennemførte vådområdeprojekter i vandplanregi har der været stillet krav om en kvælstoffjernelse på 113 kg N/år. I Model B, hvor der beregnes en øget belastning med ca. 73 tons N/år (90/10 scenariet), ville der således skulle etableres ca. 650 ha vådområde for at skabe balance i regnskabet.

Hvis der i vilkårene for Tangeværket beskrives en årstidsbestemt fordeling, hvor der tillades en større mængde vand til Tange Sø i vinterhalvåret, kan der opstilles en teoretisk kvælstofmodel, hvor der ikke reduceres i kvælstofomsætningen /4/. Beregningerne tager dog ikke hensyn til, at den relative omsætning af kvælstof i søen er størst i sommerhalvåret, hvor kvælstoftransporten er mindst /4/.

På samme måde som kvælstof vil en fordeling af vandføringen påvirke omsætningen af fosfor i Tange Sø. Under de eksisterende forhold sker der en fosforretention på ca. 18 % af den samlede fosfortilførsel.

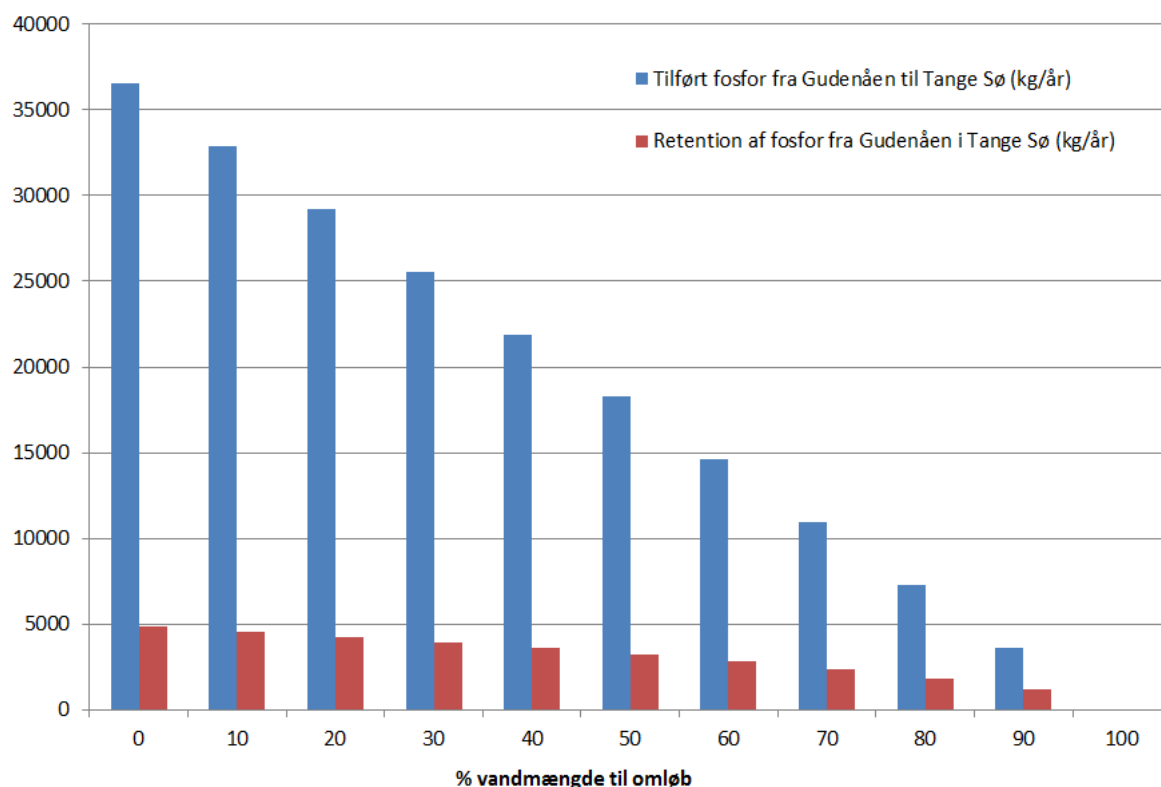
Ud fra kendte parametre som årsmiddelvandføring, middeldybde, areal og fosforindløbskoncentration kan der med en empiriske sømodel (Vollenweider) beregnes en retention i søen ved forskellige fordelinger af vandføringen imellem et omløb og Tange Sø.

Tabel 7 Baggrundsdata for Tange Sø, uddrevet fra /4/ og /5/

Areal	541 ha
Middeldybde	2,8 m
P – indløbskoncentration	56 µg/l
Årsmiddelvandføring	20,5 m ³ /s

Tange Sø er ikke i balance med den interne fosforpulje. Hvis den største del af vandføringen ledes uden om Tange Sø, vil der opstå en situation, hvor den interne belastning i Tange Sø vil have en større betydning for fosforkredsløbet i søen.

Vollenweider er udviklet for søer i ligevægt og er, hvad fosfor angår, ikke god til at beskrive en tilstand efter en belastningsreduktion, hvor den interne fosforbelastning fra sedimentet kan være høj. Dog er modellen en god indikation på, hvordan den nye fordeling af vand vil påvirke retentionen af fosfor i Tange Sø og dermed udledningen mod Randers Fjord.



Figur 26 Fosfortilførsel til Tange Sø og retention ved forskellige vandfordelinger

Det fremgår af Figur 26, at der under de nuværende forhold beregnes en tilførelse på ca. 36.000 kg P og en retention på ca. 4.800 kg P/år. Det stemmer overens med de tidligere beregnede værdier i 2014 (Tabel 4-2 /4/). Anvendes Vollenweiders sømodel for fosforkoncentration, beregnes det, at der ved en fordeling på eksempelvis 90 % til omløbet og 10 % til Tange Sø er en retention i Tange Sø på ca. 33 % svarende til, at der fjernes 1.190 kg P/år. Dette er en reduktion i fosforfjernelsen på 3.652 kg P/år, hvilket altså betyder, at der vil blive ledt godt 3,6 tons mere fosfor til Randers Fjord pr. år. Som angivet tidligere er afskæringsværdien for Randers Fjord 1.000 kg P/år. Hvis denne værdi skal overholdes, og der ikke tages højde for andre projektiltag med merudledning i oplandet til Randers Fjord, vil der kunne ledes godt 30 % af vandmængden til omløbsstryget. Denne løsning vil medføre en merudledning på knap 900 kg P/år.

Det skal til fosforproblematikken bemærkes, at der tidligere (Model A og /5/) er foretaget beregninger ud fra en forventning om en retention af fosfor på 22 % ved baseline. Derfor er de retentioner, som præsenteres i Figur 26 væsentligt lavere end for Model A.

Samtidig skal det bemærkes at Tange Å, som ved kvælstofberegningen, ikke indgår i beregningen. Ved at lede en delmængde fra Gudenåen udenom Tange Sø og dermed øge opholdstiden i Tange Sø fjernes der en større andel af det tilførte fosfor fra Tange Å.

9.4 Miljømål

9.4.1 Fisk

Ved Model B skabes der en markant forbedret faunapassage i opstrøms retning. Det er dog uvist om det resterende søbassin mellem Ansbro og Kongensbro kan påvirke nogle arters vandring, som f.eks. ål og flod- og havlampret negativt, ligesom det kan være en udfordring for nogle arter at passere delstrækningen på ca. 1,5 km med ca. 5 ‰ fald. For den nedstrøms passage vil der stadig være en markant udfordring i form af det bevarede søbassin og vandfordelingen mellem Tange Sø nedstrøms Ansbro og det nye forløb af Gudenåen øst for Tange Sø.

Hovedparten af det nye forløb af Gudenåen (ca. 5 km) vil få naturlige faldforhold, som kan tilgode disse fiskefaunaen i forhold til gydning og opvækst og kan blive en betydelig strækning i forhold til gydning for laks, havørreder og sandsynligvis flod- og havlampretter. Den nederste del, som skal etableres med ca. 5 ‰ fald, vil ikke være egnet som gydeområde for f.eks. laks, ørred og lampretter som følge af for høje vandhastigheder.

Etablering af et fordelingsbygværk ved Ans Bro vil lede en delvandmængde af årsmiddelvandføringen ind i Tange Sø nedstrøms herfor.

Den nuværende tilstand på strækningen nedstrøms Tangeværket er ukendt, men det må forventes, at Model B vil øge den samlede produktion af fisk i Gudenåen, primært som følge af produktion på den nye strækning, og at en del vil indfinde sig på strækningen nedstrøms og medvirke til målopfyldelse i forhold til DFFVa. Model B vil i nogen udstrækning medføre, at de forhøjede vandtemperaturer om sommeren og den organiske belastning mindskes til gavn for fisk på strækningen nedstrøms Tange Sø.

På den nye strækning af Gudenåen fra Ansbro til nedstrøms for Tangeværket vil der forventes at kunne opnås målopfyldelse i forhold til DFFVa og i forhold til DFFVø.

På strækningen fra Silkeborg Langsø og til Kongensbro er den eksisterende tilstand ukendt, men det vurderes, i lighed med hvad DTU Aqua tidligere har vurderet, at der vil være basis for målopfyldelse i forhold til DFFVa /14/. Der kan ikke forventes målopfyldelse i forhold til DFFVø, hverken i hovedløbet eller tilløb, da der ikke vil være basis for en øget produktion af ørreder (eller laks) som følge af, at der stadig vil være en betydelig – og sandsynligvis uændret – høj smoltdødelig-

hed i Tange Sø. Den kortere afstand fra Kongensbro og til et nyt forløb af Gudenåen ved Ansbro vil med overvejende sandsynlighed ikke give anledning til en lavere smoltdødelighed /13/.

Model B vil ikke forbedre forholdene for Tange Å, som fortsat vil have udløb i Tange Sø.

9.4.2 Smådyrsfauna

Smådyrsfaunaen vil ved Model B få en forbedret vandringsvej i op- og nedstrøms retning i Gudenåen ved Tange Sø. Den nedstrøms vandring må antages at være uændret ved bevarelse af søen mellem Kongensbro og Ansbro. Denne faktor er dog af mindre betydning for målopfyldelsen af denne parameter. Ved at føre en større del af Gudenåens vandføring udenom Tange Sø vil den organiske belastning af strækningen nedstrøms Tangeværket mindskes væsentligt, og vandtemperaturen vil om sommeren ikke blive kritisk høj, som tilfældet kan være nu, og den nuværende moderate tilstand kan forventes forbedret.

I et nyt forløb af Gudenåen fra Ansbro til nedstrøms Tangeværket vil der være gode fysiske forhold for smådyrsfaunaen, og målopfyldelse må forventes.

På strækningen fra umiddelbart nedstrøms Kongensbro og opstrøms til Sminge Sø er der i dag en god økologisk tilstand, hvilket må forventes også at være tilfældet i fremtiden. Den moderate økologiske tilstand mellem Silkeborg Langsø og Sminge Sø vurderes at skyldes belastning fra Silkeborg Langsø og vil ikke ændres ved etablering af model B.

9.4.3 Vandplanter

På baggrund af de foreliggende data er det ikke muligt at pege på hvilke faktorer, der bevirker, at miljøtilstanden for dette element er ringe nedstrøms for Tange Sø og moderat/ringe opstrøms for Tange Sø.

Det vurderes dog, at Model B ikke vil forringe eller forbedre den eksisterende tilstand hverken op- eller nedstrøms for Tange Sø. For det nye forløb af Gudenåen vil de fysiske forhold være gunstige for etablering af et varieret plantesamfund, som kan opfylde miljømålet. Udefrakommende påvirkninger som f.eks. vandløbsvedligeholdelse vil dog have en betydning for om målet opnås.

9.5 Levedygtig bestand af laks og havørred

Ved bevarelse af søbassinet mellem Kongensbro og Ansbro vil den betydelige smoltdødelighed stort set være uændret, og der er ikke skabt grundlag for en selvreproducerende bestand af laks eller havørred opstrøms Tange Sø. DTU Aqua har anslået smoltdødeligheden i Tange Sø opstrøms Ans Bro til at være mindst 80 % /14/ i en vurdering af den tidligere foreslåede Model 4D, som ligner Model B.

Etablering af et ca. 5 km nyt forløb af Gudenåen vil kunne bidrage med en betydelig produktion af ørred. DTU Aqua har estimeret en resulterende årlig opgang af havørreder til at være ca. 2.000 stk. ved Model 4D /14/. Produktionen af laks vil være lavere som følge af en større dødelighed i havet, men det vurderes, at der vil kunne opretholdes en mindre laksebestand som følge af det nye forløb af Gudenåen.

9.6 Tangeværket

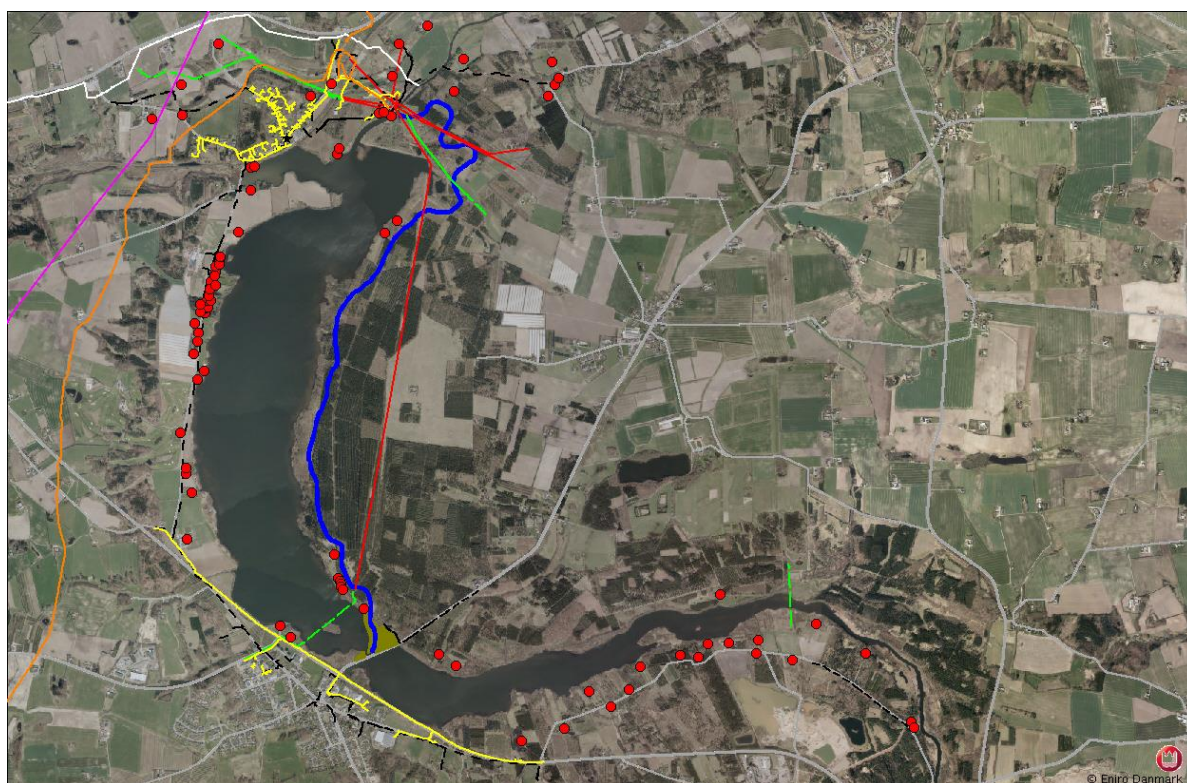
Tangeværket vil ikke kunne fortsætte sin nuværende drift. Der vil i stedet være mulighed for museumsdrift, hvor Tangeværket kan indgå som en del af Energimuseet.

Det er ikke defineret, hvordan museumsdriften kan forløbe, og hvilket vandbehov der vil være i denne situation. Det vurderes dog, at Tangeværket alene med en vandtilførsel fra Tange Å vil være i stand til at køre den nødvendige museumsdrift.

9.7 Tekniske anlæg

Ved gennemførelse af Model B er der en række tekniske anlæg, som skal krydses, og hvor der vil være behov for afværgetiltag.

På Figur 27 ses Model B sammen med de udvalgte større ledningsanlæg, veje og ejendomme.

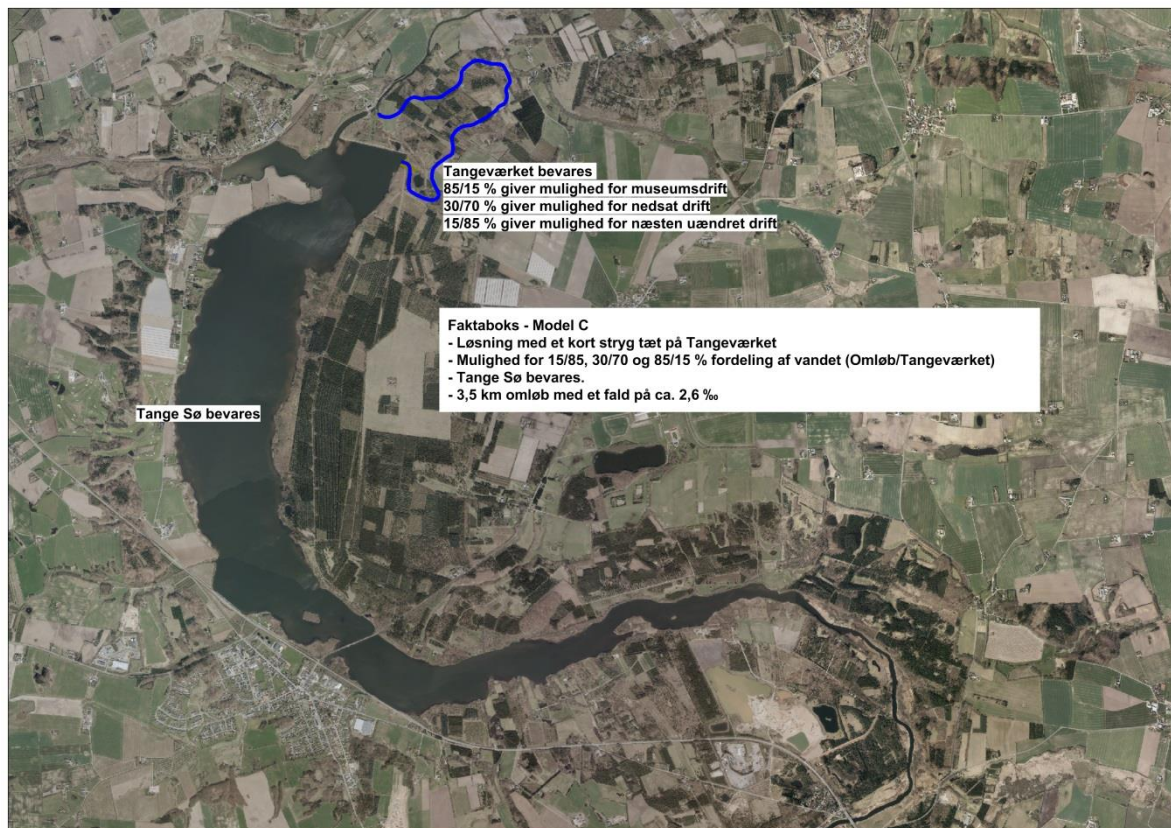


Figur 27 Udvalgte ledninger og ejendomme. Gul er HMN-gasledninger, rød er 60kV luftledninger, sort er 10kV el-ledninger, grøn er 60 el-ledninger, orange er en 150kV ledning, lyserød er en 400 kV luftledning, og hvid mod nord er en spildevandsledning fra Arla Foods, Rødkærbro Mejeri. Røde cirkler er udvalgte ejendomme. ©Geodatastyrelsen ©Krak

Forløbet af Model B er i store træk det samme som skitseret nedenfor Ans Dæmningen i Model A. Derfor vil det også være de samme tekniske anlæg, som påvirkes på strækningen ned mod udløbet i Gudenåen. Nord for Ans Dæmningen ligger en række ejendomme, som med Model B skal sikres en ny adgangsvej over omløbet fra Frisholtvej. På øst siden af Tange Sø er der en 60 kV luftledning, hvor det skal sikres, at de eksisterende master ikke påvirkes. I den nordøstlige ende af Tange Sø ligger to ejendomme. Omløbet føres øst om disse ejendomme, og der skal sikres en fremtidig adgang til disse. I det videre forløb inden udløbet til Gudenåen krydses en 60 kV el-ledning to gange, ligesom der også skal tages højde for en 60 kV luftledning på denne strækning.

10. LØSNINGSFORSLAG – MODEL C

Løsningsforslag – Model C er vist på Bilag 6 og på Figur 28



Figur 28 Løsningsforslag – Model C, fremgår også af Bilag 6.

10.1 Beskrivelse af model C – Kort omløbsstryg i nordenden af Tange Sø

- Tange Sø – uændret i størrelse men med øget variation i vandspejl
- Ingen målpyldelse for fisk opstrøms Tange Sø
- Ingen levedygtige bestande af laks og havørred opstrøms Tange Sø
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 3,5 km nyt forløb
- Bundbredde på ca. 30-40 m
- 2,6 ‰ fald
- Vandfordeling Tange Sø-Gudenå
- Forbedret opstrøms passage
- Passage af søbassin – ringe passage i nedstrøms retning (med sikkerhed for smolt)
- Mulighed for produktion i nyt forløb
- Ingen påvirkning af vandkvaliteten i Tange Sø
- Ingen øget tilførsel af N og P til Randers Fjord

Model C omfatter et kort udløbsstryg fra nordenden af Tange Sø. Omløbet etableres i et forløb, som føres i et slyng mod nord, inden det drejes mod vest og syd til udløb i Gudenåen nedenfor Tangeværket.



Figur 29 Omløbsstryg – Model C, som føres i et 3,5 km forløb nordøst om Tangeværket.

Sammenlignet med tidligere korte versioner af udløbsstryget /6/ er omløbet forlænget for at reducere faldet på omløbet.

Udløbet fra Tange Sø kommer til at ske umiddelbart syd for frislusen og videre i et forløb, som ifølge de historiske kort bestod af en lavning før etableringen af Tange Sø. Ca. 500 m øst for Tange sø føres omløbet videre mod nord. Her krydser omløbsstryget en række adgangsveje, hvor der skal sikres fortsat adgang til et par ejendomme nordøst for Tangeværket. Inden omløbet krydser Skibelund Bæk føres det i en bue mod nordvest og herfra i et forløb mod sydvest til udløb i det gamle forløb af Gudenåen, som i dag fungerer som afløbet fra frislusen. I en detailprojektering skal det vurderes, om Skibelund Bæk skal ledes til omløbet eller bevare sit nuværende udløb i Gudenåen.

Da omløbsstryget først etableres helt nedstrøms ved selve Tangeværket, så har der i processen været overvejelser om, hvorvidt der kunne etableres en forbedring af forholdene for nedstrøms migrerende fisk ved eksempelvis at etablere et "gardin" eller net på tværs af søen (fra odden i vest og til omløbsstrygets start i den østlige bred af Tange Sø). Metoden anvendes ved en række forskellige vandkraftsøer i USA, men er en relativt dyr og vedligeholdelseskrævende metode. Samtidig er effekten begrænset, og da udfordringen i forhold til at skabe levedygtige bestande af ørred og laks ved Model C primært er, at den relativt lange stuvningszone på ca. 13 km bevares, så er der ikke valgt at arbejde videre med etablering af et lede-net.

Muligheden for kanosejlads imellem Gudenåen og Tange Sø vil være uændret. Der skabes med projektet en ny mulighed for at sejle ned igennem stryget forbi Tangeværket.

10.2 Hydrauliske forhold

10.2.1 Fordeling af vand imellem stryg og Tange Sø

Fordelingen af vand imellem stryget og Tangeværket skal bestemmes ud fra det fremtidige behov ved Tangeværket. For at sikre at omløbet har en funktion og skaber forbedrede forhold, bør der sikres en markant vandføring på $> 80\%$ af vandføringen, så den opstrøms migration vil forbedres. Tidligere er der regnet på fordelinger med hhv. 15, 30 og 85 % af vandet til omløbet i et kortere stryg.

Den endelige fordeling kan fastlægges, når der er bedre kendskab til Tangeværkets behov for vand i en situation, hvor værket overgår til museumsdrift.

Udløbet til omløbet vil ske igennem et åbent vandløbsprofil, som over en kort strækning har et begrænset fald, således at vandspejlet påvirkes mindst muligt i Tange Sø.

10.2.2 Faldforhold og dimensioner

Omløbet er, med sit forløb i en bue mod nord, 3,5 km langt. Der vil således være et gennemsnitligt fald på ca. 2,6 ‰ i omløbet.

Bundbredden i omløbet skal være ca. 30-40 m afhængig af den endelige fordeling af vandføringen. Vælges der en markant mindre fordeling af vand til omløbet end anbefalet, skal bredden reduceres tilsvarende.

10.2.3 Vandstande opstrøms (Kongensbro) og nedstrøms (Bjerringbro)

Her vil der være stort set samme forhold som ved Model B.

På de strækninger, hvor Gudenåen ikke er påvirket af opstemningen fra Tangeværket medfører den naturlige variation i vandføringen også en naturlig variation i vandspejlet. For at opnå denne dynamik i omløbet vil vandspejlet i søen kunne variere med op til 40 cm /3/.

Med den skitserede løsning vil der ved Kongensbro være uændrede forhold ved de store vandføringer, mens der ved små vandføringer vil være et lille fald i vandspejlet.

DHI har i 2016 foretaget beregninger på, om det har konsekvenser for den nedstrøms strækning omkring Bjerringbro, såfremt hele vandføringen eller dele heraf ledes udenom Tange Sø. DHI kunne ikke påvise en effekt af dette, og der var således uændrede forhold nedstrøms uanset, hvilken fordeling af vand der blev regnet på /15/.

I perioder har Tangeværkets drift haft indflydelse på vandspejlet på den nedstrøms strækning. Dette kan bl.a. ses i forbindelse med turbinestop og før 2015 i større daglige udsving, som dog i 2015 og 2016 kun opleves i mindre omfang. Disse udsving vil ikke længere forekomme nedenfor Tangeværket ved gennemførelse af Model C, hvor størstedelen af vandføringen ledes udenom Tange Sø.

10.3 Tange Sø

10.3.1 Vandstand

I Tange Sø vil der være de samme vandspejlsforhold som ved Model B.

Tange Sø bevares i højere grad end i Model B i sin nuværende størrelse fra Tangeværket og op til hvor stuvningszonen ophører tæt ved Kongensbro. Da størstedelen af vandføringen forventes ledt igennem det nye omløb, så vil det ikke længere være stemmekoten ved Tangeværket, men dimensionerne i omløbet, som bestemmer vandspejlet i Tange Sø. Dette betyder, at vandspejlet i

højere grad end i dag vil variere som følge af variationen i vandføringen i Gudenåen. Variationen vil være ca. 40 cm sammenlignet med vandspejlet i dag /6/.

Udsvinget i vandspejlet kan reduceres ved at etablere en bred overløbskant, tilsvarende den som er udført i Odense Å, og som er beskrevet under Model B. Med sådan en løsning vil man kunne fastholde et uændret vandspejl i Tange Sø. Denne løsning har dog vist sig at være ret problematisk for smoltens nedtrækning, hvorfor løsningen normalt ikke anbefales. I Model C vil man dog kunne argumentere for at smoltens nedtrækning allerede er stærkt udfordret, idet at de skal trække ned igennem hele Tange Sø. Etableringen af en overløbskant vil derfor formentlig ikke kunne gøre forholdene værre, end de allerede er ved Model C. Dog skal man være opmærksom på, at et reduceret udløbsprofil kombineret med en fast overløbskant potentielt kan give forhøjede vandspejle opstrøms mod Kongensbro, såfremt der ikke samtidig reguleres i vandspejlskoten ved at lede vand ud ved Tangeværket /3/.

10.3.2 Vandkvalitet og næringsstoffer (fosfor og kvælstof)

Tange Sø gennemstrømmes i dag af hele Gudenåens vandføring, som ledes ud igennem turbinerne ved Tangeværket. Ved gennemførelse af Model C vil den eksisterende situation ikke ændres væsentligt, idet omløbet placeret med udløb fra Tange Sø i søens nordlige ende umiddelbart øst for indløbskanalen til Tangeværket.

Gennemførelsen af Model C vil således ikke påvirke Tange Søes vandkvalitet. Samtidig vil tilbageholdelsen af kvælstof og fosfor ikke ændres.

10.4 Miljømål

10.4.1 Fisk

Den opstrøms passage i Gudenåen vil blive forbedret, men det afhænger i den sidste ende af hvilken vandfordeling, der vælges. Jo mere vand der ledes i det nye forløb, jo bedre vil passagen være.

Der kan være nogle arter, f.eks. lampretter, hvis vandringsmønstre er mindre godt kendte, som ikke vil opleve væsentlige forbedringer, fordi de stadig vil skulle passere den 13 km lange Tange Sø. Betydningen af Tange Sø i forhold til opstrøms passage er dog vanskelig at vurdere.

For den nedstrøms passage vil der kun være en forbedring i, at der nu, afhængigt af vandfordelingen, vil ledes en væsentligt større vandmængde i faunapassagen i forhold til nuværende maksimalt 600 l/s. Dette løser dog ikke problemet i forhold til passage af den 13 km lange Tange Sø, hvor der særligt for smolt af laks og havørred vil være en dødelighed på mindst 85 % /12/, /13/.

Det nye forløb af Gudenåen (ca. 3,5 km) vil få faldforhold, som ikke er naturlige for strækningen, men som muligvis kan tilgodese dele af fiskefaunaen som for laks, havørreder og sandsynligvis flod- og havlampretter i forhold til gydning og opvækst. På den nye strækning af Gudenåen kan der muligvis opnås målopfyldelse i forhold til DFFVa og i forhold til DFFVØ.

Den nuværende tilstand på strækningen nedstrøms Tangeværket er ukendt, men det må forventes, at Model C i mindre omfang vil øge den samlede produktion af fisk i Gudenåen, primært som følge af produktion på den nye strækning, og at en del vil indfinde sig på strækningen nedstrøms og medvirke til målopfyldelse i forhold til DFFVa. Model C vil ikke medføre, at de forhøjede vandtemperaturer om sommeren og den organiske belastning mindskes væsentligt til gavn for fisk på strækningen nedstrøms Tange Sø.

På strækningen fra Silkeborg Langsø og til Kongensbro er den eksisterende tilstand ukendt, men det vurderes, at der vil være basis for målopfyldelse i forhold til DFFVa. Der kan ikke forventes

målopfyldelse i forhold til DFFVØ, hverken i hovedløbet eller tilløb, da der ikke vil være basis for en øget produktion af ørreder (eller laks) som følge af, at der stadig vil være en uændret høj smoltdødelighed i Tange Sø.

Model C vil ikke forbedre forholdene for Tange Å, som fortsat vil have udløb i Tange Sø.

10.4.2 Smådyrsfauna

Model C vil ikke have nogen indflydelse på smådyrsfaunaen opstrøms for Tange Sø.

Da hele Gudenåens vandføring skal passere gennem Tange Sø, så vil der ikke være forbedrede forhold nedstrøms Tangeværket i form af lavere vandtemperaturer eller mindre organisk belastning, og Model C vil ikke forbedre forholdene for smådyrsfaunaen og medvirke til målopfyldelse.

Det vurderes, at vandkvaliteten umiddelbart efter udløbet af Tange Sø kan betyde, at der trods de væsentligt bedre fysiske forhold i det nye forløb ikke kan forventes målopfyldelse for smådyrsfaunaen.

På strækningen fra umiddelbart nedstrøms Kongensbro og til Sminge Sø er der i dag en god økologisk tilstand målt på smådyrsfaunaen, hvilket må forventes også at være tilfældet i fremtiden. Den moderate økologiske tilstand mellem Silkeborg Langsø og Sminge Sø vurderes at skyldes belastning fra Silkeborg Langsø og vil ikke ændres ved etablering af model C.

10.4.3 Vandplanter

På baggrund af de foreliggende data er det ikke muligt at pege på hvilket faktorer, der bevirker, at miljøtilstanden for dette element er ringe nedstrøms for Tange Sø og moderat/ringe opstrøms for Tange Sø.

Det vurderes dog, at Model C ikke vil forringe eller forbedre den eksisterende tilstand hverken op- eller nedstrøms for Tange Sø. For det nye forløb af Gudenåen vil de fysiske forhold i nogen grad være gunstige for etablering af et varieret plantesamfund, som kan opfylde miljømålet, dog kan vandhastigheden som følge af det relativt høje gennemsnitlige fald have en betydning for etablering af plantesamfund. Udefrakommende påvirkninger som f.eks. vandløbsvedligeholdelse vil dog have en betydning for om målet opnås.

10.5 Levedygtig bestand af laks og havørred

Ved Model C bevares hele søbassinet mellem Tangeværket og Kongensbro. Der vil derfor være den samme betydelige smoltdødelighed i Tange Sø som ved de eksisterende forhold. Afhængigt af vandfordelingen kan eventuelle smolt, som finder ned til Tangeværket, have lettere ved at finde det nye stryg i forhold til den eksisterende ungfiskesluse/fisketrappe, men antallet vurderes at være så lavt, at det er uden betydning for den samlede bestand. Der vil derfor ikke skabes grundlag for naturlige og levedygtige bestande af laks eller havørred opstrøms Tange Sø.

Etablering af et ca. 3,5 km nyt forløb af Gudenåen vil i et vist omfang kunne bidrage med en produktion af ørred og laks, men det afhænger af, hvorvidt der kan opnås passende vandhastigheder i det nye forløb, hvor faldet er væsentligt højere end det naturlige for strækningen.

10.6 Tangeværket

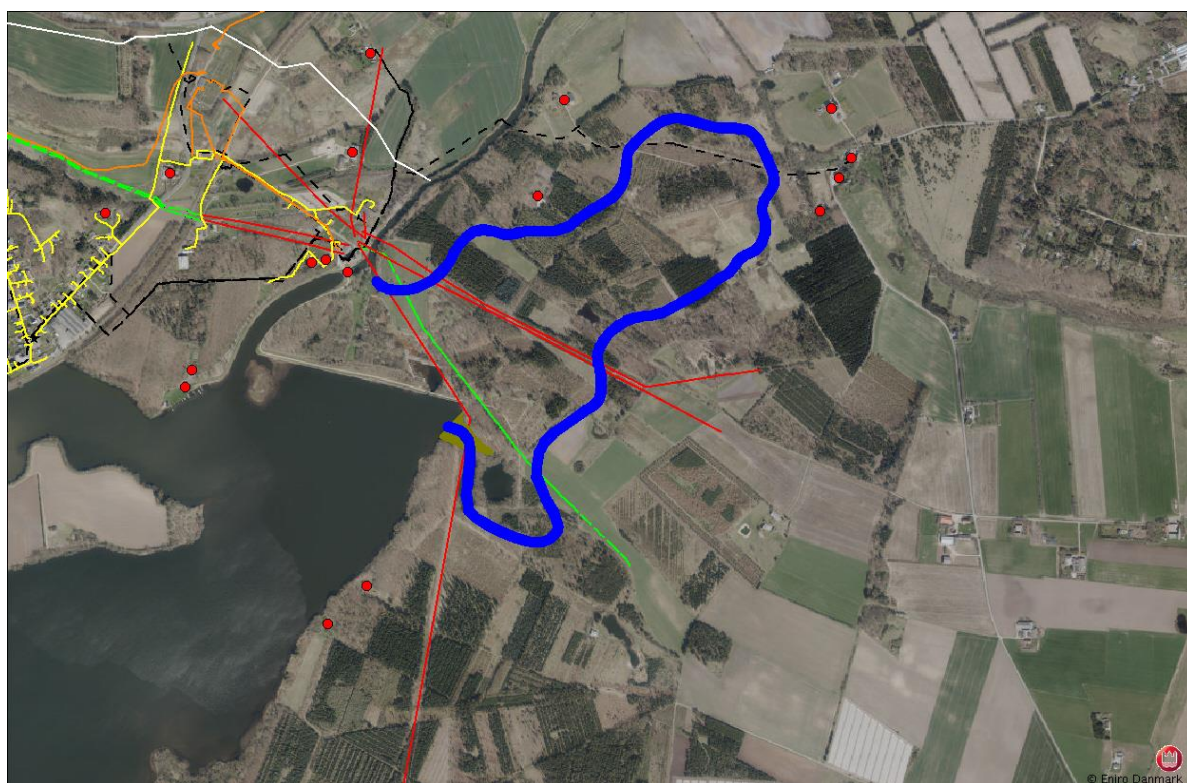
Hvis størstedelen af vandføringen ledes igennem omløbet og udenom turbinerne, vil Tangeværket ikke kunne fortsætte sin nuværende drift. Der vil i stedet være mulighed for museumsdrift, hvor Tangeværket kan indgå som en del af Energimuseet.

Det er ikke defineret, hvordan museumsdriften kan forløbe og hvilket vandbehov, der vil være i denne situation. Det vurderes dog, at Tangeværket med en fordeling på 10 % vil være i stand til at køre den nødvendige museumsdrift.

10.7 Tekniske anlæg

Ved gennemførelse af Model C er der en række tekniske anlæg, som skal krydses, og hvor der vil være behov for afværgetiltag.

På Figur 30 ses Model C sammen med de udvalgte større ledningsanlæg, veje og ejendomme.

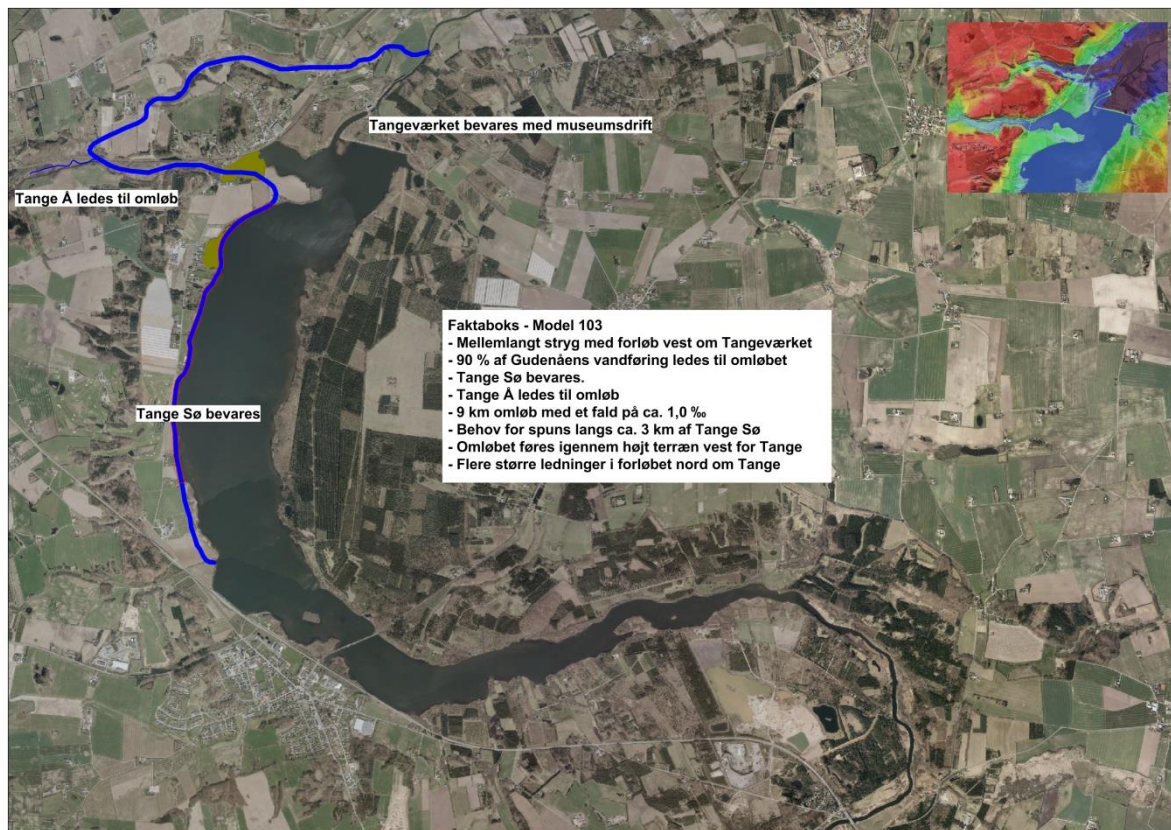


Figur 30 Udvalgte ledninger og ejendomme. Gul er HMN-gasledninger, rød er 60kV luftledninger, sort er 10kv el-ledninger, grøn er 60 el-ledninger, orange er en 150kV ledning, lyserød er en 400 kV luftledning, og hvid mod nord er en spildevandsledning fra Arla Foods, Rødkærsbro Mejeri. Røde cirkler er udvalgte ejendomme. ©Geodatastyrelsen ©Krak

Ved Model C, som er den korteste løsning, krydses 60 kV luftledningen et par gange. Det skal her sikres, at forløbet tilpasses, så masterne for ledningen ikke påvirkes af udgravningen af det nye omløb. Et 60 kV elkabel krydses to gange i omløbet. Mod nord krydses et 10 kV elkabel to gange, inden omløbet igen føres mod syd. Omløbet vil afskære adgangsvejen til de to ejendomme nord-vest for omløbet, som ligger ud mod Gudenåen. Det foreslås at etablere én ny adgangsvej til disse to ejendomme fra nord, således at to nye broer over omløbet kan undgås.

11. LØSNINGSFORSLAG – MODEL D

Løsningsforslag – Model D er vist på Bilag 7 og på Figur 31



Figur 31 Løsningsforslag – Model D, fremgår også af Bilag 7.

11.1 Beskrivelse af model D – Mellemlangt omløbsstryg med indløb nord for Ans og et forløb vest om Tangeværket

- Tange Sø – uændret i størrelse men med øget variation i vandspejl
- Ingen målopfyldelse for fisk opstrøms Tange Sø
- Ingen naturlige og levedygtige bestande af laks og havørred opstrøms Tange Sø
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 9 km nyt forløb
- Bundbredde på ca. 40 m
- 1 ‰ fald
- Vandfordeling Tange Sø-Gudenå
- Forbedret opstrøms passage
- Passage af søbassin – ringe passage i nedstrøms retning (med sikkerhed for smolt)
- Mulighed for produktion i nyt forløb
- Ingen påvirkning af vandkvaliteten i Tange Sø
- Øget tilførsel af N og P til Randers Fjord

Model D er et omløbsstryg, som startes i søens vestlige side umiddelbart nord for Ans, hvor Skelbæk i dag har udløb i Tange Sø. Herfra føres omløbet i kanten af Tange Sø mod nord. Over en samlet strækning på ca. 3 km skal der i søens vestlige side tages hensyn til eksisterende bebyggelse, og omløbet skal her opbygges ude i Tange Sø. Opbygningen sker med en sætning af spuns, således at det ca. 40 m brede omløb kan placeres i søkanten som et nyt element imellem ejendommene og Tange Sø. Det giver mulighed for at skabe nye rekreative områder med ad-

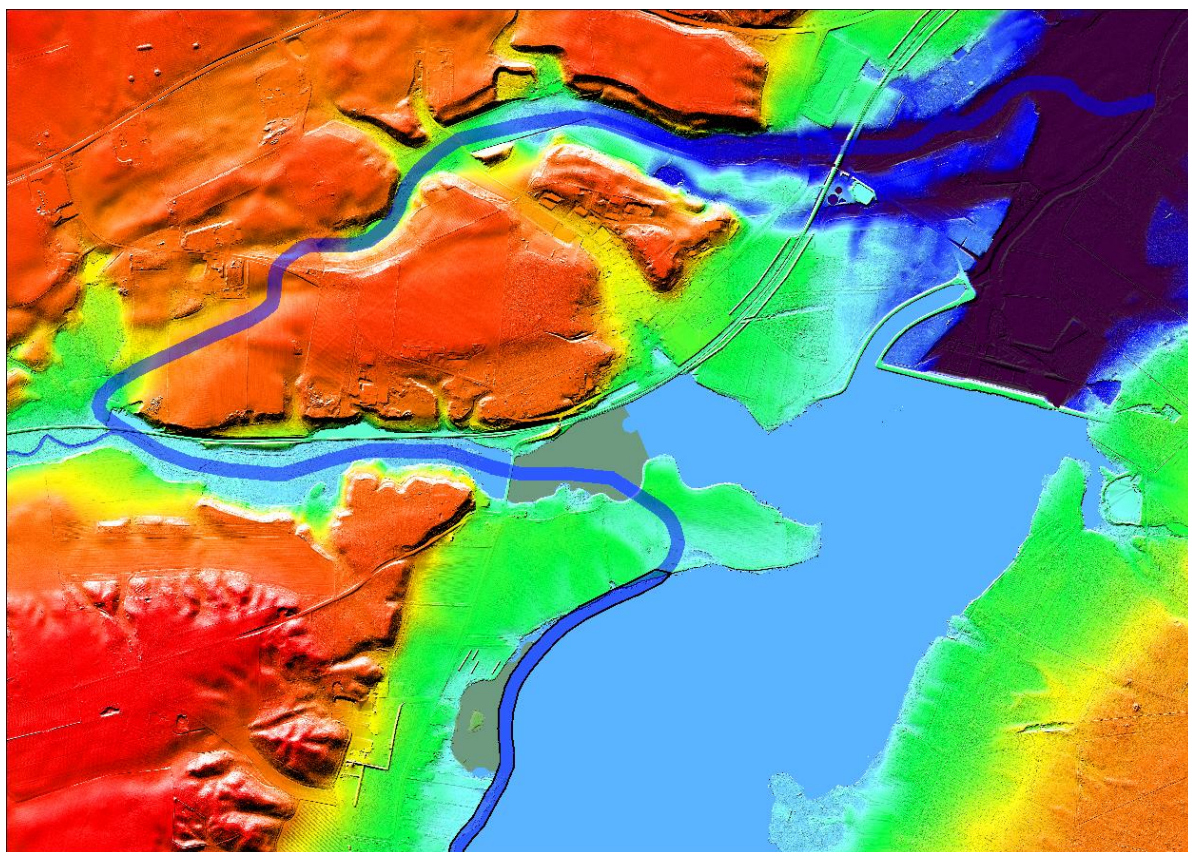
gangsbro over omløbet for at skabe adgang til søen. Samtidig kan der etableres pladser, hvor kanoer og kajaker kan sættes i vandet og herfra sejle nedad i omløbet til strækningen nedenfor Tangeværket. I vestsiden af Tange Sø foreslås det, at en vig med et samlet areal på ca. 4 ha tilfyldes, således at den fremstår som eng.



Figur 32 Terræntilpasninger og arealpåvirkning af Tange Sø i nordvestlige ende.

Model D giver i højere grad end de øvrige Model B og C mulighed for at indtænke rekreative løsninger og et nyt samspil imellem Gudenåen, Tange Sø og Ans by på vestsiden af Tange Sø.

I nordenden af Tange Sø føres omløbet igennem halvøen imellem Gudenåens tidligere forløb og ådalen for Tange Å. Tange Sø skal i vigen mod Tange Å opfyldes, og der vil være mulighed for at skabe et nyt havnemiljø nord for omløbet, som kan erstatte det eksisterende miljø ved Tange Roklub, Tange Søvej 19. Tange Sø skal tilfyldes over et areal på ca. 5 ha, hvorigennem det nye omløb skal løbe. Herfra føres forløbet mod vest og igennem Tange Ådalen over en strækning på ca. 1,5-2,0 km.



Figur 33 Forløb af Model D i nordenden af Tange sø vist med højdemodellen som baggrund

Ca. 1 km vest for Tange Sø skal omløbet føres under jernbanen mod nord. Inden omløbet krydser jernbanen, løber Tange Å til omløbet, hvilket vil skabe fri passage i opstrøms og nedstrøms retning i Tange Å.

I forløbet mod nord vil omløbet først blive ført igennem forholdsvis højt terræn, hvor der kan være udfordringer i at få omløbet placeret i forhold til eksisterende ejendomme og højspændingsmaster. Omløbet vil her være en meget markant terrænændring med placering ca. 15-20 m under det eksisterende terræn over en strækning på ca. 800 m.

I forløbet frem imod udløbet i den eksisterende Gudenå krydses 4 veje, ligesom jernbanen krydses endnu engang. Der vil altså skulle etableres 4 nye broer ved vejene, ligesom det vil være nødvendigt at etablere 2 nye broer ved krydsningerne med jernbanen.

Muligheden for kanosejlads imellem Gudenåen og Tange Sø vil være uændret. Der skabes med projektet en ny mulighed for at sejle ned igennem stryget forbi Tangeværket.

11.2 Hydrauliske forhold

11.2.1 Fordeling af vand imellem stryg og Tange Sø

Fordelingen af vand imellem stryget og Tangeværket vil skulle bestemmes ud fra det fremtidige behov for museumsdrift ved Tangeværket. For at sikre at omløbet har en funktion og skaber forbedrede forhold, bør der sikres en markant vandføring på > 80 % af vandføringen i Gudenåen, således den opstrøms migration vil forbedres.

Den endelige fordeling af vand kan fastlægges, når der er bedre kendskab til Tangeværkets behov for vand i en situation, hvor værket overgår til museumsdrift.

Udløbet til omløbet vil ske igennem et åbent vandløbsprofil, som over en kort strækning har et begrænset fald således, at vandspejlet påvirkes mindst muligt i Tange Sø.

11.2.2 Faldforhold og dimensioner

Omløbet er i alt ca. 9 km langt og vil kunne etableres med et gennemsnitligt fald på ca. 1,0 ‰.

Bredden på omløbet vil være ca. 40 m, forudsat at størstedelen af Gudenåens vandføring ledes til omløbet.

11.2.3 Vandstande opstrøms (Kongensbro) og nedstrøms (Bjerringbro)

Her vil der være forhold som ved Model B og C.

På de strækninger, hvor Gudenåen ikke er påvirket af opstemningen fra Tangeværket, medfører den naturlige variation i vandføringen også en naturlig variation i vandspejlet. For at opnå denne dynamik i omløbet vil vandspejlet i søen kunne variere med op til 40 cm /3 /.

Med den skitserede løsning vil der ved Kongensbro være uændrede forhold ved de store vandføringer, mens der ved små vandføringer vil være et lille fald i vandspejlet.

DHI har i 2016 foretaget beregninger på, om det har konsekvenser for den nedstrøms strækning omkring Bjerringbro, såfremt hele vandføringen eller dele heraf ledes udenom Tange Sø. DHI kunne ikke påvise en effekt af dette, og der var således uændrede forhold nedstrøms uanset, hvilken fordeling af vand der blev regnet på /15/.

I perioder har Tangeværkets drift haft indflydelse på vandspejlet på den nedstrøms strækning. Dette kan bl.a. ses i forbindelse med turbinestop og før 2015 i større daglige udsving, som dog i 2015 og 2016 kun opleves i mindre omfang. Disse udsving, vil ikke længere forekomme nedenfor Tangeværket ved gennemførelse af Model D, hvor størstedelen af vandføringen ledes udenom Tange Sø.

11.3 Tange Sø

11.3.1 Vandstand

I Tange Sø vil der være de samme vandspejlsforhold som ved Model B og C, hvor der sker en fordeling af vandet i selve Tange Sø.

Tange Sø bevares stort set, som i Model B og C, i sin nuværende størrelse fra Tangeværket og op til stuvningszonen ophører tæt ved Kongensbro. Da størstedelen af vandføringen forventes ledt igennem det nye omløb, vil det ikke længere være stemmekoten ved Tangeværket, men dimensionerne i omløbet, som bestemmer vandspejlet i Tange Sø. Dette betyder, at vandspejlet i højere grad end i dag vil variere som følge af variationen i vandføringen i Gudenåen. Variationen vil være ca. 40 cm sammenlignet med vandspejlet i dag.

Udsvinget i vandspejlet kan reduceres ved at etablere en bred overløbskant, som beskrevet under Model B og C. Med sådan en løsning vil man kunne fastholde et mere eller mindre uændret vandspejl i Tange Sø. Denne løsning har dog vist sig at være ret problematisk for smoltens nedtrækning, hvorfor løsningen normalt ikke anbefales. I Model D vil man dog kunne argumentere for at smoltens nedstrøms migration allerede er stærkt udfordret ved, at de skal trække ned igennem store dele af Tange Sø. Etableringen af en overløbskant vil derfor formentlig ikke kunne gøre forholdene værre, end de allerede er ved Model D. Dog skal man være opmærksom på, at et reduceret udløbsprofil kombineret med en fast overløbskant potentielt kan give forhøjede vandspejle opstrøms mod Kongensbro, såfremt der ikke samtidig reguleres i vandspejlskoten ved at lede vand ud ved Tangeværket /3/.

11.3.2 Vandkvalitet og næringsstoffer (fosfor og kvælstof)

Vandkvaliteten i Tange Sø vil ikke blive påvirket ved gennemførelse af Model D. Omløbets placering vil teoretisk påvirke gennemstrømningen af den nordlige del af søen. Det vurderes dog, at opblandingen i denne dybe del af søen i stor grad er styret af vindpåvirkning. Antages det, at der sker den samme opblanding af vand, som under de nuværende forhold, således at opholdstiden er uændret, vil søen ikke blive påvirket. Dette bør beregnes yderligere i forbindelse med en evt. forundersøgelse eller detailprojektering.

I Model D vil Tange Å blive ledt uden om Tange Sø, og dette kan potentielt give en bedre vandkvalitet i Tange Sø, da Tange Å har forholdsvis høje koncentrationer af kvælstof og fosfor. Tange Å leder årligt 183 tons kvælstof og 4,1 tons fosfor til Tange Sø, hvoraf hhv. 14 og 22 % tilbageholdes /4/. Denne mængde på 25 tons kvælstof og 0,9 tons P, som normalt omsættes i Tange Sø fra Tange Å om året, vil ved projektets gennemførelse blive ledt uden om Tange Sø og videre ned i systemet mod Randers Fjord. Den potentielle merudledning er dog under afskæringsværdien på 1.000 kg P/år for Randers Fjord og vil dermed ikke forværre miljøtilstanden i fjorden. Ved etablering af vådområder i oplandet til Randers Fjord, vil der kunne kompenseres for en eventuel merudledning som følge af omlægningen af Tange Å. I forhold til kvælstof vil det betyde, at der vil skulle skabes godt 200 ha vådområde i oplandet med en omsætningseffektivitet på 113 kg N/ha, for at kompensere for merudledningen.

11.4 Miljømål

11.4.1 Fisk

Ved Model D skabes der en forbedret faunapassage i opstrøms retning i Gudenåen. I lighed med Model B er dog uvist, om passage af det resterende søbassin kan påvirke nogle arters vandring, som f.eks. flod- og havlampret negativt. Den ca. 9 km lange strækning etableres med ca. 1 ‰ fald, som er tæt på naturlige forhold. For den nedstrøms passage vil der stadig være en markant udfordring i form af det bevarede søbassin og vandfordelingen mellem Tange Sø nedstrøms Ansbro og det nye forløb af Gudenåen vest for Tange Sø. Det vurderes, at nedtrækkende fisk vil have svært ved at lokalisere indløbet til forløbet, når nedtrækket sker som følge af beliggenheden ved den vestre søbred. Sandsynligvis vil den nedstrøms passage være dårligere end i Model B, hvor indløbet til det nye forløb sker umiddelbart efter gennemløbet ved Ansbro. Det er dog umiddelbart ikke muligt at kvantificere forskellen mellem Model B og D for den nedstrøms passage.

Det nye forløb af Gudenåen (ca. 9 km) vil få tilnærmelsesvist naturlige faldforhold, som kan tilgode fiskefaunaen i forhold til gydning og opvækst og kan blive en betydelig strækning i forhold til gydning for laks, havørreder og sandsynligvis flod- og havlampretter.

Den nuværende tilstand på strækningen nedstrøms Tangeværket er ukendt, men det må forventes, at Model D vil øge den samlede produktion af fisk i Gudenåen, primært som følge af produktion på den nye strækning, og at en del vil indfinde sig på strækningen nedstrøms og medvirke til målopfyldelse i forhold til DFFVa. Model D vil i lighed med Model B i nogen udstrækning medføre, at de forhøjede vandtemperaturer om sommeren og den organiske belastning mindskes til gavn for fisk på strækningen nedstrøms Tange Sø.

På den nye strækning af Gudenåen fra nedstrøms Ans by til nedstrøms for Tangeværket vil der forventes at kunne opnås målopfyldelse i forhold til DFFVa og i forhold til DFFVø.

På strækningen fra Silkeborg Langsø og til Kongensbro er den eksisterende tilstand ukendt, men det vurderes, i lighed med hvad DTU Aqua tidligere har vurderet, at der vil være basis for målopfyldelse i forhold til DFFVa /14/. Der kan ikke forventes målopfyldelse i forhold til DFFVø, hverken i hovedløbet eller tilløb, da der ikke vil være basis for en øget produktion af ørreder (eller laks)

som følge af, at der stadig vil være en betydelig – og sandsynligvis uændret – høj smoltdødelighed i Tange Sø. Den kortere afstand fra Kongensbro og til et nyt forløb af Gudenåen ved nedstrøms Ans By vil med overvejende sandsynlighed ikke give anledning til en lavere smoltdødelighed /13/.

Model D vil forbedre forholdene for Tange Å, som i fremtiden vil få udløb i det nye forløb af Gudenåen, og det må forventes, at der kan opnås målopfyldelse, både i henhold til DFFVa og DFFVø.

11.4.2 Smådyrsfauna

Smådyrsfaunaen vil ved Model D få en forbedret vandringsvej i op- og nedstrøms retning i Gudenåen ved Tangeværket i forhold til de eksisterende forhold, men bevarelse af søbassinet vil medføre, at der til stadighed må forventes en påvirkning af migrationen hos smådyr. Denne faktor er dog af mindre betydning for målopfyldelsen af denne parameter. Ved at nedsætte opholdstiden og lede en større del af Gudenåens vandføring udenom Tange Sø vil den organiske belastning af strækningen nedstrøms Tangeværket mindskes, og vandtemperaturen vil om sommeren ikke blive kritisk høj, som tilfældet kan være nu, og den nuværende moderate tilstand kan muligvis forbedres.

I et nyt forløb af Gudenåen fra nedstrøms Ans by til nedstrøms Tangeværket vil der være gode fysiske forhold for smådyrsfaunaen, og målopfyldelse må forventes.

På strækningen fra umiddelbart nedstrøms Kongensbro og til Sminge Sø er der i dag en god økologisk tilstand, hvilket må forventes også at være tilfældet i fremtiden. Den moderate økologiske tilstand mellem Silkeborg Langsø og Sminge Sø vurderes at skyldes belastning fra Silkeborg Langsø og vil ikke ændres ved etablering af model D.

11.4.3 Vandplanter

På baggrund af de foreliggende data er det ikke muligt at pege på hvilket faktorer, der bevirker at miljøtilstanden for dette element er ringe nedstrøms for Tange Sø og moderat/ringe opstrøms for Tange Sø.

Det vurderes dog, at Model D ikke vil forringe eller forbedre den eksisterende tilstand hverken op- eller nedstrøms for Tange Sø. For det nye forløb af Gudenåen vil de fysiske forhold være gunstige for etablering af et varieret plantesamfund, som kan opfylde miljømålet. Udefrakommende påvirkninger som f.eks. vandløbsvedligeholdelse vil dog have en betydning for om målet opnås.

11.5 Levedygtig bestand af laks og havørred

Ved bevarelse af søbassinet vil den betydelige smoltdødelighed bevares, og der er ikke skabt grundlag for en selvreproducerende bestand af laks eller havørred opstrøms Tange Sø. DTU Aqua har anslået smoltdødeligheden i Tange Sø opstrøms Ans Bro til at være mindst 80 % /14/ i en vurdering af den tidligere foreslåede Model 4D. Model 4D ligner Model B i nærværende rapport, og da muligheden for, at nedtrækkende smolt finder indløbet i Model D, sandsynligvis er ringere end ved Model B, så vil der ikke være skabt bedre grundlag for den nedstrøms passage.

DTU Aqua har estimeret en resulterende årlig opgang af havørreder til at være ca. 2.000 stk. ved Model 4D /14/. Etablering af et ca. 9 km nyt forløb af Gudenåen vil kunne bidrage med en betydelig produktion af ørred, sandsynligvis det dobbelte af Model 4D. Produktionen af laks vil være lavere som følge af en større dødelighed i havet, men det vurderes, at der vil kunne opretholdes en vis laksebestand som følge af det nye forløb af Gudenåen.

Model D vil skabe fri passage til Tange Å-systemet, som er af betydelig størrelse, og her vil det forventes, at der kan skabes selvreproducerende stammer af både laks og havørred.

11.6 Tangeværket

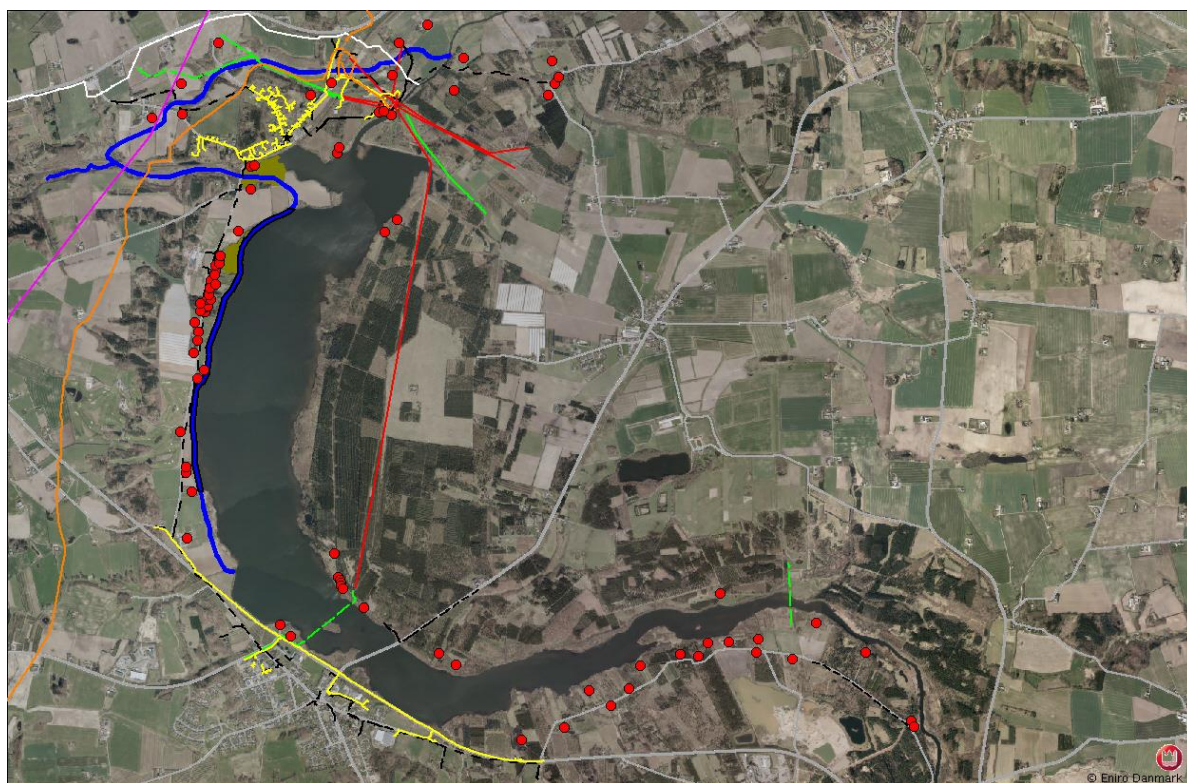
Hvis størstedelen af vandføringen ledes igennem omløbet og udenom turbinerne vil Tangeværket ikke kunne fortsætte sin nuværende drift. Der vil i stedet være mulighed for museumsdrift, hvor Tangeværket kan indgå som en del af Energimuseet.

Det er ikke defineret, hvordan museumsdriften kan forløbe og hvilket vandbehov, der vil være i denne situation. Det vurderes dog, at Tangeværket med en fordeling på 10 % vil være i stand til at køre den nødvendige museumsdrift.

11.7 Tekniske anlæg

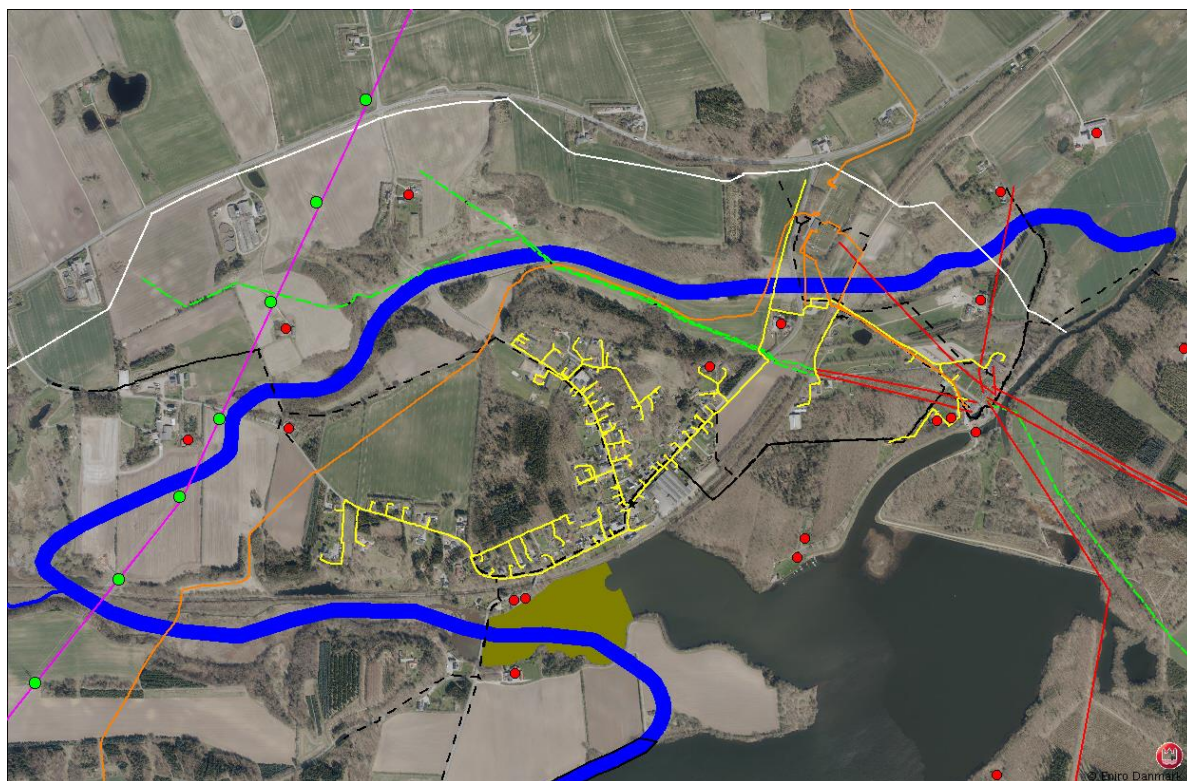
Ved gennemførelse af Model D er der en række tekniske anlæg, som skal krydses, og hvor der vil være behov for afværgetiltag.

På Figur 34 og Figur 35 ses Model D sammen med de udvalgte større ledningsanlæg, veje og ejendomme.



Figur 34 Udvalgte ledninger og ejendomme. Gul er HMN-gasledninger, rød er 60kV luftledninger, sort er 10kV el-ledninger, grøn er 60 el-ledninger, orange er en 150kV ledning, lyserød er en 400 kV luftledning, og hvid mod nord er en spildevandsledning fra Arla Foods, Rødkærsbro Mejeri. Røde cirkler er udvalgte ejendomme. ©Geodatastyrelsen ©Krak

I forløbet langs med vestsiden af Tange Sø er der en række boliger. Her etableres det nye omløb i kanten af Tange Sø, og det vil ikke direkte påvirke ejendommene. Der vil dog være en ændret adgang og nærhed til Tange Sø. Der skal derfor projekteres en række løsninger, som giver ejendommene fortsat adgang til Tange Sø. Der vil her også være mulighed for at skabe nye oplevelser med adgang til det nye omløb, som vil løbe forbi med et lavere vandspejl og en hurtigere vandhastighed. Dette kunne bl.a. være kajak- og kanosejlads, fiskeri mm.



Figur 35 Udvalgte ledninger og ejendomme. Gul er HMN-gasledninger, rød er 60kV luftledninger, sort er 10kv el-ledninger, grøn er 60 el-ledninger, orange er en 150kV ledning, lyserød er en 400 kV luftledning, og hvid mod nord er en spildevandsledning fra Arla Foods, Rødkærø Mejeri. Røde cirkler er udvalgte ejendomme. Grønne cirkler er master for 400 kV ledningen. ©Geodatastyrelsen ©Krak

I nordenden af Tange Sø føres omløbet mod vest op i Tange Ådalen. Omløbet krydser her broen ved Tange Søvej, hvor Tange Å i dag har sit udløb i Tange Sø. Der skal her etableres en ny bro, som i dimension passer med omløbet. I broen er der en 10 kV ledning, som også skal håndteres. Tilfyldningen i den vestlige side af Tange Sø vil påvirke bådepladserne ved Tange Roklub. Dette kan håndteres ved at etablere nye bådepladser nord for omløbet ud mod Tange Sø.

På strækningen syd for jernbanen skal det sikres, at det lavere vandspejl i omløbet ikke påvirker jernbanens stabilitet. På strækningen krydses omløbet af en 150 kV ledning. Ca. 1,5 km vest for Tange Sø skal jernbanen krydses, og der skal etableres en ny jernbanebro.

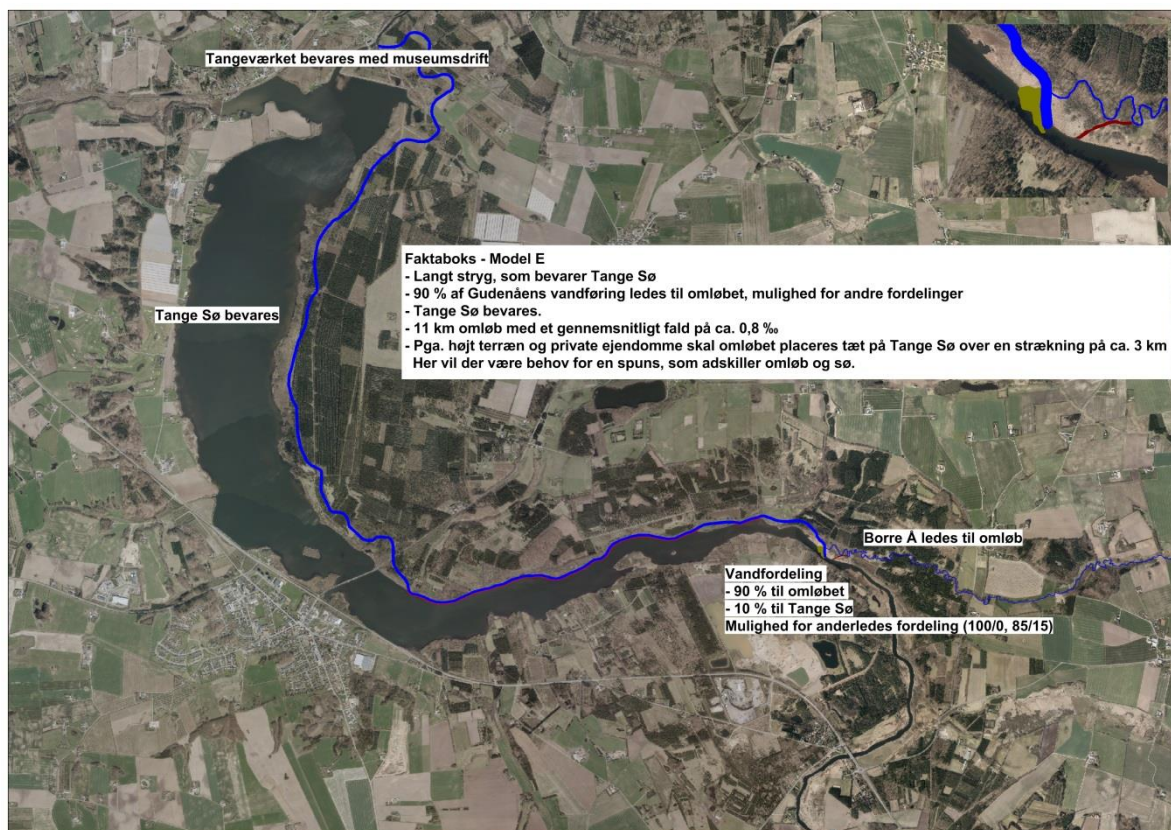
I forløbet nord for jernbanen mod nordøst skal det sikres, at masterne for den nord-syd gående 400 kV luftledning ikke påvirkes. Terrænet på denne strækning er forholdsvis højt sammenlignet med den nye vandløbsbund i omløbet. Det skal derfor sikres, at omløbet med sin placering og store oven-bredde ikke påvirker ejendommene hhv. øst og vest for omløbet. Der kan være behov for at arbejde med stejle skrånninger, som sikres med spuns for at reducere omløbets oven-bredde og påvirkningen af master og ejendomme.

I det videre forløb mod udløb i Gudenåen krydses hhv. Nørrehedevej og Husbondvej, og der skal her etableres en vejbro. På strækningen krydses en række ledninger, og særligt i området omkring Tangeværket er tætheden af elkabler stor. Der krydses bl.a. 10 kV el-kabel, 60 kV el-kabel, gasledning, 150 kV el-kabel og spildevandsledningen fra Rødkærø Mejeri.

Syd for Tangevej krydses jernbanen igen, og her skal der etableres en ny bro.

12. LØSNINGSFORSLAG – MODEL E

Løsningsforslag – Model E er vist på Bilag 8 og på Figur 36.



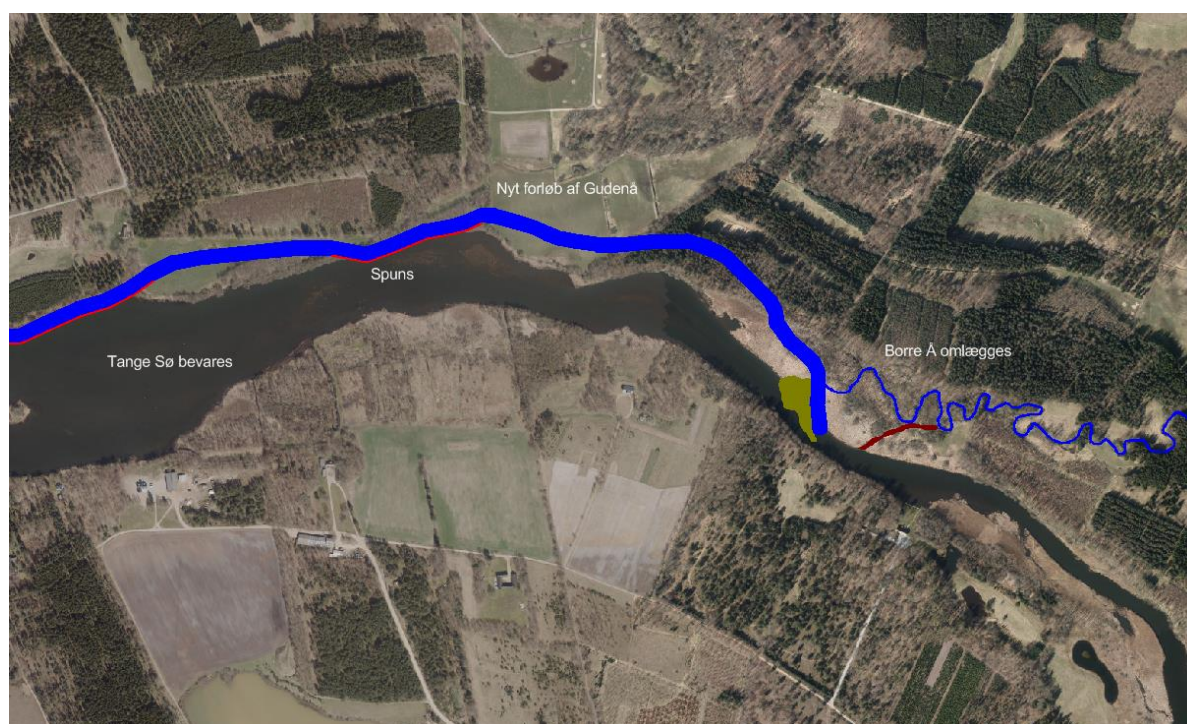
Figur 36 Løsningsforslag – Model E, fremgår også af Bilag 8.

12.1 Beskrivelse af model E – Langt omløbsstryg med et nyt forløb af Gudenåen fra Borre Å, som forløber nord for Tange Sø til udløb nedenfor Tangeværket

- Tange Sø – uændret i størrelse men med øget variation i vandspejl.
- Målopfyldelse for fisk, op- og nedstrøms samt i tilløb opstrøms Tange Sø
- Naturlige og levedygtige bestande af laks og havørred (betydelig produktion af laks og havørred)
- Mulighed for museumsdrift på Tangeværket
- 11 km nyt forløb
- Bundbredde 40-50 m
- Naturligt fald på 0,8 ‰
- Vandfordeling imellem Tange Sø (10 %) – Gudenå (90 %)
- Fri passage i op- og nedstrøms retning for hele vandløbsfaunaen
- Bedre forhold i Gudenåen nedstrøms Tange Sø
- Sandsynlig højere klorofyl koncentration i Tange Sø
- Merbelastning af Randers Fjord med N og P

Model E omfatter etableringen af et 11 km langt nyt forløb af Gudenåen. Forløbet påbegyndes umiddelbart efter tilløbet af Borre Å. Borre Å genskabes i et oprindeligt forløb, som kan erkendes i terrænet inden udløb til Gudenåen (illustreret på Figur 37). Borre Å sikres på den måde et nyt udløb direkte i det nye forløb af Gudenåen. Dermed sker tilløbet inden fordelingen af vandet imellem Gudenåen og Tange Sø, hvilket vil sikre en forbedret opgang og nedgang af gydefisk og smolt i Borre Å.

Over en samlet strækning på ca. 3 km skal der i søens nordøstlige side tages hensyn til eksisterende private haveanlæg/bebyggelse samt relativt højt terræn helt ud til sø-kanten. Det nye forløb skal her opbygges ude i Tange Sø. Opbygningen sker med en sætning af spuns, således at det ca. 40 m brede omløb kan placeres i sø-kanten som et nyt element imellem ejendomme/det høje terræn og Tange Sø. Spunsvæggen giver mulighed for at skabe nye rekreative områder og et samspil imellem Tange Sø og omløbet. Der kan bl.a. etableres gangbroer over omløbet for at skabe adgang til søen. Samtidig kan der etableres pladser, hvor kanoer og kajaker kan sættes i vandet både i søen, men også i omløbet, hvor man herfra kan sejle nedstrøms til strækningen nedenfor Tangeværket.



Figur 37 Skitsetegning af løsningen ved indløbet til omløbet og fordelingen af vand imellem Tange Sø og Gudenåen

På strækningen nedenfor Ans Dæmningen er det nye forløb af Gudenåen identisk med forløbet i Model A.

Langs med østsiden af Tange Sø er der placeret en række ejendomme. Det nye forløb af Gudenåen er forsøgt placeret, så der tages mest mulig hensyn til disse ejendomme. I forbindelse med en egentlig forundersøgelse og detailprojektering af løsningen skal det sikres, at konsekvenserne ved at føre Gudenåen tæt forbi ejendommene belyses. Dette kan betyde, at forløbet omkring ejendommene skal justeres for at minimere konsekvenserne.

12.2 Hydrauliske forhold

12.2.1 Fordeling af vand imellem Gudenåen og Tange Sø

Ved indløbet kan der ske en fordeling af vand imellem Tange Sø og omløbet. Fordelingen skal tage hensyn til, at vandføringen i omløbet bliver tilstrækkelig til at sikre gode betingelser for op- og nedtrækkende fisk. Samtidig skal den vandføring, som fortsat ledes til Tange Sø, være tilstrækkelig til at sikre en museumsdrift på Tangeværket og gode betingelser i selve Tange Sø.

Fordelingen af vand imellem stryget og Tangeværket vil skulle bestemmes ud fra det fremtidige behov for museumsdrift ved Tangeværket. For at sikre at omløbet har en funktion og skaber

forbedrede forhold, så bør der sikres, at mest muligt vand føres i det nye forløb af Gudenåen, så meget som > 85 % af vandføringen bør føres i et nyt forløb af Gudenåen, således at migrationen af fisk ikke kompromitteres.

Den endelige fordeling af vand kan fastlægges, når der er bedre kendskab til Tangeværkets behov for vand i en situation, hvor værket overgår til museumsdrift.

Indløbet til det nye forløb af Gudenåen i omløbet vil ske igennem et åbent vandløbsprofil, som over en kort strækning har et begrænset fald, således at vandspejlet påvirkes mindst muligt i Tange Sø.

12.2.2 Faldforhold og dimensioner

I det nye forløb af Gudenåen kan de oprindelige faldforhold genskabes. Der skal her afvikles et gennemsnitligt fald på 0,8 ‰, svarende til det oprindelige fald på strækningen. Under en eventuel forundersøgelse og detailprojektering af denne model kan der projekteres de nødvendige variationer i omløbet med gydebanker afbrudt af dybere huller.

For at reducere anlægsomkostninger har tidligere modeller arbejdet med et udjævnet fald på det nye forløb af Gudenåen, som afsluttes med et fald på 5 ‰ inden udløbet nedstrøms Tangeværket. Dette betyder, at den nye Gudenås dybde i terrænet og dermed jordarbejdet reduceres. Dette er også en mulighed i Model E, men det store fald på 5 ‰ vil medføre, at nogle fiskearter ikke kan passere den nye strækning af Gudenåen, ligesom faldet skal reduceres i forhold til det oprindelige fald på strækningen.

Den nye Gudenå etableres med en bundbredde på ca. 40-50 m for at opnå lave vanddybder, som tilgodeser gydning for laksefisk. Med denne bredde og et fald på 0,8 ‰ vil der være en årsmiddelvanddybde på ca. 0,8 m.

12.2.3 Vandstande opstrøms (Kongensbro) og nedstrøms (Bjerringbro)

Her vil der være forhold som ved Model B, C og D

På de strækninger, hvor Gudenåen ikke er påvirket af opstemningen fra Tangeværket, medfører den naturlige variation i vandføringen også en naturlig variation i vandspejlet. For at opnå denne dynamik i omløbet vil vandspejlet i søen kunne variere med op til 40 cm /3/.

Med den skitserede løsning vil der ved Kongensbro være uændrede forhold ved de store vandføringer, mens der ved små vandføringer vil være et lille fald i vandspejlet.

DHI har i 2016 foretaget beregninger på, om det har konsekvenser for den nedstrøms strækning omkring Bjerringbro, såfremt hele vandføringen eller dele heraf ledes udenom Tange Sø. DHI kunne ikke påvise en effekt af dette, og der var således uændrede forhold nedstrøms uanset, hvilken fordeling af vand der blev regnet på /15/.

I perioder har Tangeværkets drift haft indflydelse på vandspejlet på den nedstrøms strækning. Dette kan bl.a. ses i forbindelse med turbinestop og før 2015 i større daglige udsving, som dog i 2015 og 2016 kun opleves i mindre omfang. Disse udsving vil ikke længere forekomme nedenfor Tangeværket ved gennemførelse af Model E, hvor størstedelen af vandføringen ledes udenom Tange Sø.

12.3 Tange Sø

12.3.1 Vandstand og vandtilførsel

Tange Sø bevares i sin nuværende størrelse fra Tangeværket til udløbet af Borre Å. Da størstedelen af vandføringen ledes igennem det nye omløb, vil det ikke længere være stemmekoten ved Tangeværket, men dimensionerne i omløbet, som bestemmer vandspejlet i Tange Sø. Dette betyder, at vandspejlet i højere grad end i dag vil variere som følge af variationen i vandføringen i Gudenåen. Variationen vil være ca. 40 cm sammenlignet med vandspejlet i dag.

Tidligere er der beregnet udsivninger fra Tange Sø til et nyt forløb af Gudenåen i størrelsesordenen 10-250 l/s /3/. Udsivningen til den nye Gudenå i Model E vil være i den høje ende, da dette etableres med et naturligt fald uden om Tange Sø, og afstanden imellem hhv. vandspejl i Tange Sø og Gudenåen er forholdsvis stort. På trods af tab af vand ved hhv. fordampning og udsivning til omløbsstryget, er der beregnet et konstant positivt bidrag af vand til søen /3/ /15/. Denne beregning blev foretaget med et bidrag fra Tange Å alene. I Model E vil der også være en tilførsel af vand fra Gudenåen. Dette betyder, at der vil være et kontant overskud af vand i Tange Sø, og at vandspejlet ikke påvirkes pga. for lille vandtilførsel.

12.3.2 Vandkvalitet og næringsstoffer (fosfor og kvælstof)

Hvis Gudenåen lægges uden om Tange Sø i et nyt forløb svarende til Model E, vil mængden af tilbageholdt fosfor og kvælstof i søen blive reduceret grundet et væsentligt fald i indløbskoncentrationerne.

Model E vil, som Model A, lede størstedelen af vandføringen udenom hele Tange Sø. Til forskel fra Model A vil der dog også skulle ledes en vandmængde til Tange Sø fra Gudenåen. Dette sker også i Model B, hvor hele Gudenåens vandføring dog også ledes igennem den øvre del af Tange Sø opstrøms Ans dæmningen.

Der er ikke tidligere foretaget beregninger af kvælstof- og fosforomsætningen for en løsning svarende til Model E. Det vurderes i denne situation, at Model E vil kunne sammenlignes med Model B. Der ledes en mindre mængde kvælstof til den øvre del af Tange Sø sammenlignet med Model B, hvilket betyder, at der er mindre kvælstof at omsætte. Samtidig vil tilbageholdelsesprocenten af den tilførte kvælstof dog stige i den øvre del af Tange Sø, da der her skabes en højere opholdstid. Det kan antages, at disse to forhold går op med hinanden, således at Model E og Model B er sammenlignelige i deres konsekvenser for Tange Sø's vandkvalitet og omsætning af næringsstoffer. Et andet forhold, som gør Model B og Model E sammenlignelige i deres omsætning af næringsstoffer er, at tilførslen af vand og dermed næringsstoffer er identiske for Tange Sø nedenfor Ans Dæmningen. Idet det største søvolumen findes i denne del af søen, vil det også være her, at den største omsætning af næringsstoffer sker.

Konsekvenser for kvælstof og fosfor i Model B blev beskrevet således:

Beslattes det at lede 90 % af vandføringen til omløbet og 10 % til Tange Sø vil omsætningen af kvælstof falde fra 163 tons til ca. 90 tons om året. Dette betyder altså, at der ledes ca. 73 tons ekstra kvælstof om året til strækningerne nedenfor Tange Sø.

Anvendes Vollenweiders sømodel for fosforkoncentration, beregnes det, at der ved en fordeling på eksempelvis 90 % til omløbet og 10 % til Tange Sø er en retention i Tange Sø på ca. 33 % svarende til, at der fjernes 1.190 kg P/år. Dette er en reduktion i fosforfjernelsen på 3.652 kg P/år, hvilket altså betyder, at der vil blive ledt godt 3,6 tons mere fosfor til Randers Fjord pr. år

Hvis det beslattes at arbejde videre med Model E, skal der opstilles en ny model for kvælstof- og fosforomsætningen, som er tilpasset den valgte fordeling af vand imellem Gudenåen og Tange Sø samt placeringen af det nye forløb af Gudenå.

12.4 Miljømål

12.4.1 Fisk

Ved Model E skabes der fuld faunapassage for alle fiskearter i Gudenåen i både opstrøms- og nedstrøms retning. Dog vil en vandfordeling mellem Gudenåen og Tange Sø have en effekt på faunapassagen, idet en del af f.eks. laks- og ørredsmolt vil vandre ind i Tange Sø (som udgangspunkt en fordeling svarende til vandfordelingen), hvor størstedelen vil gå tabt. Nedenstående vurderinger er baseret på, at størstedelen af Gudenåens vandføring føres i det nye forløb af Gudenåen. Længden af omløbet for Gudenåens eliminerer stuvningszonen for Tangeværket, og der vil forventeligt kun være en naturlig smoltdødelighed på ca. 1 % pr. km mod den nuværende på mindst 80 %. Da det nye forløb etableres med naturlige faldforhold og gode fysiske forhold, vil det i sig selv blive en betydelig strækning i forhold til gydning for laks, havørreder og sandsynligvis flod- og havlampretter.

Den nuværende tilstand for fisk på strækningen nedstrøms Tangeværket er ukendt, men Model E vil øge den samlede produktion af fisk i Gudenåen, og en del af fiskene vil indfinde sig på strækningen nedstrøms og medvirke til målopfyldelse i forhold til DFFVa. Model E vil medføre, at de forhøjede vandtemperaturer om sommeren og den organiske belastning mindskes til gavn for fisk på strækningen nedstrøms Tange Sø.

På den nye strækning af Gudenåen langs Tange Sø vil der forventes at kunne opnås målopfyldelse i forhold til DFFVa og som minimum i forhold til DFFVø.

På strækningen fra Silkeborg Langsø og til Kongensbro er den eksisterende tilstand for fisk ukendt, men det må forventes, at et øget optræk af laks, havørred, ål, lampretter og øvrige arter vil bidrage til målopfyldelsen her. Det kan også være nødvendigt at foretage vandløbsforbedrende tiltag her for at sikre opfyldelse af DFFVø /14/.

DTU Aqua har tidligere angivet, at manglende målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFVø i høj grad skyldes manglen på gydefisk (laks og havørred) /14/. Model E vil i lighed med tidligere beskrevne modeller 7 og 11 betyde, at antallet af gydefisk (laks og havørred) ikke vil være en begrænsende faktor for opfyldelse af DFFVø i tilløbene, da modellen kan sikre en selvreproducerende bestand af laks og havørred opstrøms Tange Sø. Model E vil ikke signifikant forbedre forholdene for Tange Å, som fortsat vil have udløb i Tange Sø.

12.4.2 Smådyrsfauna

Smådyrsfaunaen vil ved Model E have en fri vandringsvej i både op- og nedstrøms retning i Gudenåen ved Tange Sø. Denne faktor er dog af mindre betydning for målopfyldelsen af dette kvalitetselement. Ved at føre Gudenåens vandføring udenom Tange Sø vil den organiske belastning af strækningen nedstrøms Tangeværket mindskes væsentligt, og vandtemperaturen vil om sommeren ikke blive kritisk høj, som tilfældet kan være nu.

I et nyt forløb af Gudenåen inklusive det genskabte forløb vil der være gode fysiske forhold for smådyrsfaunaen, og målopfyldelse må forventes.

På strækningen fra umiddelbart nedstrøms Kongensbro og opstrøms til Sminge Sø er der i dag en god økologisk tilstand, hvilket må forventes også at være tilfældet i fremtiden. Den moderate økologiske tilstand mellem Silkeborg Langsø og nedstrøms til Sminge Sø vurderes at skyldes belastning fra Silkeborg Langsø og vil ikke ændres ved etablering af Model E.

12.4.3 Vandplanter

Som udgangspunkt er der mange faktorer, der kan påvirke sammensætningen af vandplanter i et vandløb, herunder også vandløbsvedligeholdelse.

På baggrund af de foreliggende data er det ikke muligt at pege på hvilket faktorer, der bevirker, at miljøtilstanden for dette element er ringe nedstrøms for Tange Sø og moderat/ringe opstrøms for Tange Sø.

Det vurderes dog, at Model E ikke vil forringe eller forbedre den eksisterende tilstand hverken op- eller nedstrøms for Tange Sø. For det nye forløb af Gudenåen vil de fysiske forhold være gunstige for etablering af et varieret plantesamfund som kan opfylde miljømålet.

12.5 Levedygtige bestande af laks og havørred

Model E vil skabe en uhindret faunapassage i både op- og nedstrøms retning. Derved etableres der adgang til både Gudenåens hovedløb (det antages, at strækningen indtil Silkeborg Langsø kan regnes med) og til alle tilløb på strækningen mellem Tange Sø og Silkeborg Langsø. I tilgift vil der etableres mulighed for en betydelig produktion i det nye forløb af Gudenåen. Effekten af Model E vil dog kunne påvirkes af det vandindtag, som skal ske til Tange Sø, hvor det kan forventes, at smoltdødeligheden vil svare til den procentvise vandmængde, der føres ind i søen. Der bør derfor tilstræbes, at den overvejende del af vandføringen føres i det nye forløb af Gudenåen.

I forhold til effekten vil den sandsynligvis være meget lig Model A, dog med forbehold for en fremtidig vandfordeling mellem Gudenåen og Tange Sø. Tilføres Gudenåen størstedelen af vandføringen vil effekten sandsynligvis være lig tidligere beskrevne modeller 7 og 11, hvor resultaterne for laks og ørred kan ses i Tabel 6.

Model E vil ikke medføre en selvreproducerende bestand af laks eller havørred i Tange Å.

12.6 Tangeværket

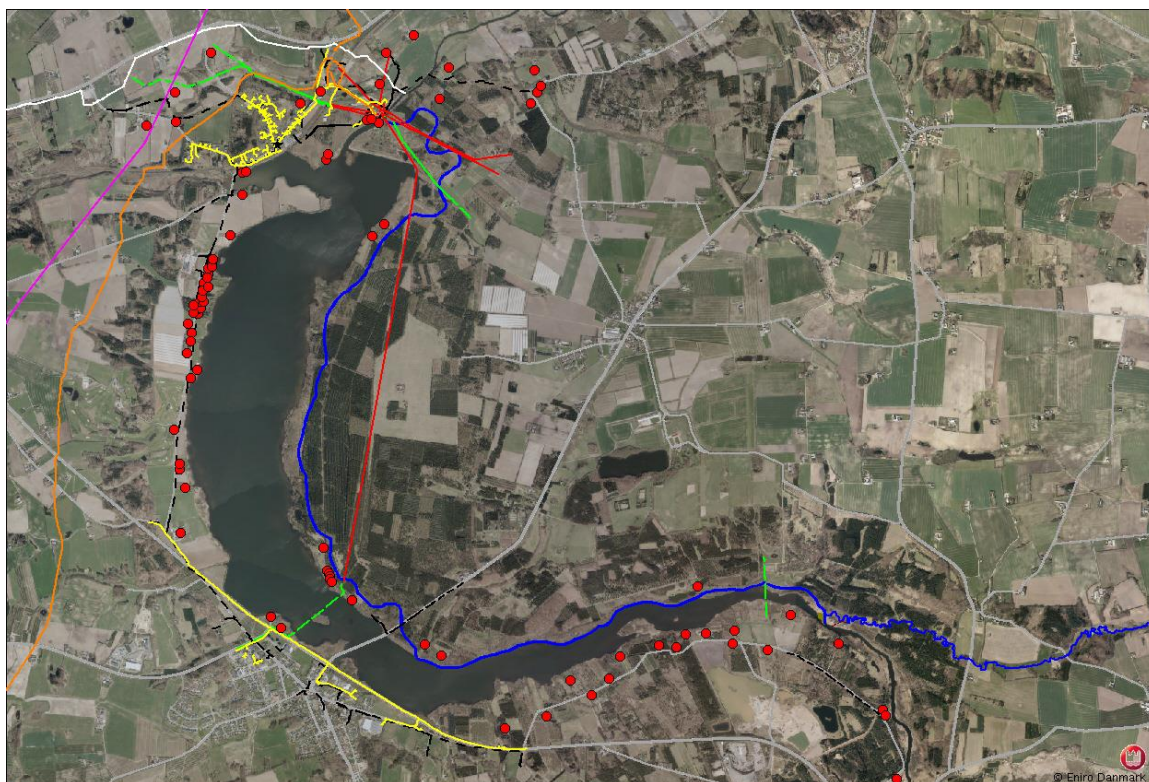
Hvis størstedelen af vandføringen ledes igennem omløbet og udenom turbinerne, så vil Tangeværket ikke kunne fortsætte sin nuværende drift. Der vil i stedet være mulighed for museumsdrift, hvor Tangeværket kan indgå som en del af Energimuseet.

Det er ikke defineret, hvordan museumsdriften kan forløbe og hvilket vandbehov, der vil være i denne situation. Det vurderes dog, at Tangeværket med en fordeling på 10 % vil være i stand til at køre den nødvendige museumsdrift.

12.7 Tekniske anlæg

Ved gennemførelse af Model E er der en række tekniske anlæg, som skal krydses, og hvor der vil være behov for afværgetiltag.

På Figur 38 ses Model E sammen med de udvalgte større ledningsanlæg, veje og ejendomme.



Figur 38 Udvalgte ledninger og ejendomme. Gul er HMN-gasledninger, rød er 60kV luftledninger, sort er 10kv el-ledninger, grøn er 60 kV el-ledninger, orange er en 150kV ledning, lyserød er en 400 kV luftledning, og hvid mod nord er en spildevandsledning fra Arla Foods, Rødkærsbro Mejeri. Røde cirkler er udvalgte ejendomme. ©Geodatastyrelsen ©Krak

Som det fremgår af figuren, vil det nye forløb af Gudenåen krydse en 60 kV el-ledning nord for Tange Sø. Krydsningen sker omkring den østligste spuns. Nedenfor denne krydsning føres forløbet syd om de 3 ejendomme, som ligger øst for Ans Dæmningen. Herefter vil omløbet krydse Frisholtvej øst for Ans Dæmningen. Der skal etableres en ny vejbro for Gudenåen. I vejen ligger der en 10 kV ledning. Inden Frisholtvej føres det nye forløb af Gudenåen syd om de to ejendomme, mens Gudenåen føres nord om ejendommene nord for Ans dæmningen. På øst siden af Tange Sø er før en 60 kV luftledning, hvor det skal sikres, at de eksisterende master ikke påvirkes. I den nordøstlige ende af Tange Sø ligger to ejendomme. Den nye Gudenå føres øst om disse ejendomme, og der skal sikres en fremtidig adgang til disse. I det videre forløb inden udløbet til eksisterende Gudenå nedstrøms Tangeværket krydses en 60 kV el-ledning to gange, ligesom der også skal tages højde for en 60 kV luftledning på denne strækning.

Såfremt Model E vælges, så skal der i en egentlig forundersøgelse og detailprojektering tages højde for disse tekniske anlæg.

13. INDLEDENDE ANLÆGSOVERSLAG

Der er i nedenstående afsnit opstillet grove anlægsoverslag for de 5 foreslåede løsningsmodeller. Det er vigtigt at understrege, at det kun er grove anlægsoverslag, da det på nuværende tidspunkt er vanskeligt at opstille mere detaljerede anlægsoverslag. For at kunne opstille mere detaljerede og eksakte anlægsoverslag vil det være nødvendigt at udarbejde en egentlig forundersøgelse med detailprojektering af de enkelte modeller. Anlægsoverslag tager derfor udgangspunkt i de tidligere udarbejdede overslag fra tidligere undersøgelser.

13.1 Anlægsoverslag Model A

Model A er økonomisk sammenlignelig med den tidligere foreslåede Model 7 fra 2002 undersøgelsen. I nedenstående er økonomien opstillet for den tidligere Model 7.

Tabel 8 Overslag for Model 7 fra undersøgelse i 2002 (ekskl. moms)

ØKONOMI	
Entreprenørudgifter (mio. kr.)	105
Stianlæg m.v. (mio. kr.)	6
Arealerhvervelse (mio. kr.)	10
Rådgivning og VVM (mio. kr.)	14
Grusindtægter (mio. kr.)	-13
Samlede omkostninger (mio. kr.)	122

For at skabe et sammenligneligt grundlag mellem de fem foreslåede modeller, så er der fra ovenstående fratrasket omkostninger til arealerhvervelse, rådgivning og VVM, hvilket betyder, at de samlede anlægsrelaterede omkostninger ved Model 7 er kr. 98 mio. ekskl. moms. Ovenstående samlede omkostninger er angivet i 2002 priser, hvorfor den generelle prisudvikling i entreprenøromkostninger vil betyde, at en samlet omkostning for Model 7 vil være kr. 136 mio. ekskl. moms.

I nærværende Model A arbejdes der ikke med et afsluttende stejlt stryg på 5 %, men i stedet for et jævnt naturligt fald på hele strækningen. Dette vil generere en større jordmængde. Endvidere er der regnet med etablering af et stisystem over den nye dæmning, tilslutning og udgravning af Naderup Bæk og etablering af afløb fra Tange Sø.

Tabel 9 Ekstra arbejder Model A i forhold til tidligere Model 7

Post	Mængde	Enhedspris	Pris, ekskl. moms
Ekstra jordmængder for udgravning	600.000 m ³	30	18.000.000
Etablering af stisystem	4.500 m	300	1.350.000
Udgravning og tilslutning af Naderup Bæk	6.000 m ³	40	240.000
Udløb fra Tange Sø til ny Gudenå	-	-	400.000
Uforudsete udgifter 20 %	-	-	4.000.000
Samlet ekstra arbejder			23.990.000

Et groft anlægsoverslag for **Model A** vil være i størrelsesordenen **kr. 160 mio. ekskl. moms**. Der er i dette overslag ikke regnet med etablering af en landkanal fra Kongensbro til forsyning af Tange Sø med en delvandmængde fra Gudenåen. Ligeledes er der ikke regnet med etablering af en pumpestation for eventuel supplerende vand tilførsel fra Gudenåen til Tange Sø.

13.2 Anlægsoverslag Model B

Model B er økonomisk sammenlignelig med den tidligere foreslåede Model 4 fra 2002 undersøgelsen. I nedenstående er økonomien opstillet for den tidligere Model 4, som er opdateret i 2015.

Tabel 10 Overslag for Model 4 fra undersøgelse i 2002 (ekskl. moms). Opdateret overslag Cowi, 2015

Post	Priser 2001, model 4C mio. dkk ekskl. moms	Priser 2015, model 4D mio. dkk ekskl. moms
Udgifter til entreprenører	51,2	64,7
Udgifter til stietablering og rekreative forhold	4,9	7,3
Udgifter til arealerhvervelse	5,3	11,4
Udgifter til rådgivning	8,6	11,6
Indtægter fra grussalg	-9,0	-13,5
Samlet overslag	61,0	81,5

For at skabe et sammenligneligt grundlag mellem de fem foreslåede modeller, så er der fra ovenstående fratrasket omkostninger til arealerhvervelse, rådgivning og VVM, hvilket betyder, at de samlede anlægsrelaterede omkostninger ved Model 4 er kr. 58,5 mio. ekskl. moms. Ovenstående samlede omkostninger er angivet i 2015 priser, hvorfor den generelle prisudvikling i entreprenøromkostninger betyder, at en samlet omkostning for Model 4 vil være kr. 60,3 mio. ekskl. moms.

I nærværende Model B arbejdes der ikke med et afsluttende stejlt stryg på 5 ‰, men i stedet for et jævnt naturligt fald på hele strækningen. Dette vil generere en større jordmængde.

Tabel 11 Ekstra arbejder Model B i forhold til tidligere model 4

Post	Mængde	Enhedspris	Pris, ekskl. moms
Ekstra jordmængder for udgravning	400.000 m ³	30	12.000.000
Uforudsete udgifter 20 %	-	-	2.400.000
Samlet ekstra arbejder			14.400.000

Et groft anlægsoverslag for **Model B** vil være i størrelsesordenen **kr. 75 mio. ekskl. moms**.

13.3 Anlægsoverslag Model C

Model C er økonomisk sammenlignelig med den tidligere foreslåede Model 3 fra 2002 undersøgelsen. I nedenstående er økonomien opstillet for den tidligere Model 3.

Tabel 12 Overslag for Model 3 fra undersøgelse i 2002 (ekskl. moms)

ØKONOMI	3/3.1A	3/3.1B	3/3.1C
Entreprenørudgifter (mio. kr.)	28,2/7,5	29,4/8,5	46,5/13,9
Stianlæg m.v. (mio. kr.)	2,0/1,1	2,0/1,1	2,0/1,1
Arealerhvervelse (mio. kr.)	2,5/0,5	2,5/0,5	3,1/0,6
Rådgivning og VVM (mio. kr.)	5,3/1,6	5,5/1,7	8,4/2,7
Grusindtægter (mio. kr.)	-6,9/-0,5	-7/-0,6	-9,2/-0,9
Samlede omkostninger (mio. kr)	31,1/10,2	32,4/11,2	50,8/17,4

For at skabe et sammenligneligt grundlag mellem de fem foreslåede modeller, så er der fra ovenstående fratrasket omkostninger til arealerhvervelse, rådgivning og VVM, hvilket betyder, at de samlede anlægsrelaterede omkostninger ved Model 3 er kr. 39,3 mio. ekskl. moms. Ovenstående samlede omkostninger er angivet i 2002 priser, hvorfor den generelle prisudvikling i entreprenør-omkostninger betyder, at en samlet omkostning for Model 3C vil være kr. 54,6 mio. ekskl. moms.

I nærværende Model C arbejdes med et noget længere omløbsstryg med henblik på at opnå en bedre fungerende opstrøms passage. Dette betyder, at der skal udgraves et omløbsstryg med en samlet længde på ca. 3,5 km fremfor ca. 2,3 km. Der vil således være en større jordmængde, der skal håndteres, ligesom det vil være nødvendigt med etablering af ny adgangsvej til to boliger og etablering af to nye broer hen over omløbsstryget.

Tabel 13 Ekstra arbejder Model C i forhold til tidligere model 3C

Post	Mængde	Enhedspris	Pris, ekskl. moms
Ekstra jordmængder for udgravning	400.000 m ³	30	12.000.000
Etablering af ny adgangsvej til boliger (3 m)	3.300 m	400	1.320.000
Etablering af nye broer for adgang til plantage	960 m ²	20.000	19.200.000
Uforudsete udgifter 20 %	-	-	6.500.000
Samlet ekstra arbejder			39.020.000

Et groft anlægsoverslag for **Model C** vil være i størrelsesordenen **kr. 94 mio. ekskl. moms**.

13.4 Anlægsoverslag Model D

I tidligere undersøgelser har der ikke været arbejdet med løsninger til faunapassage vest om Tangeværket ligesom Model D gør. Der er derfor ingen tidligere anlægsoverslag at sammenligne med og forholde sig til. I nedenstående er i grove træk opstillet poster og mængder for en løsning vest om Tangeværket.

Tabel 14 Groft anlægsoverslag for Model D

Post	Mængde	Enhedspris	Pris, ekskl. moms
Arbejdsplads (5 % af anlægssum)	-	-	12.380.000
Spuns mod Tange Sø	6.000 m	4.500	27.000.000
4 nye vejbroer	3.840 m ²	20.000	76.800.000
2 nye jernbanebroer	1.600 m ²	25.000	40.000.000
Sikring af jernbane dæmning	2.000 m ³	750	1.500.000
Udgravning af 9 km omløbsstryg	1.800.000 m ³	40	72.000.000
Grus og stenmaterialer til vandløb	30.000 m ³	650	19.500.000
Tilfyldning af mindre del af Tange Sø	180.000 m ³	30	5.400.000
Spuns ved tilfyldning mod nord	200 m	4.500	900.000
Afværgeforanstaltninger	-	-	2.400.000
Sikring og omlægning af elkabler	-	-	600.000
Sikring og omlægning af spildevandledning	-	-	1.500.000
Uforudsete udgifter 20 %	-	-	52.000.000
Grusindtægter	-	-	-14.000.000
Samlet omkostninger			297.980.000

Et groft anlægsoverslag for **Model D** vil være i størrelsesordenen **kr. 298 mio. ekskl. moms**.

13.5 Anlægsoverslag Model E

Model E er økonomisk sammenlignelig med den tidligere foreslåede Model 9 fra 2002 undersøgelsen. I nedenstående er økonomien opstillet for den tidligere Model 9.

Tabel 15 Overslag for Model 9 fra undersøgelse i 2002 (ekskl. moms)

ØKONOMI	9A	9B	9C
Entreprenørudgifter (mio. kr.)	130	148	206
Stianlæg m.v. (mio. kr.)	9	9	9
Arealerhvervelse (mio. kr.)	15	17	22
Rådgivning og VVM (mio. kr.)	18	20	27
Grusindtægter (mio. kr.)	-17	-19	-24
Samlede omkostninger (mio. kr.)	155	175	240

For at skabe et sammenligneligt grundlag mellem de fem foreslåede modeller, så er der fra ovenstående fratrullet omkostninger til arealerhvervelse, rådgivning og VVM, hvilket betyder, at de samlede anlægsrelaterede omkostninger ved Model 9 er kr. 191 mio. ekskl. moms. Ovenstående samlede omkostninger er angivet i 2002 priser, hvorfor den generelle prisudvikling i entreprenør-omkostninger vil betyde, at en samlet omkostning for Model 9 vil være kr. 265 mio. ekskl. moms.

I nærværende Model E arbejdes med et forløb opstrøms for Ans Dæmningen i eksisterende Tange Sø. Dette med henblik på at reducere jordmængderne og påvirkningerne for ejendommene i området. Samtidig arbejdes der med et nyt forløb af den nederste del af Borre Å, således denne får udløb i det nye omløbsstryg.

Tabel 16 Ekstra arbejder Model E i forhold til tidligere model 9C

Post	Mængde	Enhedspris	Pris, ekskl. moms
Spuns mod Tange Sø	3.000 m	4.500	13.500.000
Reduktion af jordmængder	700.000 m ³	40	-28.000.000
Udløb af Borre Å	3.000 m ³	40	120.000
Uforudsete udgifter 20 %	-	-	-2.800.000
Samlet ekstra arbejder			-17.180.000

Et groft anlægsoverslag for **Model E** vil være i størrelsesordenen **kr. 248 mio. ekskl. moms**.

13.6 Oversigt anlægsokonomi

For overblikkets skyld er de fem anlægsoverslag samlet i nedenstående tabel.

Tabel 17 Oversigt indledende grove anlægsoverslag for Model A-E, 2016

		Mio. kr. ekskl. moms
Model A	Nyt forløb af Gudenåen øst om Tange Sø med genskabelse af 6 km af ådalen	160
Model B	Mellemlangt omløbsstryg med indløb ved Ans dæmningen øst om Tange Sø	75
Model C	Kort omløbsstryg i nordenden af Tange Sø	94
Model D	Mellemlangt omløbsstryg med indløb nord for Ans og et forløb vest om Tangeværket	298
Model E	Langt omløbsstryg med et nyt forløb af Gudenåen fra Borre Å, som forløber nord for Tange Sø til udløb nedenfor Tangeværket	248

14. SAMMENFATTENDE VURDERING AF KOMMISSORIUM

Løsningerne skal i deres udformning have det formål at skabe enighed mellem kommunerne og tage højde for at:

1. Tange Sø bevares
2. Miljømålene for vandløbene op- og nedstrøms Tange Sø kan opfyldes
3. Der kan etableres naturlige levedygtige bestande af laks og havørred
4. Et fungerende Tangeværk bevares (ved et fungerende Tangeværk forstås, at Værket f.eks. kan indgå som en el-producerende del af Energimuseets virke).

I dette afsnit beskrives de eksisterende forhold for de 4 kriterier, og der foretages en vurdering af de forskellige modeller. I det opstillede kommissorium er der indbygget modstridende interesser, således at det ikke vil være muligt at fremkomme med modeller, der opfylder alle de fire opstillede punkter til fulde samtidigt.

14.1 Tange Sø bevares

Når påvirkningen af Tange Sø beskrives, er der flere parametre man skal tage i betragtning. Rent administrativt er grænsen imellem Tange Sø og Gudenåen i St. 20.849 m ved udløbet af Borre Å /8/. Ønsket om at bevare Tange Sø har sit udgangspunkt i lokalsamfundet i Tange og Ans By, og det vurderes, at der er størst fokus på den nordlige del af søen fra Ans Dæmningen til Tangeværket.

De eksisterende forhold i søen er præget af et ret konstant vandspejl omkring flodemålet i kote ca. 13,50 m og en gennemstrømning af hele Gudenåens vandføring, som giver en forholdsvis kort opholdstid i søen og en vandkvalitet, der i høj grad er præget af Gudenåens vandkvalitet. Samtidig er Ans By i dag "afskåret" fra Tange Sø dels på grund af tilgroninger og dels på grund af den gennemskærende hovedvej A26.

Kriteriet "Tange Sø bevares" kan opfattes på flere måder afhængig af hvilken interessent, der betragter modellerne. For borgerne i Tange og Ans vil en konstruktion i Tange Sø tæt på Ans og Tange by kunne virke som en større fysisk påvirkning end et indgreb øst for Ans Dæmningen.

Tange Sø kan påvirkes på flere måde. I vurderingen af kriteriet vil der være fokus på følgende punkter.

- Større variation i vandspejl, som bliver afhængig af vandføringen i Gudenåen
- Reduktion i areal ved etablering af ny tværdæmning
- Inddragelse af areal til omløbsstryg delvist beliggende i Tange Sø

Udover at Tange Sø kan påvirkes af ovenstående, der af nogle interessenter kan karakteriseres som negative påvirkninger, så giver nogle af projekterne også mulighed for at skabe nye rekreative oplevelser i nærområdet.

Der har tidligere været fremført bekymringer om, hvordan oplevelsen af Tange Sø vil ændre sig, hvis en stor del af vandføringen føres uden om søen. Generelt kan det siges, at ingen af de foreslåede projekter giver anledning til en øget myggebestand, en øget/hurtigere tilgroning af Tange Sø eller lugtgener fra søen. Myggelarver lever i bunden af alle søer og udklækkes ved søer og vandflader. Der vil i fremtiden også være myg ved Tange Sø, men antallet forventes ikke at øges som følge af et projekt med en af de præsenterede modeller.

Alle søer gror med tiden til og har en generel tilvækst på 1-5 mm pr. år i gennemsnit /3/. De største tilvækstrater sker typisk der, hvor strømmen i søen er lavest, dvs. i de dybeste partier og ved indløbet til søen, hvor vandløbets vandhastighed falder brat. Den væsentligste kilde til tilgroningen i Tange Sø er Gudenåen, som hele tiden fører partikler til søen, hvor de bundfælder. Ved at føre størstedelen af vandføringen uden om, vil tilførslen af partikler til Tange Sø reduceres, og dermed også hastigheden hvormed den gror til. Det forventes, at der vil være tale om en reduktion i tilgroningshastigheden fremfor en acceleration, hvis der vælges en af de modeller, hvor en del af Gudenåen vandføring ledes udenom Tange Sø (model A, B, E).

Ved at lede en stor del af vandet udenom Tange Sø kan der i perioder opstå tilstande med en øget fosforkoncentration, som kan føre til en øget algeopblomstring. Det er dog usikkert i hvor høj grad, dette sker, da den fremtidige påvirkning via vandremuslingen er ukendt. Dette gør fremskrivningen af tilstanden i Tange Sø mere usikker /3/.

14.1.1 Model A

I denne model reduceres Tange Sø i størrelse fra ca. 541 ha til ca. 470 ha og reduceres således med ca. 13 %. Den del af Tange Sø, som forsvinder, er den østlige smallere del op mod Kongensbro. Denne strækning er den del af Tange Sø, som ud fra luftfoto (www.arealinfo.dk luftfoto 2014) kan konstateres at være mest påvirket af tilgroning/opfyldning.

Dæmningen etableres på tværs af Tange Sø ca. 1,5 km øst for Ans dæmningen. Da omløbet og Tange Sø adskilles fysisk, kan vandstanden i Tange Sø bevares i det nuværende vandspejl i ca. kote 13,50 m. Rent visuelt er dæmningen placeret således, at en stor andel af søens interesser ikke vil have oplevelsen af en ændret Tange Sø. Opstrøms dæmningen er en række ejendomme, som vil opleve, at vandspejlet i søen ændres tilbage til det naturlige niveau i Gudenåen.

I løsningen er der skitseret en eventuel landkanal langs med den restaurerede ådal. Denne landkanal kan sikre en fortsat mulighed for sejlads imellem Tange Sø og Kongensbro. Etableres der ikke en landkanal, vil det være nødvendigt at etablere en ophalerplads, så man kan bære kajaker og kanoer fra Tange Sø til omløbet og omvendt. Til gengæld bliver det muligt at sejle fra Kongensbro til strækningen nedstrøms Tangeværket via stryget uden at skulle bære sin kajak eller kano.

På grund af den arealmæssige lille påvirkning af Tange Sø samt dæmningsens placering er dette kriterier delvist opfyldt.

14.1.2 Model B

I denne model bevares Tange Sø næsten i sin nuværende størrelse på ca. 541 ha. Ca. 5 ha ved Ans Dæmningen inddrages til opbygning af det nye omløb. Der vil stadig være en forbindelse imellem Tange Sø hhv. op- og nedstrøms for Ans Dæmningen.

For sikre en naturlig variation i omløbet, bedre forhold for smolt samt et uændret eller lavere vandspejl opstrøms mod Kongensbro, skal det være dimensionerne i omløbet og ikke stemmet ved Tangeværket, som bestemmer vandspejlet. Der vil derfor være en variation på ca. 40 cm i vandspejlet afhængig af vandføringen i Gudenåen. Tangeværket har også i dag en mulighed for at variere vandspejlet i Tange Sø, hvilket dog ikke praktiseres under normale forhold.

Tange Sø påvirkes i meget lille grad arealmæssigt. Selve omløbet er placeret tæt ved Ans By og vil altså være en synlig ændring i Tange Sø for en stor andel af interessenterne. Vandspejlet i søen vil i større grad (40 cm) variere end under de nuværende forhold. Kriteriet vurderes som delvist opfyldt.

Det vil fortsat være muligt at sejle fra Tange Sø til Gudenåen med kajakker og kano. Samtidig bliver det muligt at sejle fra Kongensbro til strækningen nedstrøms Tangeværket via stryget uden at skulle bære sin kajak eller kano.

14.1.3 Model C

I denne model bevares Tange Sø i sin nuværende størrelse. I søens nordøstlige ende etableres et nyt udløb fra søen.

Som i Model B skal der sikres en naturlig variation i omløbet m.m. Der vil derfor være en variation på ca. 40 cm i vandspejlet afhængig af vandføringen i Gudenåen.

Da vandspejlet kun i mindre grad påvirkes, vurderes kriteriet som opfyldt.

Det vil fortsat være muligt at sejle fra Tange Sø til Gudenåen med kajakker og kano. Samtidig bliver det muligt at sejle fra Kongensbro til strækningen nedstrøms Tangeværket via stryget uden at skulle bære sin kajak eller kano.

14.1.4 Model D

I denne model reduceres Tange Sø i størrelse med i alt ca. 20 ha. 9 ha skal tilfyldes, så der efter projektets gennemførelse kommer til at være tørt terræn i nærhed af omløbet. Derudover skal omløbet over en strækning på ca. 3 km etableres i vestsiden af Tange Sø, hvor omløbet vil reducere Tange Sø med i alt ca. 11 ha.

Omløbet etableres i et forløb langs vestsiden af Tange Sø. Der er i vestsiden den største andel af interessenter, og omløbet vil således også kunne virke som et stort fysisk indgreb. Samtidig giver omløbet dog også i stor grad mulighed for at skabe nye rekreative oplevelser ved både Tange Sø og i det nye omløb, hvor vandet vil løbe som i en flod.

Tange Sø påvirkes i mindre grad i forhold til det samlede areal. Dog er det areal, som inddrages, en væsentlig del af det område, som betragtes som interesseområdet. Vandspejlet i søen vil i større grad (40 cm) variere end under de nuværende forhold. Kriteriet vurderes som delvist opfyldt.

Det vil fortsat være muligt at sejle fra Tange Sø til Gudenåen med kajakker og kano. Samtidig bliver det muligt at sejle fra Kongensbro til strækningen nedstrøms Tangeværket via stryget uden at skulle bære sin kajak eller kano.

14.1.5 Model E

I denne model bevares Tange Sø i sin nuværende størrelse. I søens østligste ende etableres en adskillelse af Gudenåen og Tange Sø.

Som i de øvrige modeller, hvor der skabes en vandfordeling, skal sikres en naturlig variation i omløbet m.m. Der vil derfor være en variation på ca. 40 cm i vandspejlet afhængig af vandføringen i Gudenåen.

Da vandspejlet kun i mindre grad påvirkes, vurderes kriteriet som opfyldt.

Det vil fortsat være muligt at sejle fra Tange Sø til Gudenåen med kajakker og kano. Samtidig bliver det muligt at sejle fra Kongensbro til strækningen nedstrøms Tangeværket via stryget uden at skulle bære sin kajak eller kano.

14.2 Opfyldelse af miljømål

Udover den umiddelbare fysiske modificering som Tangeværkets opstemning og Tange Sø påvirker over en strækning på ca. 13 km af Gudenåen, så er den største påvirkning for nuværende umiddelbart på fiskefaunaen i Gudenåen. Tange Sø påvirker også vandkvaliteten nedstrøms Tangeværket med forhøjede vandtemperaturer, organisk stof og udsving i pH-værdien, hvilket kan påvirke både fisk, smådyr og vandplanter.

Et projekt ved Tange Sø vil, alt afhængigt af udformningen og muligheden for passage, have størst indflydelse på fiskefaunaen.

14.2.1 Fisk

Målopfyldelse for fiskefaunaen afhænger i meget stort omfang af hvilken løsning, der vælges. Som det er angivet i afsnit 6, kræver et succesfuldt projekt, særligt i forhold til laks og ørred, at nedtrækkende smolt ikke skal passere Tange Sø. Ved passage af Tange Sø er der registreret så høje dødeligheder, at der ikke vil være basis for selvreproducerende bestande af laks og ørreder, og det er tvivlsomt om projekter, der inkluderer dette, vil være gunstige for lampretter.

Ved Model A adskilles Gudenåen fra Tange Sø, og hele vandføringen ledes i et nyt forløb uden om Tange Sø. Der vil fremover ikke være nogen stuvningszone, og der vil være fri passage for hele vandløbsfaunaen i både op- og nedstrøms retning. Model A vil kunne medvirke til opfyldelse af miljømål for fisk (DFFVa, DFFVø) op- og nedstrøms for Tange Sø samt på hele den nye strækning af Gudenåen langs Tange Sø. Model A vil desuden kunne sikre målopfyldelse for DFFVø i tilløb til Gudenåen mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i det omfang, som de lokale forhold tillader.

Model B, C og D vil i væsentligt omfang forbedre muligheden for opstrøms passage i Gudenåen, dog er det usikkert hvad passagen af søbassinet betyder for nogle arter, f.eks. lampretter.

Ved alle tre modeller skal nedtrækkende fisk, herunder smolt, passere Tange Sø, som minimum indtil umiddelbart efter Ans Bro, og ved Model C indtil den nordlige ende.

Det er ved tidligere undersøgelser vist, at dødeligheden af smolt i Tange Sø er så stor, uanset i hvilken afstand smolten skal trække i forhold til udløbet ved Tangeværket, at der ikke kan forventes selvreproducerende bestande af laks og ørred opstrøms Tange Sø. Effekten på især lampretter er usikker, men det er også tvivlsomt, at disse vil opleve forbedrede forhold. Forskelle i påvirkningen på nedtræk af smolt mellem de tre projekter er vanskelig at kvantificere, men det vurderes, at eventuelle overlevende smolt vil være bedst stillet ved Model B, hvor der sker en indsnævring ved Ans Bro og umiddelbar fordeling af vandet herefter. Gevinsten ved Model B må dog forventes at være marginal i forhold til Model C og D.

Model B, C og D vil ikke kunne sikre målopfyldelse for fiskefaunaen i forhold til DFFVø opstrøms Tange Sø, hverken i hovedløbet eller i tilløbene.

Ved Model E etableres et nyt forløb af Gudenåen uden om Tange Sø, og størstedelen af vandføringen ledes i et nyt forløb uden om Tange Sø. Der vil fremover være fri passage for hele vandløbsfaunaen i både op- og nedstrøms retning, dog vil vandfordelingen mellem Gudenåen og Tange Sø have en effekt på resultatet. Model E vil kunne medvirke til opfyldelse af miljømål for fisk (DFFVa, DFFVø) op- og nedstrøms for Tange Sø samt på hele den nye strækning af Gudenåen langs Tange Sø. Model E vil kunne sikre målopfyldelse for DFFVø i tilløb til Gudenåen mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i det omfang, som de lokale forhold tillader.

For alle fem forslag vil der med overvejende sandsynlighed kunne opnås målopfyldelse på de nye strækninger af Gudenåen.

14.2.2 Smådyr

For målopfyldelse for smådyrsfaunaen vil de lokale forhold op- og nedstrøms Tange Sø være af større betydning for målopfyldelse end et nyt forløb ved Tange Sø. Model A vil dog sikre en helt fri vandringsvej for smådyrsfaunaen som i et naturligt forløb af Gudenåen.

Et projekt ved Tange Sø, der i størst muligt omfang nedsætter belastning af vandkvaliteten fra Tange Sø nedstrøms, kan medvirke til forbedringer i Gudenåen. Her vil Model A og E hvor hele eller størstedelen af Gudenåens vandføring ledes udenom Tange Sø være mest gunstigt og de resterende forslag, hvor der stadig ledes en stor del af vandføringen gennem Tange Sø vil i mindre grad eller slet ikke kunne medvirke til forbedringer for smådyrsfaunaen nedstrøms for Tange Sø.

På de nye strækninger af Gudenåen vil der med overvejende sandsynlighed opnås målopfyldelse via model A, mens det er mere usikkert med Model B, C og D.

14.2.3 Vandplanter

I forhold til vandplanter vil de lokale forhold op- og nedstrøms Tange Sø være af større betydning for målopfyldelse end et nyt forløb ved Tange Sø, dog kan en nedsat belastning af vandkvaliteten fra Tange Sø nedstrøms medvirke til forbedringer nedstrøms i Gudenåen.

14.3 Levedygtige bestande af laks og havørred

For et projekt til etablering af faunapassage i Gudenåen er der i kommissoriet angivet, at der skal kunne etableres naturlige levedygtige bestande af laks og havørred i Gudenåen. Ved dette forstås, at der skal kunne etableres selvreproducerende bestande af laks og havørred i begge arters naturlige udbredelsesområde i Gudenåen, (ved selvreproducerende bestande forstås en model, hvor det antal smolt, der forlader Gudenåen forbi Tangeværket også giver anledning til en produktion på det samme antal smolt). Det naturlige udbredelsesområde for laks og havørred er vurderet at være fra udløbet af Silkeborg Langsø og til udløbet i Randers Fjord.

Hvis naturlige og levedygtige bestande af laks og havørred opstrøms Tange Sø ønskes sikret, er det vigtigt, at smolten ikke skal passere gennem Tange Sø. Som tidligere nævnt vil dødeligheden ved passage af søen være så stor, at der ikke kan forventes selvreproducerende bestande opstrøms Tange Sø.

Model A og Model E sikrer den frie passage i Gudenåen og vil reducere smoltdødeligheden til, hvad der ses på en naturlig strækning af Gudenåen, dog vil der ved Model E være et tab af smolt svarende til den procentvise mængde vand, der ledes ind i Tange Sø (det forudsættes, at det er en relativt begrænset mængde på maksimalt 10 %). Ved Model A og Model E sikres passage til alle betydende tilløb mellem Tange Sø og Silkeborg Langsø, og der er her et betydeligt potentiale for produktion af laks og ørred.

Model A vil med sin betydelige længde inklusive den genskabte del opstrøms for Ans i sig selv kunne bidrage med en betydelig produktion, hvis der etableres passende fysiske forhold (Tabel 6), og det samme gælder for Model E.

Smoltdødeligheden vil være så stor ved både Model B, C og D, at der ikke vil være basis for selvreproducerende bestande opstrøms Tange Sø. Bidraget fra disse tre løsninger skal komme fra produktionen på de nye forløb af Gudenåen.

Her vil Model D med sin længde og faldforhold kunne levere den største produktion, mens den vil være mindre ved Model B, særligt på den nedre stejleste del og mindst ved Model C. Det forventes, at der for alle tre modeller vil kunne ske en produktion, som kan sikre selvreproducerende

bestande af laks og ørred på projektstrækningen, men ikke opstrøms for Tange Sø. Model D vil skabe mulighed for, at der kan etableres selvreproducerende bestande af laks og ørred i Tange Å, hvilket ikke er tilfældet for de fire øvrige løsninger.

14.4 Et fungerende Tangeværk bevares med museumsdrift

Det ligger ikke i opgavens formulering at definere den minimums vandføring, der er nødvendig, for at Tangeværket kan foretage en museumsdrift.

I kommissoriet er det formuleret som et kriterie, at et fungerende Tangeværket skal bevares, og at der med dette forstås, at Tangeværket kan indgå som en el-producerende del af Energimuseet. Det ligger i denne formulering, at det forventes, at et nyt omløb skal modtage størstedelen af vandføringen.

Der er i de opstillede modeller beskrevet 5 løsninger, hvor der i alle er mulighed for at lede en vandmængde til Tangeværket enten fra Tange Å (fulde vandføring) eller fra Gudenåen (mindre delvandmængde).

I Model B, C, D og E er der mulighed for fra Gudenåen at lede den vandmængde til Tangeværket, som er nødvendig for at kunne køre en museumsdrift. Der skal i den forbindelse opstilles en række vilkår, således at Tangeværket ikke tildeles en for stor vandmængde i forhold til den del, som tildeles omløbet.

I Model A vil det som udgangspunkt være vandet fra Tange Å og oplandet herfra og ned til Ans Dæmningen, der er til rådighed til museumsdriften. DHI har her beregnet, at denne vandmængde er på ca. 1 m³/s ved en lille sommerafstrømning. Viser det sig nødvendigt, at der skal ledes mere vand til Tange Sø for at kunne skabe en museumsdrift, er der mulighed for at etablere en Landkanal i ådalen imellem den nye dæmning og Kongensbro.

I den udarbejdede samfundsøkonomiske analyse /10/ af konsekvenserne for Tangeværket er der foretaget vurderinger af, hvordan de opstillede modeller vil påvirke den eksisterende drift. I vurderingen af dette kriterie er der behov for at vide, hvordan de opstillede modeller påvirker muligheden for køre en museumsdrift. Gudenaacentralen har endnu ikke defineret den minimumsvandføring. I Gudenaacentralens Helhedsplan fra 2006 /9/ er der foretaget vurderinger af driftsøkonomien for 3 modelscenarier, som kan sammenlignes med de 5 præsenterede modeller, Model A-E. I denne vurdering fremgår det bl.a., at der ikke kan opretholdes en kommerciel drift i situationer, hvor omløbet modtager 85 % af vandet eller derover /9/. Det fremgår dog af resultaterne, at der ved 15 % vand igennem Tangeværket fortsat kan produceres årligt 1,1 GWh. I en situation, hvor hele vandføringen ledes udenom Tangeværket (Model A og tidligere Model 7), oplyses det, at der fortsat kan produceres 0,7 GWh med vandet fra Tange Å, der her vurderes som 10 % af den samlede vandføring /9/. Man må derfor forvente, at der ved alle de skitserede løsninger vil være mulighed for museumsdrift.

Det har ikke været en del af opgaven at forholde sig til, hvordan de opstillede modeller og den reducerede vandmængde vil påvirke Tangeværkets økonomi.

Med udgangspunkt i kommissoriets formulering og Gudenaacentralens helhedsplan vurderes kriteriet opfyldt for alle de 5 opstillede modeller.

14.5 Skematisk oversigt

I nedenstående skematiske oversigt og grafiske fremstillinger er følgende antagelser gjort:

Opstemningen for Tange Sø har den langt største effekt på fiskefaunaen i Gudenåen som følge af manglende passage. Som udgangspunkt er de lokale forhold op- og nedstrøms for Tange Sø af større betydning for smådyrsfaunaen og vandplanter. Et projekt ved Tange Sø vil derfor i størst omfang have effekter for fiskefaunaen og i mindre omfang for smådyr og fauna. Manglende målopfyldelse for de to sidstnævnte parametre kan derfor ikke nødvendigvis tilskrives mangler ved de foreslåede modeller. Da der ikke er fuldt kendskab til lokale faktorer, er det ikke muligt at angive opfyldelse af miljømål for smådyr og planter i nedenstående Tabel 18.

Tabel 18 Sammenligning af Model A-D ifht. kommissoriet

	Tange Sø bevares	Miljømål i vandløb Smådyr/fisk/planter			Naturlige levedygtige bestande af laks og hav- ørred	Et fungerende Tange- værk (museumsdrift)
Eksisterende forhold						
Model A						
Model B						
Model C						
Model D						
Model E						

Grøn = opfyldt, rød = ikke opfyldt, gul = delvist opfyldt, grå = ikke afhængig af projektet

15. REFERENCELISTE

- /1/ <http://www.gudenaakomiteen.dk/gudenaen/publikationer/>
- /2/ 2007, COWI, Supplering af Beslutningsgrundlag for Gudenåens passage ved Tange Sø, Model 11 Retablering af åens øverste 7,5 km samt omløb fra Ans med udjævnet fald
- /3/ 2011, Viborg Kommune, Gudenåens forløb ved Tange Sø. Ekspertpanelets besvarelse af de tekniske spørgsmål, der er rejst i forbindelse med borgerinddragelsesprocessen.
- /4/ 2011, COWI Vurdering af miljøtilstanden i Tange Sø med og uden gennemløb af Gudenåen
- /5/ 2014, COWI Omløb ved Tange Sø: kvælstoffjernelse ved variationer af model 4
- /6/ 2002, COWI Gudenåens Passage ved Tangeværket – sammenfatning af skitseprojekt
- /7/ 2015, DTU Aqua, DTU Aquas kommentarer til Model 4D, Cowi 2014
- /8/ 2000, Aarhus og Viborg Amt, Regulativ for Gudenåen Silkeborg – Randers
- /9/ 2006, COWI, Helhedsplan for Gudenaacentralen, konsekvensvurdering
- /10/ 2002, COWI, Gudenåens passage ved Tangeværket, Samfundsøkonomisk analyse
- /11/ 2014, Fiskepassager i Tangetrappen 2012-2013. Gudenaacentralen.
- /12/ 1997, Jepsen, N., K. Aarestrup & G. Rasmussen: Smoltdødeligheder i Tange Sø. Under-søgt i foråret 1996. DFU-rapport nr. 32-97. 36 pp.
- /13/ Dieperink, C. 2007. Kortere vandring øger ikke smoltoverlevelse. Vand & Jord 2, 49 – 52.
- /14/ 2015, Vurdering af tre modeller for etablering af selvreproducerende fiskebestande i Gudenåen ovenfor Tangeværket og Tange Sø, med fokus på laks, havørred, ål og flod- og havlampret. /Anders Koed, DTU Aqua
- /15/ 2016, DHI, Tange Sø og løsningsmuligheder, hydrologi og vandmængder
- /16/ <http://www.gudenaacentralen.dk/Videncenter/TangevAerket-Gudenaacentralen-1.aspx>
- /17/ 2007, Fiskepassage i Gudenåen ved Tange. WaterFrame for Gudenaacentralen.
- /18/ Pedersen et. al. (2012). Loss of European silver eel passing a hydropower station. J. Appl. Ichthyol. 28, 189–193.
- /19/ 2014, Egå Engsø - tab af havørredsmolt i en Vandmiljøplan II-sø. DTU Aqua-rapport nr. 276-2014.
- /20/ 2013, Smolttabet i Årlev Engsø En sammenligning af den nydannede engsø i 2004 og den etablerede engsø i 2011. DTU Aqua-rapport nr. 260-2013.
- /21/ Olsson et al. (2001). Effect of an Artificial Pond on Migrating Brown Trout Smolts. North American Journal of Fisheries Management 21:498–506.
- /22/ 2010. Stina Gustafsson, Swedish University of Agricultural Sciences. Migration losses of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at a hydropower station area in River Åbylven, Northern Sweden.
- /23/ 2012, Calles et al. Ål i Ätran, En fallstudie för svensk ålförvaltning. Karlstad Universitet.

RAMBØLL 18. maj 2016