

Fiskebiologisk vurdering af fem modeller for den fremtidige faunapassage af Gudenåen ved Tange Sø (beskrevet af Rambøll 2016) med fokus på laks og havørred.

/Anders Koed, juni 2016

Opgavebeskrivelse

Viborg, Favrskov, Silkeborg og Randers kommuner har anmodet DTU Aqua om at vurdere fem forskellige modeller til den fremtidige faunapassage af Gudenåen ved Tange Sø, beskrevet af Rambøll 2016.

De fem passageløsninger er vurderet i forhold til:

1. om modellerne vil skabe mulighed for selvreproducerende bestande af relevante fiskearter, herunder laks, havørred og ål, i Gudenåsystemet omkring (i omløbsstrygene) og opstrøms Tangeværket/Tange Sø.
2. størrelsen af produktionspotentialerne for havørred og laks i hhv. omløbsstrygene og Gudenåen opstrøms Tange Sø, på strækningen Silkeborg Langsø - Tange Sø, inklusive tilløbene.
3. om modellerne vil skabe mulighed for målopfyldelse med god økologisk tilstand for fiskebestanden ved anvendelse af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) opstrøms Tangeværket/Tange Sø.

I vurderingen har DTU Aqua inddraget relevante forskningsresultater og viden fra undersøgelser af fiskepassage i faunapassager, søer og vandløb samt konkrete undersøgelser i Gudenåen.

Indhold

1.	Indledning.....	1
1.1.	Selvreproducerende bestande	2
1.2.	Miljømålopfyldelse i forhold til fisk	2
2.	Resume.....	5
2.1.	Model A – retablering af 6 km å samt 7,5 km omløb øst om Tange Sø med 0,8 ‰ fald.....	5
2.2.	Model B - 6 km omløb fra Ans øst om Tange Sø med 0,8 ‰ fald	5
2.3.	Model C – 3,5 km kort omløb fra nordenden af Tange Sø med et fald på 2,6 ‰	6
2.4.	Model D - 9 km langt omløb med start i søens vestlige side umiddelbart nord for Ans med 1 ‰ fald.....	6
2.5.	Model E – 11 km langt omløb fra Kongensbro med 0,8 ‰ fald	7
3.	Nuværende situation.....	10
3.1.	Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro	10
3.2.	Gudenåens tilløb mellem Silkeborg Langsø og Tange	10
3.3.	Fiskene opstrøms Tangeværket og Tange Sø	14
3.3.1.	Havørred.....	14
3.3.2.	Laks	15
3.3.3.	Ål	16
3.3.4.	Flod- og havlampret	16
3.4.	Fiskene nedstrøms Tangeværket og Tange Sø.....	17
4.	Vurdering af modellerne.....	19
4.1.	Model A.....	19
4.1.1.	Havørred.....	19
4.1.2.	Laks	23
4.1.3.	Ål	24
4.1.4.	Flod- og havlampret	24
4.1.5.	Øvrige fiskearter	24
4.1.6.	Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model A	25
4.2.	Model B.....	25
4.2.1.	Havørred.....	26

4.2.2.	Laks	30
4.2.3.	Ål	31
4.2.4.	Flod- og havlampret	32
4.2.5.	Øvrige fiskearter	32
4.2.6.	Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model B.....	33
4.3.	Model C	33
4.3.1.	Havørred og laks.....	33
4.3.2.	Ål	34
4.3.3.	Flod- og havlampret	35
4.3.4.	Øvrige fiskearter	35
4.3.5.	Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model C.....	35
4.4.	Model D	37
4.4.1.	Havørred og laks.....	37
4.4.2.	Ål	38
4.4.3.	Flod- og havlampret	38
4.4.4.	Øvrige fiskearter	39
4.4.5.	Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model D.	39
4.5.	Model E.....	40
4.5.1.	Havørred.....	40
4.5.2.	Laks	44
4.5.3.	Ål	45
4.5.4.	Flod- og havlampret	45
4.5.5.	Øvrige fiskearter	45
4.5.6.	Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model E.....	46
5.	Referencer.....	47

1. Indledning

Vurderingen tager i høj grad udgangspunkt i rapporten "Gudenåens passage ved Tangeværket" (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002), hvor DTU Aqua leverede den fiskefaglige viden samt notatet 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 (Koed 2015). Derudover er relevante undersøgelser, som er gennemført siden denne rapport udkom, inddraget.

Forudsætningen for at opnå selvreproducerende bestande af havørred og laks i Gudenåen opstrøms Tangeværket er, at op- og nedstrøms passage for laks ved Tangeværket og Tange Sø forbedres væsentligt i forhold til den nuværende situation.

Tilløbene til Gudenåen og hovedløbet opstrøms Silkeborg er ikke medtaget i vurderingerne, idet undersøgelser har vist, at ungfisk af havørred og laks ikke forventes at passere gennem søerne omkring Silkeborg, når de udvandrer til havet. Det bevirker, at disse vandløb ikke kan bidrage væsentligt til en havørred- og laksebestand i Gudenåen.

Den oprindelige Gudenå laks er uddød. For en stor del af livscyklus, og i særdeleshed i forhold til smolt nedvandring, er laks og havørred sammenlignelige.

For detaljer vedrørende metoden til at bestemme den nuværende ørredsmoltproduktion og den potentielle smoltproduktion, ud over hvad som er nævnt i denne vurdering, henvises til Miljøministeriet & Fødevareministeriet (2002).

Vurderingen i dette notat er baseret på, at der ikke etableres en afgitring mellem Tange Sø og omløbsstryget ved Model A og B (for flere detaljer om afgitring, se Miljøministeriet & Fødevareministeriet (2002)).

Modellerne er vurderet i forhold til:

1. om modellerne vil skabe mulighed for *selvreproducerende bestande* af relevante fiskearter, herunder laks, havørred og ål, i Gudenåsystemet omkring og opstrøms Tangeværket/Tange Sø, dvs. både i omløbsstrygene og i vandløbene mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket (i forhold til definition af selvreproducerende bestande, se afsnit 1.1 Selvreproducerende bestande).
2. størrelsen af produktionspotentialerne for havørred og laks i hhv. omløbsstrygene og Gudenåen opstrøms Tange Sø, på strækningen Silkeborg Langsø - Tange Sø, inklusive tilløbene.
3. om modellerne vil skabe mulighed for målopfyldelse med god økologisk tilstand for fiskebestanden ved anvendelse af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) opstrøms Tangeværket/Tange Sø (se afsnit 1.2 Miljømålopfyldelse i forhold til fisk).

1.1. Selvreproducerende bestande

Ved en selvreproducerende bestand forstås, at en given bestand er i stand til at klare sig selv uden støtteudsætninger, og at der samtidig kan opretholdes et vist fiskeri på bestanden. I dette tilfælde er der indregnet et lystfiskeri i Gudenåen på 10 % af opgangen. Forvaltningsmæssigt er 10 % vurderet som det fiskeritryk en laksebestand kan klare samtidig med at gydemassen af laks er tilstrækkelig til at udnytte de gydeområder, som laksen har adgang til - altså med andre ord et bæredygtigt fiskeri. Et fiskeritryk på ca. 10 % er også det som anvendes ved fastsættelse af kvotestørrelserne for de vestjyske laksebestande. Begrebet selvreproducerende bestande siger ikke noget om bestandsstørrelsen i sig selv, blot at den som minimum er bæredygtig. Derfor er der i også givet en vurdering af størrelsen af produktionspotentialerne for havørred og laks i de enkelte modeller.

Minimums bestandsstørrelsen i forhold til at bestanden skal være bæredygtig kaldes også for *Gunstig bevaringsstatus* (Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen 2004). *Gunstig bevaringsstatus* for laks er en tilstand hvor det sikres, at bestandene på længere sigt undgår indavl og ikke mister genetisk variation, samt kan modstå enkelte "dårlige" sæsoner, f.eks. hvor overlevelsen af ynglen slår fejl. *Gunstig bevaringsstatus* for laks i de enkelte vandløb forudsætter, at gydebestandene skal være minimum 1.000 individer i gennemsnit pr. år og de 1.000 gydefisk skal være et resultat af naturlig produktion i vandløbet.

I vurderingerne af antallet af havørred og laks under de enkelte modeller, er det antaget, at den årlige nuværende produktion af ørredsmolt i tilløbene opstrøms Tange og Silkeborg Langsø er ca. 11.000 smolt, eksklusive Tange Å hvor produktionen er ca. 1.500 smolt (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

For hver model er der foretaget en havørred- og laksemodelberegning. Ideen bag beregningerne, er at undersøge om slut-antallet af smolt, ved en givne model, matcher start-antallet. Slut-antallet af smolt, i dette tilfælde 11.000, skal være mindst lige så stort som start-antallet, hvis der skal være mulighed for selvreproducerende bestande af havørred eller laks ved en given model.

1.2. Miljømålopfyldelse i forhold til fisk

I forhold til om modellerne vil skabe mulighed for målopfyldelse (afsnit 1, punkt 3), er det vigtigt at pointere, at det ikke er et krav i forhold målopfyldelse, at der skabes en selvreproducerende laksbestand i Gudenåen. I boks 1 er kriterier for målopfyldelse i forhold til fisk nærmere gennemgået. Når laks er medtaget i nærværende vurdering skyldes det, at den tidligere fandtes i Gudenåen. Den oprindelige Gudenå laks uddøde omkring 1930 (Poulsen, 1935). Indtil 1920 havde laksen sine sidste gyde- og opvækstpladser på strækningen i hovedløbet fra Resenbro (nedstrøms Silkeborg Langsø) til Tange og måske i Tange Å og Borre Å (Johansen & Løfting, 1919). Her havde åen en stor faldgradient, som skabte gode gydeforhold for laks. Ved anlæggelsen af Tangeværket blev laks afskå-

ret fra gydeområderne opstrøms Tange, og Gudenå laksen uddøde. Allerede inden opførelsen af Tangeværket havde hårdhændet fiskeri i Randers Fjord og den nedre del af Gudenåen samt regulering af åen i forbindelse med pramsejlad i 1850'erne reduceret laksebestanden (Johansen & Løfting, 1919). At havørred ikke uddøde som laksen ved opførelsen af Tangeværket skyldes, at havørred, modsat laks, er i stand til at gyde i tilløbene til Gudenåen nedstrøms Tange Sø. Havørredbestanden kunne således opretholdes gennem lokal gydning og udsætninger i tilløbene.

Indtil 1920 havde laksen sine sidste gyde- og opvækstpladser på strækningen i hovedløbet fra Resenbro – Tange og måske i Tange og Borre Å (Poulsen 1935). Således var det på daværende tidspunkt muligt for laksen, at reproducere i en del af Gudenåens hovedløb hvor forholdene endnu stort set er, som de var dengang, nemlig strækningen Silkeborg Langsø til Kongensbro.

Boks 1. Oversigt over væsentlige parametre i Dansk Fiskeindeks For Vandløb, DFFV, som blev beskrevet af Kristensen et. al. (2014) og vedtaget i Naturstyrelsens bekendtgørelse nr. 1071 af 9. september 2014.

DFFV består af to forskellige indices

- DFFV_a, som beskriver den generelle artssammensætning, men ikke egner sig til at bedømme, om antallet af ørred- og/eller lakseyngel er på et naturligt/acceptabelt niveau, målt i antal
- DFFV_ø, som beskriver, om den naturlige bestand af ørred og laks i et gydevandløb for ørred og laks er på et naturligt niveau, målt i antal.

Fiskeundersøgelserne på statens NOVANA-overvågningsstationer er fra og med 2016 tilrettelagt, så der bliver indsamlet data til, at begge indices kan beregnes (Wiberg-Larsen et. al. 2016).

DTU Aquas undersøgelser er baseret på beregning af DFFV_ø, også tilbage i tiden ved de undersøgelser, der er udført som led i arbejdet med at revidere udsætningsplaner/Planer for Fiskepleje. Det skaber mulighed for at beregne tidsserier i visse vandløb helt tilbage til 1950'erne og generelt i mange danske ørredvandløb tilbage til 1980'erne.

Naturstyrelsen har i sin basisanalyse 2013 vurderet, om fiskebestanden i undersøgte vandløb forventes at leve op til DFFV. Datamaterialet er data fra statens overvågningsstationer og DTU Aquas undersøgelser ved revisionen af udsætningsplaner/Planer for Fiskepleje. Det fremgår ikke af dataanalysen, hvilket indeks, der er anvendt i de enkelte vandløb, men Peter Kaarup, Naturstyrelsen har i juni 2016 oplyst, at ud af ca. 8.000 km undersøgte vandløb er fiskebestanden i ca. 900 km vandløb bedømt med DFFV_a, mens resten er bedømt med DFFV_ø.

Forslagene til vandområdeplaner 2015-2021 er endnu ikke vedtaget, og det forventes, at der i de endelige planer kan komme en del ændringer i forhold til det materiale, der var i offentlig høring i foråret 2015.

Desuden er Gudenåens hovedløb inden for projektområdet heller ikke undersøgt så grundigt, at man kan beregne DFFV_a eller DFFV_ø. Derimod kan DFFV_ø beregnes i de vandløb, DTU Aqua har undersøgt. Data over disse beregninger kan ses på www.kort.fiskepleje.dk.

Pga. de manglende data for DFFV i hovedløbet af Gudenåen nord for Silkeborg, har DTU Aqua i nærværende rapport kun foretaget vurderinger af, om DFFV_a og DFFV_ø kan forventes opfyldt i hovedløbet. Tilløbene er dog undersøgt så grundigt af DTU Aqua, i forbindelse med udarbejdelse af planer for fiskepleje, at det kan vurderes, om DFFV_ø er opfyldt eller ej.

2. Resume

2.1. Model A – retablering af 6 km å samt 7,5 km omløb øst om Tange Sø med 0,8 ‰ fald

Det vurderes, at Model A, med stor sandsynlighed, vil skabe grundlag for selvreproducerende lakse- og ørredbestande i Gudenåen opstrøms Tangeværket og Tange Sø (se tabel 1). Suppleres der med andre relevante vandløbsforbedrende tiltag i hovedløbet og tilløbene opstrøms Ansbros, kan større bestande forventes (se Miljøministeriet & Fødevareministeriet 2002).

Manglende målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFVø vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks og havørred). Model A vurderes at ville føre til, at antallet af gydefisk ikke længere vil være en begrænsende faktor for opfyldelse af DFFVø, da begge modeller kan sikre en selvreproducerende havørred- og laksebestand opstrøms Tange Sø.

I Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro vides det ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV). Det vurderes, at DFFVø ikke er opfyldt, og at det er usikkert, om DFFVa er opfyldt. Det vurderes ligeledes, at Model A vil sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVa, mens opfyldelse af DFFVø i hovedløbet også vil kræve egentlig restaurering af gydestryg i hovedløbet.

2.2. Model B - 6 km omløb fra Ans øst om Tange Sø med 0,8 ‰ fald

Det vurderes, at Model B, med stor sandsynlighed, ikke vil skabe grundlag for selvreproducerende lakse- og ørredbestande i Gudenåen opstrøms Tangeværket og Tange Sø. Årsagen er, at dødeligheden for ungfisk af laks eller havørred, i den tilbageværende del af Tange Sø, som fiskene skal passere, sandsynligvis vil være for høj til at sikre selvreproducerende havørred- og laksebestande opstrøms Tangeværket og Tange Sø. Evt. suppleret med andre vandløbsforbedrende tiltag opstrøms Ansbros vil ikke afhjælpe dette forhold (se tabel 1).

Manglende målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFVø vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model B vurderes ikke at ændre på dette forhold, da modellen ikke sikrer en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø. Antallet af gydefisk vil således stadig være en begrænsende faktor for opfyldelse af DFFVø ved denne model.

Det vides ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV).

Det vurderes, at DFFVø ikke er opfyldt, og at det er usikkert, om DFFVa er opfyldt. Det vurderes ligeledes, at Model B muligvis vil sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVa, mens opfyldelse af DFFVø i hovedløbet også vil kræve egentlig restaurering af gydestryg i hovedløbet.

Det skal i øvrigt bemærkes, at Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) havde følgende vurdering af Model 4: "Det forventes ikke, at hverken 15 %, 30 % eller 85 % af Gudenåens vandføring gennem omløb vil medføre acceptable passageforhold for dyr, der søger op gennem Gudenåen, fordi der fortsat vil være et stort søbassin opstrøms for Ans Bro. Ved nedstrøms vandring vil størstedelen af vandløbsdyrene komme ind i Tange Sø, og en del arter vil herved gå til grunde". Denne vurdering vil ligeledes gælde for Model B.

2.3. Model C – 3,5 km kort omløb fra nordenden af Tange Sø med et fald på 2,6 ‰

Det vurderes, at Model C med stor sandsynlighed ikke vil skabe mulighed for selvreproducerende bestande af laks eller havørred opstrøms Tangeværket, da der fortsat vil være en høj smoltdødelighed i Tange Sø (Miljøministeriet og Fødevareministeriet 2002). Situationen i forhold til smoltproduktion, smoltnedtræk og havørredopgang vil svare til den nuværende.

Det vides ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro. Det vurderes ikke, at Model C vil påvirke den nuværende tilstand, uanset om der er god økologisk tilstand eller ej.

Det skal i øvrigt bemærkes, at Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) havde følgende vurdering af Model 3: Det forventes ikke, at hverken 15 %, 30 % eller 85 % af Gudenåens vandføring gennem omløb vil medføre acceptable passageforhold for dyr, der søger op gennem Gudenåen fordi Tange Sø fortsat vil fungere som en barriere i opstrøms retning. Ved nedstrøms vandring vil størstedelen af vandløbsdyrene komme ud i Tange Sø, og en del arter vil herved gå til grunde.

Denne vurdering vil også gælde for Model C.

2.4. Model D - 9 km langt omløb med start i søens vestlige side umiddelbart nord for Ans med 1 ‰ fald

Målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFVø vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model D vurderes ikke at ændre på dette forhold, da modellen ikke sikrer en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø.

Det vides overordnet ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro. Det vurderes ikke, at Model D vil påvirke den nuværende tilstand, uanset om der er god økologisk tilstand eller ej.

Model D vil som den eneste af de vurderede modeller tillade smoltproduktion i Tange Å, og vil formentlig skabe god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Tange Å.

Det skal i øvrigt bemærkes, at Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) havde følgende vurdering af Model 3: Det forventes ikke, at hverken 15 %, 30 % eller 85 % af Gudenåens vandføring gennem omløb vil medføre acceptable passageforhold for dyr, der søger op gennem Gudenåen fordi Tange Sø fortsat vil fungere som en barriere i opstrøms retning. Ved nedstrøms vandring vil størstedelen af vandløbsdyrene komme ud i Tange Sø, og en del arter vil herved gå til grunde.

Denne vurdering vil også gælde for Model D.

2.5. Model E – 11 km langt omløb fra Kongensbro med 0,8 ‰ fald

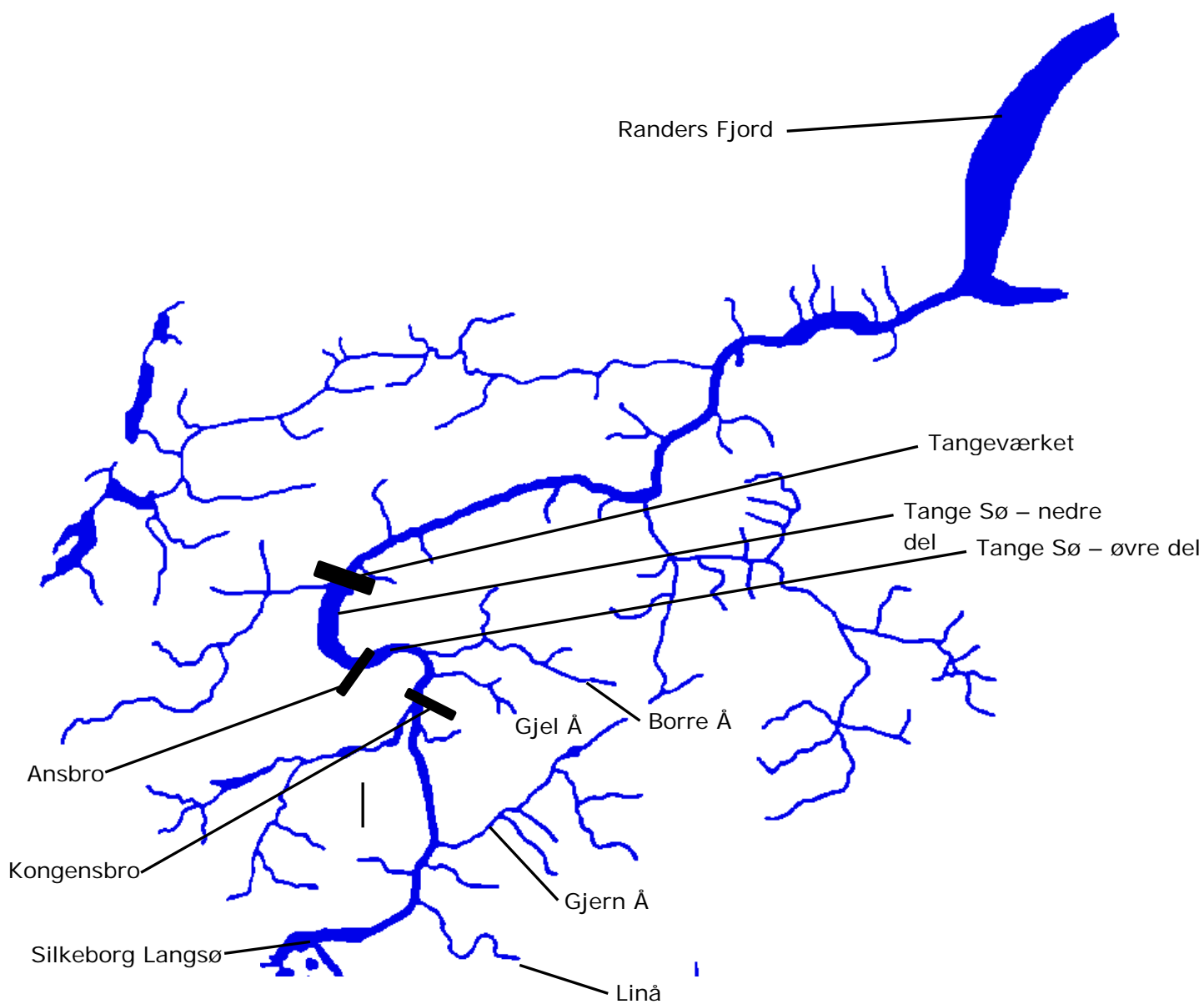
Manglende målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model E vurderes at ville ændre på dette forhold, da begge modeller vil sikre en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø. Således vil de tilløb, hvor der ikke er målopfyldelse, og som skyldes mangel på gydefisk, formentlig opnå målopfyldelse med Model E. Vi kan som eksempel henvise til den kraftige øgning i ørredbestanden, der er konstateret i Gudenåens hovedløb ved Voervadsbro og Vilholt, efter at Naturstyrelsen fjernede en opstemning i 2008. Her er den naturlige ørredbestand fra gydning i hovedløbet blevet meget stor, både opstrøms og nedstrøms den tidligere opstemning (Nielsen 2015).

Det vides ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro. Det vurderes, at Model E vil sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVa, men ikke i forhold til DFFVø. I forhold til at sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVø i hovedløbet kræves det, at der skabes egnede gydeforhold for ørred og laks, bl.a. gennem en aktiv indsats for at løsne eksisterende gydegrus (se Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

Table 1. Opsummering - sammenligning af modellerne A, B, C, D og E i forhold til Fiskebestandene. De nuværende værdier er givet til sammenligning. *Forbedrede forhold* er skaleret fra 1 -5, hvor 5 er bedst (tal i parentes).

	Nuværende	A	B	C	D	E
Mulighed for målopfyldelse (DFFVø), god økologisk tilstand i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø	Nej	Ja (5)	Nej	Nej	Nej	Ja (4)
Mulighed for målopfyldelse (DFFVø), god økologisk tilstand i hovedløbet mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø	Nej	Ja (5)	Nej	Nej	Nej	Ja (4)
Mulighed for målopfyldelse (DFFVa), god økologisk tilstand i hovedløbet mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø	Tilstand ukendt	Ja (5)	Ja (3)	Ja (1)	Ja (1)	Ja (4)
Selvreproducerende lakse- og havørred bestande opstrøms Tangeværket og Tange Sø	Nej	Ja (5)	Nej	Nej	Nej	Ja (4)
Havørred- eller lakseopgang baseret på smolt fra selvproduktion i hovedløbet og tilløb opstrøms Tangeværket	Nej	Ja (5)	Nej	Nej	Nej	Ja (4)
Havørred- eller lakseopgang baseret på smolt fra selvproduktion i nyt omløbsstryg	-	Ja (5)	Ja (2)	Ja (1) ⁽¹⁾	Ja (3) ⁽¹⁾	Ja (4)
Kontinuitet i Gudenåen fra Silkeborg til Randers Fjord	Nej	Ja (5)	Nej	Nej	Nej	Ja (4)
Forbedrede forhold for ål	-	Ja (5)	Ja (3)	Ja (1)	Ja (1)	Ja (4)
Forbedrede forhold for havlampret	-	Ja (5)	Ja (3)	Ja (1)	Ja (1)	Ja (4)
Forbedrede forhold for øvrige fiskearter	.	Ja (5)	Ja (3)	Ja (1)	Ja (1)	Ja (4)

¹⁾ Under forudsætning af, at problemer omkring vandkvalitet mv. for Tange Sø løses. Se tekst for nærmere forklaring.



Kort over den nedre del Gudenåsystemet, Silkeborg Langsø – Randers Fjord med angivelse af centrale stednavne, der er anvendt i dette notat.

3. Nuværende situation

3.1. Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro

For hovedløbet mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø ligger der, til DTU Aquas kendskab, ingen nyere data, som umiddelbart kan anvendes til at vurdere den nuværende fiskeøkologiske tilstand, ligesom tilstanden er angivet som "ukendt" i webgis.

Hovedløbet opstrøms Tange Sø er ikke blevet reguleret siden 1850'erne, og Tange Sø og opstuvningszonen fra dæmningen har siden 1920 dækket ålejet mellem Kongensbro og Tangeværket (teknisk regnes Tange Sø fra Kongensbro, da stuvningseffekten fra Tange Sø som minimum strækker sig hertil).

Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro har i dag ikke nogen betydning som produktionsområde for laks og havørred. Opstrøms Tange har der været mangel på gydefisk af laks og havørred siden etableringen af Tangeværket (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

Et andet sted i Gudenåens hovedløb ved Voervadsbro, hvor åen er 20 m bred, bevirkede fjernelse af en opstemning i 2008 (Vilholt Mølle), at der allerede året efter kom en meget stor naturlig produktion af ørreder fra gydning på de lavvandede stryg (Nielsen 2015). En tilsvarende udvikling kan forventes i Gudenåen opstrøms Tange, såfremt passageproblemerne løses ved Tangeværket og Tange Sø.

Den potentielle smoltproduktion i hovedløbet mellem Silkeborg Langsø og Kongensbro anslås til ca. 22.000 havørred eller laksesmolt, forudsat at der skabes gode gyde- og opvækstforhold i hovedløbet (Miljøministeriet & Fødevareministeriet 2002).

Det vides, som tidligere nævnt, ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro (tilstand "ukendt" i henhold til webgis). Tilstanden er således muligvis god i forhold til DFFVa. Det vurderes dog, at DFFVø ikke er opfyldt.

I forhold til vandløbets kontinuitet er denne brudt med de nuværende dårlige passageforhold ved Tangeværket og Tange Sø, dels ved manglende opstrøms passage, dels pga. en stor dødelighed af vandrefisk i Tange Sø (Jepsen et. al 1997, Pedersen et al. 2012). Dermed er der ikke kontinuitet i den nedre del af Gudenåen.

3.2. Gudenåens tilløb mellem Silkeborg Langsø og Tange

I dette afsnit beskrives kortfattet de fysiske og biologiske forhold i de største af tilløbene til Gudenåen mellem Silkeborg Langsø og Tange, idet disse vandløb vil kunne bidrage

væsentligt til produktionen af havørred- og laksesmolt, hvis passageproblemerne ved Tange Sø løses.

Grundlaget for beskrivelsen af de fysiske forhold i tilløbene til Gudenåens hovedløb er primært rapporter fra Århus Amt (Århus Amt, 1999), Viborg Amt (Viborg Amt, 1990; 1997; 1998), Danmarks Fiskeriundersøgelser (Jørgensen, 1994), DTU Aqua (Holm & Carøe, 2011), webgis og Ørredkortet.

Feltundersøgelserne til Holm & Carøe (2011) blev lavet i sensommer/efteråret 2010.

Resendal Bæk

Resendal Bæk er et fint lille yngelvandløb med gode fysiske forhold. Der er blot ingen yngel i vandløbet. Årsagen er ukendt, men en sandsynlig del af forklaringen kan være mangel på gydefisk (havørred). Vandløbet er ikke markeret i webgis, og dermed formentlig ikke med i Vandplanen.

Nebel Bæk

Nebel Bæk er et fortrinligt yngelvandløb med gode fysiske forhold. Der er blot, som i Resendal Bæk, ingen yngel i vandløbet. Årsagen er ukendt, men en sandsynlig del af forklaring kan være mangel på gydefisk (havørred).

Linå

Linå er et delvist reguleret vandløb, der udspringer ved Mollerup og løber til Gudenå nord for Resebro. Der er dog også strækninger med et naturligt forløb, og en stor del af vandløbet er egnet som gyde- og opvækstområde for ørred, især i den nedre del. Silkeborg Kommune har gennem de senere år gennemført omfattende vandløbsrestaurering og udlægning af gydegrus i vandløbet. Tidligere fandtes der to dambrug på den midterste del, men vandløbet er i dag fri for spærringer og har et fint naturligt forløb med varierende dybe og vekslende bund med flere gode gydestrækninger. På de fleste stationer er der en bestand af ørred, og ørredudsætningerne blev indstillet i 2003.

Der er pt. ikke målopfyldelse i forhold til fisk (DFFVØ) nogen steder i Linå, på trods af egnede gyde- og opvækstforhold for ørred. Årsagen er ukendt, men en sandsynlig del af forklaringen kan være mangel på gydefisk (havørred).

Voel Bæk

En stor del af Voel Bæk har et naturligt forløb med grusbund, træødder og store sten. Den nedre del veksler mellem strækninger med gode fysiske forhold og regulerede strækninger, hvor vandløbet ligger dybt i terræn.

Der er pt. ikke målopfyldelse i forhold til fisk (DFFVØ) nogen steder i Voel Bæk, på trods af egnede gyde- og opvækstforhold for ørred. Årsagen er ukendt, men en sandsynlig del af forklaringen kan være mangel på gydefisk (havørred).

Gjern Å

De bedst egnede vandløbsstrækninger i Gjern Å systemet for gydning og opvækst af laksefisk er i hovedløbet af Gjern Å nedstrøms sammenløbet med Gjelbæk samt i Gjelbæk nedstrøms Farre, Voldby Bæk nedstrøms Voldby og Dalby Bæk ved Gjern. Der findes dog flere spærringer i Dalby Bæk. Den øvre del af Gjern Å er stærkt påvirket af algeudskyllinger fra Søbygård Sø og vil næppe være egnet ørredvandløb, før dette stopper. Gjern Å's hovedløb omkring og nedstrøms Gjern by vil formentlig også være egnet som gyde- og opvækstområde for laks. Gjern Å huser en bestand af almindelig smerling (*Barbatula barbatula*), som er rødlistet.

I den nedre del af Gjern Å er miljøtilstanden, i forhold til fisk, "ukendt" i henhold til webgis. På baggrund af Holm & Carøe (2011), skønnes tilstanden at være "dårlig" (DFFVø). Årsagen er ukendt, men en sandsynlig del af forklaringen kan være mangel på gydefisk (havørred).

Gjel Å

Reguleringer og nogen okkerpåvirkning mindsker Gjel Å's egnethed som ørredvand. Der er rimelige yngelopvækstområder, men ikke mange egnede gydeområder.

Der er pt. ikke målopfyldelse i forhold til fisk (DFFVø) nogen steder i Gjel Å, på trods af egnede gyde- og opvækstforhold for ørred. Årsagerne kan være okker samt mangel på gydefisk (havørred).

Borre Å

De mellemste og nedre dele af Borre Å er stort set uregulerede. Borre Å er særdeles egnet som gyde- og opvækstområde både for ørred og laks. Borre Å var før bygningen af Tangeværket antageligt gydeområde for Gudenålaksen (Poulsen, 1935).

I henhold til webgis er der "dårlig" miljøtilstand i størstedelen af Borre Å i forhold til fisk (DFFVø), i den resterende del af vandløbssystemet er tilstanden "ukendt". I henhold til Holm & Carøe (2011) er der god økologisk tilstand på en enkelt station i Borre Å (DFFVø).

Årsagen til, at der er "dårlig" miljøtilstand i Borre Å er ukendt, men en sandsynlig del af forklaringen kan være mangel på gydefisk (havørred).

Hinge Å

Der er mange egnede ørredvandløb i Hinge Å's opland, men Alling Sø og Hinge Sø giver naturlige vanskeligheder for nedvandring af ørredsmolt og påvirker Hinge Å med et højt indhold af alger i hovedløbet. Der er i dag en 6,5 m høj opstemning i den nedre del af Hinge Å ved Allinggård, og vandkraften udnyttes til strømproduktion. Uden denne opstemning ville hele vandsystemet være tilgængeligt for vandrefisk. Den nedre del af Hinge Å fra Grønbæk til Gudenåen ville samtidig få genskabt med et stort, naturligt fald og

ville formentlig kunne blive et vigtigt gyde- og opvækstområde for både laks og havørred.

Der er "dårlig" eller "moderat" økologisk tilstand i store dele af Hinge Å systemet (DFFVø). I andre store dele af systemet er tilstanden "ukendt". I et enkelt tilløb, Blindbæk, er der "god" tilstand. Dette er i øvrigt det eneste tilløb mellem Tange Sø og Silkeborg Langsø, hvor der er "god" tilstand.

Manglende målopfyldelse i Hinge Å systemet vurderes i udpræget grad at skyldes mangel på gydefisk.

Tange Å

Den øvre del af Tange Å opstrøms Kjellerup er ikke egnet som gyde- og opvækstområde for ørred eller laks. De nederste ca. 12 km har godt fald med mange stryg, og ville formentlig kunne blive gode gyde- og opvækstområder for laks og havørred. I forhold til DFFVø på de ti undersøgte stationer i Tange Å systemet, er der "god" økologisk tilstand på én station, og "dårlig" eller "moderat" økologisk tilstand på de ni øvrige. Fra Humle Mølle til Tange Sø er vandløbet varieret med masser af skjul, god til frisk strøm og gruset/stenet bund. Der er registreret ørredyngel på alle befiskede stationer, men altså ikke i et omfang, så god økologisk tilstand er nået (Holm & Carøe, 2011).

En række resultater for tilløbene er samlet i tabel 2.

Tabel 2. Tilløb til Gudenå mellem Silkeborg og Tange Sø, med angivelse af antal stationer undersøgt samt på hvor mange af disse, der var målopfyldelse i forhold til DFFVø (Holm & Carøe, 2011).

Vandløb	Antal stationer undersøgt	Antal stationer med Målopfyldelse DFFVø
Linå	8	0
Voel Bæk	3	0
Gjern Å	30	0
Gjel Å	3	0
Borre Å	17	0
Hinge Å	24	1
Resendalbæk	1	0
Nebel Bæk	2	0
Tange Å	10	1
I alt	88	2

Generelt vurderes manglende målopfyldelse i forhold til DFFVø i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). De bækørredbestande, som findes i hovedløbet og tilløbene, kan ikke alene sikre målopfyldelse i forhold til DFFVø, da deres reproduktionspotentiale simpelthen ikke er tilstrækkeligt stort.

Det vides ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro (tilstand "ukendt" i henhold til webgis). Det vurderes, at der ikke er god økologisk tilstand i forhold til DFFVØ, mens der er usikkerhed om at tilstanden kan være god i forhold til DFFVa.

I forhold til vandløbets kontinuitet er denne brudt med de nuværende op- og nedstrøms passageforhold ved Tangeværket og Tange Sø. Dermed er der ikke kontinuitet i den nedre del af Gudenåen i dag.

3.3 Fiskene opstrøms Tangeværket og Tange Sø

3.3.1. Havørred

Ved anlæggelsen af Tangeværket blev havørreden afskåret fra områderne opstrøms Tange. Havørredgydning var herefter kun mulig i tilløb nedstrøms Tangeværket, og bestanden i Gudenå systemet blev reduceret med 45 % i forhold til tidligere (Poulsen, 1935).

I forhold til smoltnedvandring er laks og havørred sammenlignelige. Således blev smolt dødeligheden af laks og havørred i Tange Sø i 1996 målt til ca. 85 % for begge arter (Jepsen et al. 1997). Dieperink (2007) undersøgte i 2006 dødeligheden af laksesmolt udsat forskellige steder i Tange Sø. Undersøgelsen viste, at der var en høj og ensartet dødelighed for alle udsætningsgrupperne af laks, 90 % ± 5 %, uanset hvor de var udsat i forhold til udløbet. Undersøgelsen bekræfter således resultaterne i Jepsen et al. (1997). Smoltdødeligheden i Tange Sø skyldes først og fremmest prædatorer som gedder, skarv og fiskehejre (Jepsen et al. 1997).

Fisketrappen ved Tangeværket skaber desuden ikke tilstrækkelig opstrøms passage af havørred i forhold til at tillade en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tangeværket og Tange Sø.

Alt i alt ødelægger de dårlige op- og nedstrøms passageforhold ved Tangeværket og Tange Sø således muligheden for en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tangeværket (for nærmere oplysninger se Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

I henhold til DTU Aquas Plan for fiskepleje (Holm & Carøe, 2011) udsættes der årligt yngel, ½-års og 1-års ørred svarende til ca. 51.000 yngel i tilløbene til Gudenå systemet mellem Silkeborg Langsø og Tange.

I vurderingerne af antallet af havørred og laks under de enkelte modeller, er det antaget, at den årlige nuværende produktion af ørredsmolt i tilløbene opstrøms Tange og Silkeborg Langsø er ca. 11.000 smolt, eksklusiv Tange Å hvor produktionen er ca. 1.500 smolt (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

Under forudsætning af, at der opnås god økologisk tilstand i tilløbene opstrøms Tange Sø, samt at der skabes tilstrækkelig faunapassage omkring Tangeværket og Tange Sø, skønnes tilløbene at kunne producere ca. 46.000 smolt af havørred eller laks, inklusive Tange Å hvor den potentielle smoltproduktion er vurderet til ca. 9.300 (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

Den nuværende ørredsmoltproduktion i hovedløbet mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø er vurderet til nul (Nielsen, 1998 & 2001; Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002). Hvis der genskabes samt egnede fysiske forhold i åen for gydning og yngelopvækst vurderes det at den potentielle ørred eller laksesmoltproduktion i hovedløbet mellem Silkeborg Langsø og Kongensbro, til ca. 10 smolt pr. 100 m², svarende til en samlet produktion på ca. 39.000 smolt (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

Den potentielle smoltproduktion fra tilløbene plus den potentielle produktionen fra hovedløbet giver således samlet en produktion på ca. 85.000 ørred eller laksesmolt opstrøms Tange.

Opstrøms Silkeborg er tilløbene til Gudenåen og hovedløbet ikke medtaget i vurderingerne, idet undersøgelser har vist, at ungfisk af havørred og laks ikke kan forventes at passere gennem søerne til Randers Fjord. Det bevirker, at disse vandløb ikke kan bidrage væsentligt til en havørred- og laksebestand i Gudenåen.

3.3.2. Laks

Den oprindelige Gudenå laks uddøde omkring 1930 (Poulsen, 1935). Indtil 1920 havde laksen sine sidste gyde- og opvækstpladser på strækningen i hovedløbet fra Resenbro (nedstrøms Silkeborg Langsø) til Tange og måske i Tange Å og Borre Å (Johansen & Løfting, 1919). Her havde åen et stort fald, som skabte gode gydeforhold for laks. Ved anlæggelsen af Tangeværket blev laks afskåret fra gydeområderne opstrøms Tange og Gudenå laksen uddøde. At havørred ikke uddøde som laksen ved opførelsen af Tangeværket skyldes, at havørred, modsat laks, er i stand til at gyde i tilløbene til Gudenåen nedstrøms Tange Sø. Havørredbestanden kunne således opretholdes gennem lokal gydning og udsætninger i tilløbene.

Såfremt der skabes betingelser for en selvreproducerende laksebestand i Gudenåen forventes produktion af laks primært at foregå i hovedløbet opstrøms omløbsstryget, i Borre Å, Gjern Å, Linå og i omløbsstryget (såfremt egnede forhold etableres). Der er usikkerhed om størrelsen af det nuværende lakseproduktionspotentiale i hovedløbet mellem Silkeborg Langsø og Kongensbro, men ligesom for havørred vurderes det, at der i løbet af få år også kan skabes et godt produktionspotentiale for laks her.

Skabes der grundlag for en selvreproducerende laksebestand i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg Langsø og Tange kan det forventes, at den samlede produktion af laks og ørred bliver større end for havørred alene, da yngel og ungfisk af laks og ørred ikke har

100 % habitatoverlap. Kennedy (1980) observerede således, at biomassen af ungfisk af ørred og laks i et vandløb var 45 % højere, når begge arter var til stede, end når alene ørred var til stede.

Det vurderes således, at laks primært vil have størstedelen af sit opvækstområde i hovedløbet, og at en forøgelse af den samlede smoltproduktion, ved tilstedeværelsen af både ørred og laks, således hovedsageligt forventes her. Der kan også henvises til, at udsatte laks klarede sig godt sammen med stalling og ørred i Gudenåen ved Vilholt (Nielsen 1995, 2004).

De dårlige passageforhold ved Tangeværket og Tange Sø tillader, ligesom for havørred, ikke en selvreproducerende laksebestand opstrøms Tangeværket og Tange Sø (for nærmere oplysninger se Miljøministeriet & Fødevarerministeriet, 2002).

Da den oprindelige laks i Gudenåen er uddød, må en evt. genopbygning af en laksebestand i Gudenåen baseres på udsætninger af laks fra andre vandløb. Oprindelige danske laks af Vestjysk afstamning vil formentlig være velegnede til dette formål.

3.2.3. Ål

I øjeblikket benytter større ål (> 30 cm) primært fisketrappen ved Tange til opstrøms passage. Da en del af ålene er i stand til at passere gennem gitteret i risteværket nedstrøms Tangeværket, finder mange ål antageligt aldrig fisketrappen. Det vurderes ligeledes, at ålene generelt har svært ved at finde fisketrappen, hvor vandføringen er ret lille, sammenlignet med vandføringen gennem turbinerne.

Den nuværende opgang af åleyngel sker primært i de to ålepas ved Tangeværket. Det vides ikke, hvor stor en andel af ynglen, som finder ålepassene, men en stor del af åleynglen finder dem formentlig aldrig (Miljøministeriet & Fødevarerministeriet, 2002).

Ål, der fanges i Tange Sø i øjeblikket, er en blanding af ål, som er vokset op i søen, og blankål på træk fra søerne og tilløbene højere oppe i Gudenå systemet.

Undersøgelser gennemført af DTU Aqua har påvist, at der, under de nuværende forhold, sker et betydeligt tab af ål under nedstrøms passage af Tange Sø og Tangeværket (Pedersen et al. 2012). Tabet ligger i størrelsesordenen 50 - 60 %, hvilket altså vil sige, at ålebestanden fra Gudenåen opstrøms Tangeværket reduceres med mindst 50 % alene her.

3.2.4. Flod- og havlampret

I Gudenåens hovedløb nedstrøms Tangeværket findes der både flod- og havlampret, mens disse ikke er fundet opstrøms Tange Sø siden 1911 (Otterstrøm, 1917). Flod- og havlampret er begge rødlistede (http://www2.dmu.dk/1_Om_DMU/2_Tvaerfunkt/3_fdc_bio/projekter/redlist/redlist.asp) og er beskyttede i henhold til EU's habitatdi-

rektiv, bilag II. Lampretter er næppe i stand til at passere opstrøms Tangeværket under de nuværende forhold.

3.4 Fiskene nedstrøms Tangeværket og Tange Sø

Denne vurdering har fokus på forholdene opstrøms Tange Sø og i omløbsstrygene. Tidligere er muligheden for at genskabe gydemuligheder for laks og havørred nedstrøms Tangeværket vurderet (Miljøministeriet & Fødevareministeriet 2002; Nielsen et al. 2013). Det vurderes ikke muligt, så længe kraftværket kører med intervaldrift og der sker store udsving i vandstanden i åen over døgnet nedstrøms Tangeværket (figur 1). Desuden kan en temperaturforøgelse, som Tange Sø skaber, være et problem i år med høje sommertemperaturer (Nielsen et.al. 2013).

Hovedløbet mellem Tangeværket og Langå forventes umiddelbart kun at kunne bidrage begrænset til smoltproduktionen, uanset hvilken model der vælges. Den samlede produktion i dag anslås til ca. 3.000 smolt. For at opnå fuldt produktionspotentiale i Gudenåen nedstrøms Tangeværket er det nødvendigt at forbedre de eksisterende gyde- og opvækst muligheder (se Miljøministeriet & Fødevareministeriet 2002 og Nielsen et al. 2013). Såfremt de eksisterende eksisterende gyde- og opvækst muligheder forbedres, f.eks. ved gennemførelse af Model 8 som beskrevet af Miljøministeriet & Fødevareministeriet (2002), anslås det, at den potentielle smoltproduktion i hovedløbet nedstrøms Tangeværket vil være ca. 10.000 smolt (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

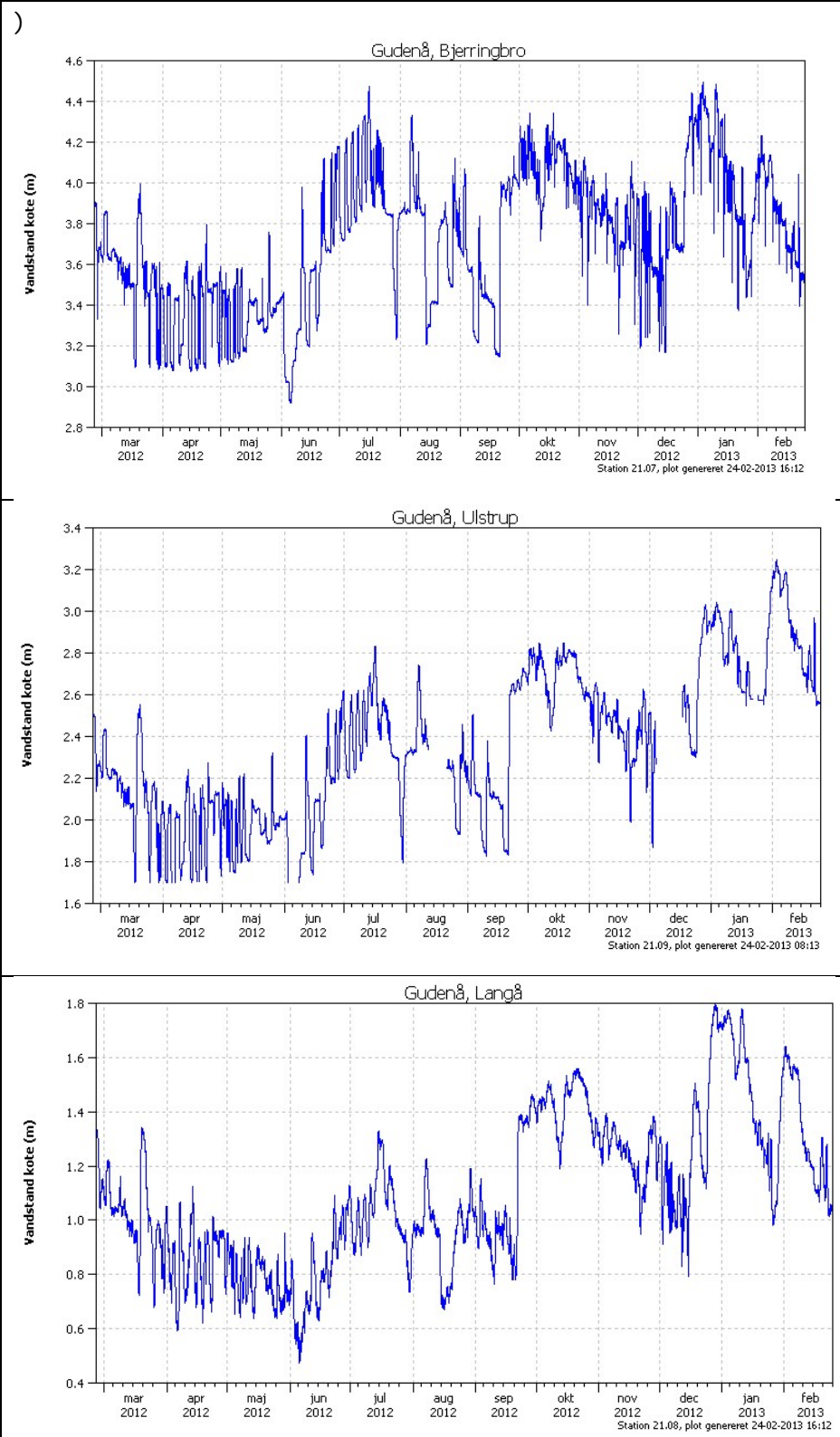
Smoltproduktionsforholdene nedstrøms Tangeværket er ikke behandlet videre i denne rapport.

Figur 1

Udsvingene i den daglige vandstand i Gudenåen ved Bjerringbro, Ulstrup og Langå.

Data fra Orbicon, hentet på Gudenåkomiteens hjemmeside, 24. februar 2013.

Figur fra Nielsen et.al. (2013).



4. Vurdering af modellerne

4.1. Model A

I denne model etableres et nyt 7,5 km langt og 40 - 50 m bredt forløb af Gudenåen, med 0,8 promilles fald øst om Tange Sø med genskabelse af 6 km af ådalen fra ca. 1,5 km opstrøms for Ans Dæmningen og op til Kongensbro (Rambøll 2016).

Den bevarede del af Tange Sø vil ikke modtage vand fra Gudenåen, og vandføringen i det nye omløb vil svare fuldstændig til afstrømningen i Gudenåen. Derved er hele Gudenåen, undtagen Tange Å, lagt uden om Tange Sø. Rambøll (2016) nævner dog muligheden for at etablere en landkanal fra Kongensbro til Tange Sø. Denne løsning er ikke vurderet i nærværende notat.

Miljøministeriet & Fødevareministeriet (2002) og Cowi (2007) har beskrevet to modeller, Model 7 og Model 11, hvis forløb begge minder om Model A. I fiskefaglig sammenhæng er den væsentligste forskel på disse to modeller og Model A, at stryget i Model A er skitseret med et "naturligt" fald på ca. 0,8 promille, mens det både i Model 7 og 11 er skitseret med 0,3 promille og afsluttes med stryg anlagt med 5 promille. Begge dele har betydning for passage af stryget og produktionsforholdene i stryget, og Model A har dermed nogle fiskemæssige fordele sammenlignet med Model 7 og 11.

4.1.1. Havørred

Havørredmodellen

I Miljøministeriet & Fødevareministeriet (2002) blev der udviklet og anvendt en havørredmodel, som kunne bruges til at vurdere, om de forskellige løsninger skabte grundlag for en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tangeværket eller ej. I det følgende er parametrene, som indgår i modellen, gennemgået.

Opstrøms passage

Generelt vurderes opstrøms passageforholdene for ørred at blive væsentligt forbedret ved Model A i forhold til de eksisterende forhold, og det vurderes, at modellen vil sikre fri opstrøms passage.

Det skal bemærkes, at muligheden for en havørredbestand i Tange Å reelt afskæres ved gennemførelse af Model A.

Nedstrøms passage

Vandføringen i det nye omløb vil svare fuldstændig til afstrømningen i Gudenåen, og smoltene skal ikke mere passere gennem en opstuvningszone eller sø. Derved er hele Gudenåen lagt uden om Tange Sø, og passageproblemet, hvor 85 – 90 % af smoltene forsvinder i Tange Sø, er væk.

Vurderings- og beregningsgrundlag

Neden for er gennemgået en modelberegning (tabel 3), som er foretaget for de anslåede parametre omkring havørredopgang og smoltdødelighed i Model A:

Det forventes, at alle gydemodne havørreder vil kunne passere opstrøms til gydeområderne opstrøms Tange ved Model A. I dag forventes det kun, at 25 % finder gennem fisketrappen. Desuden antages følgende:

- Ingen smoltdødelighed i Tange Sø, mod de nuværende ca. 85 %.
- Vandføringen ind i Tange Sø ved Ansbro er 0 %.
- Den hidtil dokumenterede smoltdødelighed på ca. 70 % mellem Tange Sø og Randers Fjord (Nielsen 1985, Koed 2000) skyldtes for en stor del sandart, som ophobes nedstrøms Tangeværket (Koed, 2000). Hvis der etableres et omløb uden om Tange Sø, vurderes vandløbsdødeligheden mellem Tangeværket og Randers Fjord at ændres til en vandløbsdødelighed på 1 % pr. km, som generelt er fundet for danske vandløb.
- Det nuværende antal smolt, som svømmer ind i Tange Sø via Gudenåens hovedløb, anslås til ca. 11.000 smolt (se afsnit 1.1.). Disse er stort set alene produceret i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket (eksklusive Tange Å og andre tilløb til Tange Sø) og stammer fra naturlig produktion og udsætninger.
- Havoverlevelsen for smolt til havørreder der går op i åen er 23 % (Koed et. al. 1997).
- Havørredødeligheden i Gudenåen, som skyldes lystfiskeri, sættes til 10 %¹.
- I Gudenåen udgør havørred hunner ca. 60 % af en gydeårgang (Nielsen, 1985). Gennemsnitsvægten for havørredhunner i Gudenåen er ca. 1,5 kg (Nielsen, 1985). En havørredhun lægger i gennemsnit ca. 2.600 æg pr. kg (beregnet efter Mortensen, 1978).
- Overlevelsen fra æg til smolt er 1,5 %.
- For at modellen skal balancere, og dermed tillade at havørredbestanden er selvproducerende, er princippet for modellen, at slutpunktet skal udligne udgangspunktet, dvs. at disse 11.000 ørredsmolt skal give ophav til mindst 11.000 nye ørredsmolt, når livscyklus er gennemført.

¹ Baggrunden for at dødeligheden, som skyldes lystfiskeri, sættes til 10 % af opgangsbestanden, er at et fiskeritryk af denne størrelse, vurderes at ligge inden for den sikre grænse for, hvor stor en reduktion det fiskeribiologisk er forsvarligt at påføre en bestand. Med andre ord vurderes et sådant fiskeribiologisk bæredygtigt. Samme princip anvendes i forvaltningen af de vestjyske laksebestande.

Table 3. Model A - havørredmodel for Gudenåen opstrøms Tangeværket. For detaljer omkring de anvendte parametre, se tekst.

Parameter	Beregning/Værdi
Start	11.000 smolt
Smoltnedtræk forbi Tangeværket	11.000 smolt
Smoltnedtrækket til Randers Fjord fra Gudenå systemet opstrøms Tange	7.522 smolt
Den tilbagevendende gydebestand som ankommer til Gudenåen	1.730 havørreder
Størrelsen af den forventede havørred gydebestand til områderne opstrøms Tange	1.557 havørreder
Antal æg pr. årgang	3, 643.737 æg
Slutpunkt:	54.656 smolt

For at modellen kan balancere, skal slutpunktet udligne udgangspunktet. Altså skal smoltudtrækket forbi Tange ved slutpunktet være mindst 11.000. Det beregnede smoltudtræk er på 54.656 smolt, dvs. meget mere end de 11.000 smolt: **Modellen balancerer altså, hvilket indikerer, at Model A, med meget stor sandsynlighed, vil sikre en selvproducerende havørredbestand opstrøms Tange Sø.**

Bemærk, at det maksimale produktionspotentiale opstrøms Tange Sø er ca. 85.000 smolt (se afsnit 3.3.1. om havørred). Det beregnede "overskud" af smolt ved model A indikerer derfor, at produktionspotentialet kan nås i løbet af få år efter evt. gennemførelse af modellen.

Havørredsmoltproduktion i omløbsstryget og den restaurerede åstrækning

Omløbsstryget (7,5 km nyt forløb) og den restaurerede åstrækning (6 km) forventes at bidrage med en betydelig ørredsmoltproduktion, bl.a. afhængig af gydeareal og hvilken udformning af stryget, der vælges. Gyde- og opvækstbetingelserne i et omløb med et naturligt fald er bedre end i et omløb med udjævnet fald som i Model 7 og 11. Smoltproduktionen i omløbet og det restaurerede forløb ved Model A anslås til ca. 10 ørredsmolt pr. 100 m², hvilket vil resultere i ca. 60.750 ørredsmolt. Dette skønnes i sig selv at resultere i en øget opgang på knap ca. 9.500 havørreder til Gudenåen.

Det forventede smoltnedtræk ved Model A, under forudsætning af at der sker forbedringer af vandkvaliteten og de fysiske forhold i hovedløb og tilløb mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket, fremgår af Tabel 4.

Ved tilstedeværelse af både ørred og laks bliver den samlede smoltproduktion af ørred og laks formentlig større end ørred alene, da ørred og laks ikke har 100 % habitatoverlap (se nedenstående afsnit om laks).

Tabel 4. Forventet smoltproduktion, smoltnedtræk og havørredopgang ved Model A. Nuværende værdier er givet til sammenligning.

	Nuværende	Model A, samt nuværende forhold uændrede	Model A, forudsat målopfyldelse (DDFVØ) opstrøms Tange
Smoltproduktion i omløbsstryg + gendannede hovedløb mellem Kongensbro og omløbsstryget.	Ingen	60.750	60.750
Smoltproduktion i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket.	12.000 ⁽¹⁾	11.000 ⁽²⁾	37.000 ⁽²⁾
Smoltproduktion i hovedløb mellem Silkeborg Langsø og Kongensbro.	0	6.000	39.000
Smoltnedtræk forbi Tangeværket.	1.800	77.750	136.750
Smoltnedtræk ved Randers (kun medregnet smolt produceret i hovedløbet og tilløb opstrøms Tangeværket).	600	53.000 ⁽³⁾	93.500 ⁽³⁾
Havørredopgang (kun medregnet smolt produceret i hovedløbet og tilløb opstrøms Tangeværket). ⁽⁴⁾	130	12.200	21.500

¹⁾ Tange Å er medregnet.

²⁾ Tange Å er ikke medregnet, da disse smolt forventes at forsvinde i Tange Sø ved denne løsning.

³⁾ Der er taget højde for en dødelighed ("instantaneously mortality") på 0,01 pr. km for smolt produceret nedstrøms Tange.

⁴⁾ Der er regnet med en fiskeridødelighed på 23 % i Randers Fjord (Nielsen, 1985).

Overordnet vurderes det, at Model A vil skabe basis for en stor, selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tangeværket.

4.1.2. Laks

Laksemodellen

Dødeligheden for laks i havet er ca. 95 % og dermed væsentlig højere sammenlignet med havørred. Dette skyldes især, at laksens vandring til Grønlandshavet, og tilbage igen, er forbundet med store risici og høj dødelighed. Hunlaksene, som vender tilbage, er ca. 4 kg i gennemsnit og er dermed væsentligt større end havørrederne. Men laksene indeholder færre, og større æg, pr. kg kropsvægt (ca. 1.600 æg pr. kg) end havørrederne. Det er således på disse tre punkter i beregningsgrundlaget, at laksemodellen adskiller sig fra havørredmodellen. De øvrige parametre er de samme som i Havørredmodellen i afsnit 2.2.1.

For at laksebestanden er selvreproducerende skal slutpunktet for nedtrækket af lakse-smolt, som for ørredsmolt, udligne udgangspunktet.

I tabel 5 er vist en Model A-beregning for laks, med udgangspunkt i 11.000 smolt.

Table 5. Model A - laksemodel for Gudenåen opstrøms Tangeværket. For detaljer omkring de anvendte parametre, se tekst.

Parameter	Beregning/Værdi
Start	11.000 smolt
Smolt nedtræk forbi Tangeværket	11.000 smolt
Smolt nedtrækket til Randers Fjord fra Gudenå systemet opstrøms Tange	7.522 smolt
Den tilbagevendende gydebestand som ankommer til Gudenåens udløb	376 laks
Størrelsen af den forventede gydebestand til områderne opstrøms Tange	339 laks
Antal æg pr. årgang	1.083.236 æg
Slutpunkt:	16.249 laksesmolt

For at modellen balancerer, skal slutpunktet udligne udgangspunktet. Altså skal smoltudtrækket forbi Tange ved slutpunktet være mindst 11.000. Det beregnede smoltudtræk er på 16.249 laksesmolt: Modellen balancerer altså, hvilket betyder, at **Model A, med stor sandsynlighed, vil sikre en selvreproducerende laksebestand opstrøms Tange Sø.**

Laksesmoltproduktion i omløbsstryget

Laksemodellen adskiller sig fra havørredmodellen sig, som nævnt, på tre punkter. Et laksesmoltudtræk på 60.750 smolt fra omløbsstryget skønnes at resultere i en opgang på knap 2.100 laks til Gudenåen beregnet på baggrund af laksemodellen.

4.1.3. Ål

Ålen gyder ikke i ferskvand men vandløb og søer er vigtige opvækstområder. Generelt vurderes opstrøms passageforholdene for ål at blive væsentligt forbedret ved Model A, i forhold til de eksisterende forhold, da alt vandet ledes udenom Tange Sø og Tangeværket. I øjeblikket benytter større ål (> 30 cm) primært fisketrappen ved Tange til opstrøms passage. Da en del af ålene er i stand til at passere gennem gitteret i risteværket nedstrøms Tangeværket, finder mange ål antageligt aldrig fisketrappen.

Den nuværende opgang af åleyngel sker primært i de to ålepas ved Tangeværket. Det vides ikke, hvor stor en andel af ynglen, som finder ålepassene i øjeblikket, men en stor del finder formentlig aldrig ålepassene (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

Med Model A vil der ikke længere være det relativt store tab af de blankål, som i dag vandrer igennem Tange Sø.

4.1.4. Flod- og havlampret

Arterne er aldrig observeret i fisketrappen ved Tangeværket, så flod- og havlampret er næppe i stand til at passere opstrøms forbi Tangeværket under de nuværende forhold. Dette forventes fuldstændig løst ved gennemførelse af Model A.

Lampretter gyder i vandløb, hvor der er grusbund, dvs. de samme steder, som laks og ørred gyder. Det vurderes derfor, at der kan skabes egnede gydeforhold i omløbsstryget og i det restaurerede åløb mellem Kongensbro og Ans ved Model A.

4.1.5. Øvrige fiskearter

De vigtigste øvrige arter i relation til passage er: Helt, sandart, skalle, rudskalle, brasen, flire, løje, grundling, aborre, hork og gedde. Model A vurderes at skabe fri passage for alle arterne. Skalle og løje, som udgør en vigtig del af fødegrundlaget for sandart, ophobes i øjeblikket nedstrøms Tangeværket på visse tider af året (Koed, 2000). Dette skønnes at være af stor betydning for bestandsdynamikken hos sandart nedstrøms Tangeværket. Fri passage for disse arter vurderes derfor at kunne ændre bestandsdynamikken hos sandart og dermed indirekte ændre smolt dødeligheden nedstrøms Tangeværket. Smerling, der er rødlistet, findes i øjeblikket kun med sikkerhed i Gjern Å systemet opstrøms Tange Sø. Tidligere har der været smerling i både Borre Å og Tange Å (Johansen & Løfting, 1919). Det er muligt, at smerling ved Model A sammen med tilstrækkelige vandløbsforbedringer i Borre Å kan kolonisere her. Derimod vil smerling være afskåret fra at kolonisere Tange Å ved Model A.

Stamsild (maj- og stavsild), som er meget sjældne i Danmark og rødlistet som akut truede arter, fanges undtagelsesvist i Randers Fjord. Stamsild yngler i ferskvand, men det er uvist, om fiskene som fanges i Randers Fjord stammer fra gydning i Allingå, Gudenåen eller tilløb hertil. Det er muligt, at stamsild vil gyde i det restaurerede åløb mellem Kongensbro og Ans og, såfremt der skabes egnede forhold i omløbsstryget, at de vil benytte dette, eller andre egnede gydeområder opstrøms, til gydning.

4.1.6. Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model A

Manglende målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model A vurderes at ville ændre på dette forhold, da begge modeller vil sikre en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø. Således vil de tilløb, hvor der ikke er målopfyldelse, og som skyldes mangel på gydefisk, formentlig opnå målopfyldelse med Model A. Vi kan som eksempel henvise til den kraftige øgning i ørredbestanden, der er konstateret i Gudenåens hovedløb ved Voervadsbro og Vilholt, efter at Naturstyrelsen fjernede en opstemning i 2008. Her er den naturlige ørredbestand fra gydning i hovedløbet blevet meget stor, både opstrøms og nedstrøms den tidligere opstemning (Nielsen 2015).

Det vides ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro. Det vurderes, at Model A vil sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVa, men ikke i forhold til DFFVø. I forhold til at sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVø i hovedløbet kræves det, at der genskabes egnede gydeforhold for ørred og laks (se Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

4.2. Model B

I denne model etableres et nyt 6 km langt og 40 - 50 m bredt forløb af Gudenåen, øst om Tange Sø som starter ved Ans Dæmningen (Rambøll 2016). De første 5 km er med 0,8 promilles fald og den afsluttende kilometer med 5 promilles fald.

Ved indløbet kan der ske en fordeling af vand imellem Tange Sø og omløbet. I nærværende vurdering, er der med baggrund i kvælstofomsætningen (Cowi 2014) taget udgangspunkt i at 22 % af Gudenåens vand skal ledes ind i Tange Sø mens de resterende 78 % ledes gennem omløbet.

Miljøministeriet & Fødevareministeriet (2002) og Cowi (2014) har beskrevet to modeller, Model 4 og Model 4D, hvis forløb begge minder om Model B.

Model B omfatter etablering af et ca. 6 km langt omløb fra Ansbro langs østsiden af Tange Sø med udløb nedstrøms Tangeværket. Tange Sø opstrøms Ansbro bibeholdes, men der er forudsat en vandspejlsvariation på op til 40 cm i Tange Sø.

Det skal bemærkes, at havørredopgang til Tange Å reelt afskæres ved gennemførelse af Model B. Dog vil der stadig være grundlag for en søørredbestand i Tange Sø, baseret på gyde- og opvækstområder i Tange Å samt de mindre tilløb til Tange Sø; Ans Bæk, tilløb vest for Naderup og Skelbæk.

I denne vurdering er det forudsat, at der ikke etableres afgitring mellem Tange Sø og omløbsstryget ved Model B. Dette skyldes, at det er vurderet som både omkostnings- tungt samt driftsmæssigt besværligt samt at det skaber en række passageproblemer i forhold til fisk, der går igennem fisketrappen og skal ud af søen.

4.2.1. Havørred

Havørredmodellen

I Miljøministeriet & Fødevareministeriet (2002) blev der udviklet og anvendt en havørredmodel, som dannede grundlag for at vurdere, om de forskellige løsninger vil skabe grundlag for en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tangeværket eller ej. I det følgende er parametrene, som indgår i modellen, gennemgået.

Opstrøms passage

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. Der vil ikke kunne etableres gydepladser for laks og ørred på en så forholdsvis stejl strækning og det er således alene de første 5 km af stryget med 0,8 promilles fald, som vil være egnede som gyde- og opvækstområde for ørred og laks.

Generelt vurderes opstrøms passageforholdene for ørred at blive væsentligt forbedret ved Model B i forhold til de eksisterende forhold, og det vurderes, at Model B sikrer fri opstrøms passage. Det skal bemærkes, at havørredopgang til Tange Å reelt afskæres ved gennemførelse af Model B. Dog vil der stadig være grundlag for en søørredbestand i Tange Sø, baseret på gyde- og opvækstområderne i Tange Å samt de mindre tilløb til Tange Sø; Ans Bæk, tilløb vest for Naderup og Skelbæk.

Nedstrøms passage

Længden af søstrækningen (altså Tange Sø), som fiskene skal passere ved Model B, reduceres med ca. 6 km i forhold til den nuværende situation. Smoltdødeligheden i Tange Sø blev i 1996 målt til ca. 85 % (Jepsen et al. 1997). Størsteparten af smoltdødeligheden skete i den øverste ende af søen mellem Kongensbro og Ansbro (Jepsen et al. 1997), altså den del af søen som smoltene fortsat skulle passere igennem ved Model B.

Dieperink (2007) undersøgte i 2006 dødeligheden af laksesmolt udsat forskellige steder i Tange Sø. Undersøgelsen viste, at der var en høj og ensartet dødelighed for alle udsætningsgrupperne af laks, 90 % ± 5 %, uanset hvor de var blevet udsat i forhold til udløbet. Undersøgelsen bekræfter således resultaterne i Jepsen et al. (1997), og desuden in-

dikerer den, at smoltdødeligheden ikke mindskes, hvis svømmeafstanden gennem Tange Sø reduceres. Smoltdødeligheden i Tange Sø skyldes først og fremmest prædatorer som gedder, skarv og fiskehejre Jepsen et al. (1997).

Undersøgelser af smoltdødeligheden i andre søer, fx Egå Engsø (115 ha) og Årslev Engsø (100 ha) ved Århus, har ligeledes vist høje smoltdødeligheder, på henholdsvis 84 % og 51 - 72 % (Århus Å og Lyngbygaard's Å) på trods af forholdsvis kort afstand mellem ind- og udløb på 1½ - 3 km (Kristensen et al. 2013; Boel & Koed, 2014).

Der er således grund til at revidere den anslåede dødelighed i Tange Sø ved gennemførelse af Model 4D (Cowi 2014). I 2002 blev der anslået en smoltdødelighed på 60 % i Tange Sø opstrøms Ansbros ved Model 4 (Miljøministeriet & Fødevareministeriet 2002). Med den nye viden taget i betragtning, der er kommet siden 2002, anslås denne nu til at være **mindst 80 %**.

Vurderings- og beregningsgrundlag

I det nedenstående er gennemgået en modelberegning (tabel 6), som er foretaget for de anslåede parametre omkring havørredopgang og smoltdødelighed i Model B:

- Størrelsen af den forventede havørred gydebestand til områderne opstrøms Tange, som finder gennem Tangetrappen, antages at være 100 % mod de nuværende 25 %.
- Dødeligheden i Tange Sø er ca. 80 % mod de nuværende ca. 85 %.
- Vandføringen ind i Tange Sø ved Ansbros er 22 %. Ved Model B uden afgitring mellem Tange Sø og omløbsstryget, forventes det som udgangspunkt, at 22 % af alle fisk, uanset størrelse, som bevæger sig nedstrøms, vil ende i Tange Sø. For smolt vil et 22 % nedtræk til Tange Sø svare til et smolttab på 22 %. Dette skyldes, at alle smolt, som ender i Tange Sø ved Model B, antageligt vil ende som bytte for rovfisk eller afsmoltificere i søen (bl.a. pga. øget opholdstid for vandet i søen, set i forhold til i dag).
- Den hidtil dokumenterede smoltdødelighed på ca. 70 % mellem Tange Sø og Randers Fjord (Nielsen 1985, Koed 2000) skyldtes for en stor del sandart, som ophobes nedstrøms Tangeværket (Koed, 2000). Hvis der etableres et omløb uden om Tange Sø, vurderes vandløbsdødeligheden mellem Tangeværket og Randers Fjord at ændres til en vandløbsdødelighed på 1 % pr. km, som generelt er fundet for danske vandløb. Der er dog en risiko for at en del af smoltdødeligheden, som sandart forårsager nedstrøms Tangeværket, forskydes til søstrækningen fra Ansbros til Kongensbro, når der skabes passage for sandart hertil.

- Det nuværende antal smolt, som svømmer ind i Tange Sø via Gudenåens hovedløb, anslås til ca. 11.000 smolt (se afsnit 1.1.). Disse er stort set alene produceret i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket (eksklusive Tange Å og andre tilløb til Tange Sø) og stammer fra naturlig produktion og udsætninger.
- Havoverlevelsen for smolt til havørreder der går op i åen er 23 % (Koed et. al. 1997).
- Havørreddødeligheden i Gudenåen, som skyldes lystfiskeri, sættes til 10 %².
- I Gudenåen udgør havørred hunner ca. 60 % af en gydeårgang (Nielsen, 1985). Gennemsnitsvægten for havørredhunner i Gudenåen er ca. 1,5 kg (Nielsen, 1985). En havørredhun lægger i gennemsnit ca. 2.600 æg pr. kg (beregnet efter Mortensen, 1978).
- Overlevelsen fra æg til smolt er 1,5 %.
- For at modellen skal balancere, og dermed tillade at havørredbestanden er selvreproducerende, er princippet for modellen, at slutpunktet skal udligne udgangspunktet, dvs. at disse 11.000 ørredsmolt skal give ophav til mindst 11.000 nye ørredsmolt, når livscyklus er gennemført.

² Baggrunden for at dødeligheden, som skyldes lystfiskeri, sættes til 10 % af opgangsbestanden, er at et fiskeritryk af denne størrelse, vurderes at ligge inden for den sikre grænse for, hvor stor en reduktion det fiskeribiologisk er forsvarligt at påføre en bestand. Med andre ord vurderes et sådant fiskeri biologisk bæredygtigt. Samme princip anvendes i forvaltningen af de vestjyske laksebestande.

Table 6. Model B - havørredmodel for Gudenåen opstrøms Tangeværket. For detaljer omkring de anvendte parametre, se tekst.

Parameter	Beregning/Værdi
Start	11.000 smolt
Smoltudtræk forbi Tangeværket	1.716 smolt
Smoltudtrækket til Randers Fjord fra Gudenå systemet opstrøms Tange	1174 smolt
Den tilbagevendende gydebestand som ankommer til Gudenåens udløb	270 havørred
Størrelsen af den forventede havørred gydebestand til områderne opstrøms Tange	243 havørred
Antal æg pr. årgang	568.423 æg
Slutpunkt:	8.526 smolt

For at modellen balancerer, skal slutpunktet udligne udgangspunktet. Altså skal smoltudtrækket forbi Tange ved slutpunktet være mindst 11.000. Det beregnede smoltudtræk er på 8.526 smolt: Modellen balancerer altså ikke, hvilket betyder, at **Model B, med stor sandsynlighed, ikke vil sikre en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tange Sø.**

Modellen viser i øvrigt, at den højst tilladte smoltdødelighed i Tange Sø opstrøms Ansbro, for at modellen skal balancere, er 74 % (mod den anslåede på 80 %). Selv om der er en del usikkerhed forbundet med beregningen af den anslåede smoltproduktion og især den anslåede dødelighed i søen opstrøms Ansbro, vurderes det således, at dødeligheden for smolt i Tange Sø vil være større end 74 %. Desuden er det muligt, at en del af smoltdødeligheden, som sandart forårsager nedstrøms Tangeværket, forskydes til søen, når der skabes passage for sandart. Denne eventuelle forøgede dødelighed er ikke medtaget i ovenstående beregninger.

I forhold til at opnå en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tange Sø, med de givne usikkerheder taget i betragtning, vurderes det således ikke, at dette kan opnås med Model B eller de øvrigt tidligere forslag om model 4-scenarier (Miljøministeriet & Fødevareministeriet 2002; Cowi 2014).

Smoltproduktion i omløbsstryget

Omløbsstryget forventes at bidrage med en betydelig ørredsmoltproduktion på de første 5 km af stryget, bl.a. afhængig af gydeareal og dermed hvilken udformning af omløbsstryget, der vælges. Smoltproduktionen i omløbet ved Model B anslås at være ca. 10 smolt pr. 100 m². Smoltproduktionen i omløbsstryget vurderes til ca. 22.500 smolt, hvilket skønnes at resultere i en opgang på ca. 3.500 havørreder til Gudenåen på baggrund af havørredmodellen ovenfor.

4.2.2. Laks

Laksemodellen

Dødeligheden for laks i havet er ca. 95 % og dermed væsentlig højere sammenlignet med havørred. Dette skyldes især, at laksens vandring til Grønlandshavet, og tilbage igen, er forbundet med store risici og høj dødelighed. Hunlaksene, som vender tilbage, er ca. 4 kg i gennemsnit og dermed væsentligt større end havørrederne. Men laksene indeholder færre og større æg, pr. kg kropsvægt (ca. 1.600 æg pr. kg) end havørrederne. Det er således på disse tre punkter i beregningsgrundlaget, at laksemodellen adskiller sig fra havørredmodellen. De øvrige parametre er de samme som i Havørredmodellen i afsnit 4.1.1.

For at laksebestanden er selvreproducerende skal slutpunktet for nedtrækket af laksesmolt, som for ørredsmolt, udligne udgangspunktet.

I tabel 7 er vist en Model B beregning for laks, med udgangspunkt i 11.000 smolt.

Table 7. Model B - laksemodel for Gudenåen opstrøms Tangeværket. For detaljer omkring de anvendte parametre, se tekst.

Parameter	Beregning/Værdi
Start	11.000 smolt
Smoltnedtræk forbi Tangeværket	1.716 smolt
Smoltnedtrækket til Randers Fjord fra Gudenå systemet opstrøms Tange	1.174 smolt
Den tilbagevendende gydebestand som ankommer til Gudenåen	59 laks
Størrelsen af den forventede gydebestand til områderne opstrøms Tange	53 laks

Antal æg pr. årgang	168.985 æg
Slutpunkt:	2.535 laksesmolt

For at modellen balancerer, skal slutpunktet udligne udgangspunktet. Altså skal smoltudtrækket forbi Tange ved slutpunktet være mindst 11.000. Det beregnede smoltudtræk er på 2.535 laksesmolt: Modellen balancerer altså ikke, hvilket betyder, at **Model B, med stor sandsynlighed, ikke vil sikre en selvreproducerende laksebestand opstrøms Tange Sø.**

Modellen viser i øvrigt, at den højst tilladte smoltdødelighed i Tange Sø opstrøms Ansbro, for at modellen skal balancere, er ca. 13 % (mod den anslåede på 80 %). Det er en stor forskel, selv om der i sagens natur er en del usikkerhed forbundet med beregningen af den anslåede smoltproduktion ved gennemførelse af modellen, og især den anslåede dødelighed i søen opstrøms Ansbro er forbundet med usikkerhed.

Laksesmoltproduktion i omløbsstryget

Et laksesmoltudtræk på 13.500 smolt fra omløbsstryget skønnes at resultere i en opgang på ca. 770 laks til Gudenåen vurderet på baggrund af laksemodellen.

4.2.3. Ål

Generelt vurderes opstrøms passageforholdene for ål at blive væsentligt forbedret ved Model B, i forhold til de eksisterende forhold. I øjeblikket benytter større ål (> 30 cm) primært fisketrappen ved Tange til opstrøms passage. Da en del af ålene er i stand til at passere gennem gitteret i risteværket nedstrøms Tangeværket, finder mange ål antageligt aldrig fisketrappen.

Den nuværende opgang af åleyngel sker primært i de to ålepasser ved Tangeværket. Det vides ikke hvor stor en andel af ynglen, som finder ålepasserne i øjeblikket, men en stor del finder formentlig aldrig ålepasserne (Miljøministeriet & Fødevareministeriet, 2002).

Vandet, som fortsat ledes gennem Tange Sø og turbinerne ved Tangeværket (22 % af vandføringen), vil formentlig fortsat tiltrække både åleyngel og større ål til at passere gennem gitteret i risteværket nedstrøms Tangeværket. Evt. omfang af dette problem kan ikke vurderes, men opstrøms passageforholdene for både større ål og åleyngel vil sandsynligvis forbedres væsentligt ved Model B, i forhold til nu.

Ved Model B forventes 78 % af de nedstrøms trækkende blankål at blive ledt gennem omløbet og 22 % ind i Tange Sø (som fordelingen af vandet). Hvor stor en del af disse 22 %, der vil være i stand til at finde vej gennem Tange Sø, vides ikke, men det formodes, at der fortsat vil være et relativt stort tab blandt disse ål.

I dag er tabet på 50 - 60 % (Pedersen et al. 2012). Tabet af blankål i Tange Sø og Tangeværket ved Model B, i forhold til det nuværende tab, forventes derfor reduceret væsentligt med Model B.

4.2.4. Flod- og havlampret

Lampretter er næppe i stand til at passere opstrøms forbi Tangeværket under de nuværende forhold. Model B vurderes at forbedre passageforholdene væsentligt for disse to arter.

Lampretter gyder de samme steder som ørred og laks i vandløb, hvor der er grusbund. Det vurderes, at der stedvist kan skabes egnede gydeforhold i omløbsstryget ved Model B de steder, hvor der kan etableres gydestryg med naturligt fald. Men da stryget etableres med et fald, der som gennemsnit er stejlere end det naturlige fald, vil dele af stryget udgå som produktionsområde for flod- og havlampret, ganske som det vil ske for ørred og laks.

Under den nedstrøms passage gennem Tange Sø forventes 22 % af lampretlarverne uden at blive ledt med vandet ind i Tange Sø og dermed være tabt for bestandene af hav- og flodlampret.

4.2.5. Øvrige fiskearter

De vigtigste øvrige arter i relation til passage er: Helt, sandart, skalle, rudskalle, brasen, flire, løje, grundling, aborre, hork og gedde.

Model B vurderes at forbedre passageforholdene i forhold til den nuværende situation. Skalle og løje, som udgør en vigtig del af fødegrundlaget for sandart, ophobes i øjeblikket nedstrøms Tangeværket på visse tider af året (Koed, 2000). Dette skønnes at være af stor betydning for bestandsdynamikken hos sandart nedstrøms Tangeværket

Smerlingen, der er rødlistet, findes i øjeblikket kun med sikkerhed i Gjern Å systemet opstrøms Tange Sø. Tidligere har der været smerling i både Borre Å og Tange Å (Johansen & Løfting, 1919). Det er muligt, at smerling ved Model B og tilstrækkelige vandløbsforbedringer i Borre Å kan kolonisere her. Derimod er det meget tvivlsomt, om smerling kan kolonisere Tange Å ved Model B hvor den først, som i den nuværende situation, skal igennem Tange Sø.

Stamsild (maj- og stavsild), som er meget sjældne i Danmark og rødlistede, fanges undertagelsesvist i Randers Fjord. Stamsild yngler i ferskvand, men det er uvist, om fiskene som fanges i Randers Fjord stammer fra gydning i Allingå, Gudenåen eller tilløb hertil. Det er muligt, at stamsild, såfremt der skabes egnede forhold i omløbsstryget, vil benytte dette eller andre egnede gydeområder opstrøms, til gydning.

4.2.6. Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model B.

Målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model B vurderes ikke at ændre på dette forhold, da modellen ikke sikrer en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø.

Det vides overordnet ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro. Det vurderes, at Model B muligvis vil sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVa, men ikke i forhold til DFFVø.

Det skal i øvrigt bemærkes, at Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) havde følgende vurdering af Model 4: "Det forventes ikke, at hverken 15 %, 30 % eller 85 % af Gudenåens vandføring gennem omløb vil medføre acceptable passageforhold for dyr, der søger op gennem Gudenåen, fordi der fortsat vil være et stort søbassin opstrøms for Ans Bro. Ved nedstrøms vandring vil størstedelen af vandløbsdyrene komme ind i Tange Sø, og en del arter vil herved gå til grunde". Denne formulering gælder udover fiskene også for rødlistede invertebrater, som ikke er behandlet i dette notat.

Denne vurdering vil ligeledes gælde for Model B.

4.3. Model C

Model C omfatter et kort omløbsstryg på 3,5 km med en bredde på 30 – 40 m og et fald på 2,6 ‰, 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 (Rambøll, 2016). Sammenlignet med tidligere korte versioner af omløbsstryget beskrevet af Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) er omløbet forlænget for at reducere faldet.

I forhold til faunapassage forholdene i stryget anbefaler Rambøll (2016), at mere end 80 % af vandføringen ledes gennem omløbsstryget. I nærværende vurdering antages der en vandføring på 85 % af Gudenåens vandføring i stryget, hvilket tilsvarende et af de beskrevne Model 3 scenarier i Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002).

4.3.1. Havørred og laks

Smoltdødeligheden i Tange Sø blev i 1996 målt til ca. 85 % (Jepsen et al. 1997). Størsteparten af smoltdødeligheden skete i den øverste ende af søen mellem Kongensbro og Ansbro (Jepsen et al. 1997), altså den del af søen som smoltene fortsat skulle passere igennem ved Model B.

Dieperink (2007) undersøgte i 2006 dødeligheden af laksesmolt udsat forskellige steder i Tange Sø. Undersøgelsen viste, at der var en høj og ensartet dødelighed for alle udsætningsgrupperne af laks, 90 % ± 5 %, uanset hvor de var blevet udsat i forhold til udløbet

Model C vil således ikke skabe mulighed for selvreproducerende bestande af laks eller havørred opstrøms Tangeværket, da der fortsat vil være en høj smoltdødelighed i Tange Sø (Miljøministeriet og Fødevareministeriet 2002). Situationen i forhold til smoltproduktion, smoltnedtræk og havørredopgang vil tilsvare den nuværende som fremgår af tabel 4.

Smoltproduktion i omløbsstryget

Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) vurderede, at omløbet og strækningen nedstrøms Tangeværket ikke umiddelbart kunne forventes at bidrage til produktion af ørredsmolt. Problemet blev beskrevet som "at de for ynglen nuværende kritiske overskridelser af temperatur og pH i omløbet og Gudenåen nedstrøms Tangeværket stadig vil forekomme ved Model 3. Fosforindholdet i Gudenå og Tange Sø vurderes at mindskes i de kommende årtier som følge af den gennemførte og planlagte spildevandsrensning i Gudenåens opland. Dette vil forbedre søens vandkvalitet, og muligvis skabe egnede produktionsforhold for ørred i omløbet og nedstrøms Tangeværket". Det vides ikke om søens vandkvalitet er forbedret eller ej i forhold til situationen i 2002. Temperaturstigningen, som sker i Tange Sø, kan dog stadig udgøre et problem for yngel og ungfisk i stryget og i åen nedstrøms søen.

Under forudsætning af, at de ovenfor nævnte problemer omkring vandkvalitet mv. løses, forventes omløbsstryget at bidrage med en ørredsmoltproduktion. Blandt andet afhængig af gydeareal og dermed hvilken udformning af omløbsstryget, der vælges, anslås det, at den potentielle smoltproduktion i omløbet ved Model C vil være på ca. 10 smolt pr 100 m² (Miljøministeriet og Fiskeriministeriet, 2002). De forbedrede opstrøms passageforhold for sandart forventes at nedsætte smoltdødeligheden nedstrøms Tangeværket betydeligt. Den nuværende dødelighed er ca. 70 % mellem Tange Sø til Randers, hvoraf en stor del skyldes, at sandart ophobes nedstrøms Tangeværket (Koed, 2000). Skabes der passage for sandart, forventes denne dødelighed at reduceres betydeligt og nærme sig et niveau for et "normalt" vandløb, hvor den "instantaneously mortality" typisk er under 0,01 pr. km (Nielsen, 1997; DFU upublicerede data).

Smoltproduktion i omløbsstryget

Under forudsætning af, at de ovenfor nævnte problemer omkring vandkvalitet mv. løses, vurderes smoltproduktionen i til ca. 12.250 smolt, hvilket skønnes at resultere i en opgang på ca. 1.900 havørreder til Gudenåen på baggrund af havørredmodellen.

Laksemodellen adskiller sig fra havørredmodellen på tre punkter, nævnt under afsnit 4.1.2 laks. Et laksesmoltudtræk på 12.250 smolt fra omløbsstryget skønnes at resultere i en opgang på ca. 420 laks til Gudenåen vurderet på baggrund af laksemodellen.

4.3.2. Ål

I dag er tabet af blankål i Tange Sø og Tangeværket på 50 - 60 % (Pedersen et al. 2012). Mange ål finder ind i søen, men kommer ikke ud af søen. Tabet af ål i Tange Sø ved et kort omløbsstryg vil være afhængig af hvor meget vand, der ledes i omløbsstry-

get, og i en situation med 85 % af vandføringen i omløbsstryget vil tabet formentlig formindskes betydeligt i forhold til i dag.

4.3.3. Flod- og havlampret

Lampretter gyder de samme steder som ørred og laks i vandløb, hvor der er grusbund. Det vurderes, at der stedvist kan skabes egnede gydeforhold i omløbsstryget ved Model C de steder, hvor der kan etableres gydestryg med naturligt fald. Men da stryget etableres med et fald, der som gennemsnit er stejlere end det naturlige fald, vil dele af stryget udgå som produktionsområde for flod- og havlampret, ganske som det vil ske for ørred og laks.

Under den nedstrøms passage gennem Tange Sø forventes alle lampretlarverne at gå tabt.

4.3.4. Øvrige fiskearter

De vigtigste øvrige arter i relation til passage er: Helt, sandart, skalle, rudskalle, brasen, flire, løje, grundling, aborre, hork og gedde.

Model C vurderes at forbedre passageforholdene i forhold til den nuværende situation. Skalle og løje, som udgør en vigtig del af fødegrundlaget for sandart, ophobes i øjeblikket nedstrøms Tangeværket på visse tider af året (Koed, 2000). Dette skønnes at være af stor betydning for bestandsdynamikken hos sandart nedstrøms Tangeværket

Smerlingen, der er rødlistet, findes i øjeblikket kun med sikkerhed i Gjærn Å systemet opstrøms Tange Sø. Der vurderes ikke at ske nogen ændring i status hos smerling ved Model C.

Stamsild (maj- og stavsild), som er meget sjældne i Danmark og rødlistet som akut truede arter, fanges undtagelsesvist i Randers Fjord. Stamsild yngler i ferskvand, men det er uvist om fiskene som fanges i Randers Fjord stammer fra gydning i Allingå, Gudenåen eller tilløb hertil. Det er muligt, at stamsild, kan benytte egnede gydeområder opstrøms Tange Sø ved Model C.

4.3.5. Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model C.

Målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model C vurderes ikke at ændre på dette forhold, da modellen ikke sikrer en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø.

Det vides overordnet ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og

Kongensbro. Det vurderes ikke, at Model C vil påvirke den nuværende tilstand, uanset om der er god økologisk tilstand eller ej.

Det skal i øvrigt bemærkes, at Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) havde følgende vurdering af Model 3: Det forventes ikke, at hverken 15 %, 30 % eller 85 % af Gudenåens vandføring gennem omløb vil medføre acceptable passageforhold for dyr, der søger op gennem Gudenåen fordi Tange Sø fortsat vil fungere som en barriere i opstrøms retning. Ved nedstrøms vandring vil størstedelen af vandløbsdyrene komme ud i Tange Sø, og en del arter vil herved gå til grunde.

Denne vurdering vil også gælde for Model C.

4.4. Model D

Model D er et ca. 9 km langt og i gennemsnit 40 m bredt omløbsstryg med 1 promilles fald, som starter i søens vestlige side umiddelbart nord for Ans, hvor Skelbæk i dag har udløb i Tange Sø. Over en 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 med en sætning af spuns. 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 forhold til faunapassage forholdene i stryget anbefaler Rambøll (2016), at mere end 80 % af vandføringen ledes gennem omløbsstryget. I nærværende vurdering antages der en vandføring på 85 % af Gudenåens vandføring i stryget.

4.4.1. Havørred og laks

Smoltdødeligheden i Tange Sø blev i 1996 målt til ca. 85 % (Jepsen et al. 1997). Størsteparten af smoltdødeligheden skete i den øverste ende af søen mellem Kongensbro og Ansbro (Jepsen et al. 1997), altså den del af søen som smoltene fortsat skulle passere igennem ved Model B.

Dieperink (2007) undersøgte i 2006 dødeligheden af laksesmolt udsat forskellige steder i Tange Sø. Undersøgelsen viste, at der var en høj og ensartet dødelighed for alle udsætningsgrupperne af laks, $90 \% \pm 5 \%$, uanset hvor de var blevet udsat i forhold til udløbet

Model D vil således ikke skabe mulighed for selvreproducerende bestande af laks eller havørred opstrøms Tangeværket, da der fortsat vil være en høj smoltdødelighed i Tange Sø. Situationen i forhold til smoltproduktion, smoltnedtræk og havørredopgang vil tilsvare den nuværende som fremgår af tabel 4.

Smoltproduktion i omløbsstryget

Problematikken omkring smoltproduktion i stryget og effekten af Tange Sø er den samme som for Model C: Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) vurderede, at omløbet og strækningen nedstrøms Tangeværket ikke umiddelbart kunne forventes at bidrage til produktion af ørredsmolt. Problemet blev beskrevet som "at de for ynglen nuværende kritiske overskridelser af temperatur og pH i omløbet og Gudenåen nedstrøms Tangeværket stadig vil forekomme ved Model 3. Fosforindholdet i Gudenå og Tange Sø vurderes at mindskes i de kommende årtier som følge af den gennemførte og planlagte spildevandsrensning i Gudenåens opland. Dette vil forbedre søens vandkvalitet, og muligvis skabe egnede produktionsforhold for ørred i omløbet og nedstrøms Tangeværket" Det vides ikke om søens vandkvalitet er forbedret eller ej i forhold til situationen i 2002. Temperaturstigningen, som sker i Tange Sø, kan dog stadig udgøre et problem for yngel og ungfisk i stryget og i åen nedstrøms søen.

Under forudsætning af, at de ovenfor nævnte problemer omkring vandkvalitet mv. løses, forventes omløbsstryget at bidrage med en ørredsmoltproduktion. Blandt andet afhængig

af gydeareal og dermed hvilken udformning af omløbsstryget, der vælges, anslås det, at den potentielle smoltproduktion i omløbet ved Model D vil være på ca. 10 smolt pr 100 m² (Miljøministeriet og Fiskeriministeriet, 2002). De forbedrede opstrøms passageforhold for sandart forventes at nedsætte smoltdødeligheden nedstrøms Tangeværket betydeligt. Den nuværende dødelighed er ca. 70 % mellem Tange Sø og Randers, hvoraf en stor del af denne skyldes, at sandart ophobes nedstrøms Tangeværket (Koed, 2000). Skabes der passage for sandart, forventes denne dødelighed at reduceres betydeligt, og nærme sig et niveau for et "normalt" vandløb, hvor den "instantaneously mortality" typisk er under 0,01 pr. km (Nielsen, 1997; DFU upublicerede data).

Under forudsætning af, at de oven for nævnte problemer omkring vandkvalitet mv. løses, vurderes smoltproduktionen i omløbsstryget vurderes til ca. 36.000 smolt, hvilket skønnes at resultere i en opgang på ca. 5.600 havørreder til Gudenåen på baggrund af havørredmodellen.

Laksemodellen adskiller sig fra havørredmodellen på tre punkter, nævnt under afsnit 4.1.2 laks. Et laksesmoltudtræk på 36.000 smolt fra omløbsstryget skønnes at resultere i en opgang på ca. 1.200 laks til Gudenåen beregnet på baggrund af laksemodellen.

Smoltproduktion i Tange Å

Miljøministeriet & Fødevarerministeriet (2002) vurderede den daværende smoltproduktion i Tange Å til ca. 1.500 smolt og den potentielle smoltproduktion til ca. 9.300. Dette vurderes også at gælde i dag. En smoltproduktion på 1.500 og 9.300 anslås at kunne give ophav til en ca. opgang til Tange Å på hhv. 230 og 1.450 havørred eller 50 og 320 laks.

4.4.2. Ål

I dag er tabet af blankål i Tange Sø og Tangeværket på 50 - 60 % (Pedersen et al. 2012). Mange ål finder ned igennem søen, men kommer ikke ud af søen. Tabet af ål i Tange Sø ved et kort omløbsstryg vil være afhængig af hvor meget vand der ledes i omløbsstryget, og i en situation med 85 % af vandføringen i omløbsstryget vil tabet formentlig formindskes betydeligt i forhold til i dag.

4.4.3. Flod- og havlampret

Lampretter gyder de samme steder som ørred og laks i vandløb, hvor der er grusbund. Det vurderes, at der stedvist kan skabes egnede gydeforhold i omløbsstryget ved Model D de steder, hvor der kan etableres gydestryg med naturligt fald. Men da stryget etableres med et fald, der som gennemsnit er stejlere end det naturlige fald, vil dele af stryget udgå som produktionsområde for flod- og havlampret, ganske som det vil ske for ørred og laks.

Under den nedstrøms passage gennem Tange Sø forventes alle lampretlarverne at gå tabt.

4.4.4. Øvrige fiskearter

De vigtigste øvrige arter i relation til passage er: Helt, sandart, skalle, rudskalle, brasen, flire, løje, grundling, aborre, hork og gedde.

Model D vurderes at forbedre passageforholdene i forhold til den nuværende situation. Skalle og løje, som udgør en vigtig del af fødegrundlaget for sandart, ophobes i øjeblikket nedstrøms Tangeværket på visse tider af året (Koed, 2000). Dette skønnes at være af stor betydning for bestandsdynamikken hos sandart nedstrøms Tangeværket

Smerlingen, der er rødlistet, findes i øjeblikket kun med sikkerhed i Gjern Å systemet opstrøms Tange Sø. Der vurderes ikke at ske nogen ændring i status hos smerling ved Model D.

Stamsild (maj- og stavsild), som er meget sjældne i Danmark og rødlistet som akut truede arter, fanges undtagelsesvist i Randers Fjord. Stamsild yngler i ferskvand, men det er uvist om fiskene, som fanges i Randers Fjord, stammer fra gydning i Allingå, Gudenåen eller tilløb hertil. Det er muligt, at stamsild, kan benytte egnede gydeområder opstrøms Tange Sø ved Model D.

4.4.5. Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model D.

Målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model D vurderes ikke at ændre på dette forhold, da modellen ikke sikrer en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø.

Det vides overordnet ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro. Det vurderes ikke at Model D vil påvirke den nuværende tilstand, uanset om der er god økologisk tilstand eller ej.

Det skal i øvrigt bemærkes, at Miljøministeriet og Fødevareministeriet (2002) havde følgende vurdering af Model 3: Det forventes ikke, at hverken 15 %, 30 % eller 85 % af Gudenåens vandføring gennem omløb vil medføre acceptable passageforhold for dyr, der søger op gennem Gudenåen fordi Tange Sø fortsat vil fungere som en barriere i opstrøms retning. Ved nedstrøms vandring vil størstedelen af vandløbsdyrene komme ud i Tange Sø, og en del arter vil herved gå til grunde.

Denne vurdering vil også gælde for Model D.

4.5. Model E

I denne model etableres et nyt 11 km langt og 40 - 50 m bredt forløb af Gudenåen, med 0,8 promilles fald øst om Tange Sø. Vandfordeling mellem Tange Sø og omløbsstryget er 10/90 %. Forløbet påbegyndes umiddelbart efter tilløbet af Borre Å. Borre Å genskabes i et oprindeligt forløb og 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.

Miljøministeriet & Fødevarerministeriet (2002) har beskrevet en model, Model 1C, som minder om Model E. Model C har en vandfordeling mellem Tange Sø og omløbsstryg på 15/85 %, og vurderet både med og uden afgitring mellem omløb og sø. I fiskemæssig sammenhæng er forskellen mellem Model 1C uden afgitring og Model E marginal.

4.5.1. Havørred

Havørredmodellen

I Miljøministeriet & Fødevarerministeriet (2002) blev der udviklet og anvendt en havørredmodel, som dannede grundlag for at vurdere, om de forskellige løsninger skabte grundlag for en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tangeværket eller ej. I det følgende er parametrene, som indgår i modellen, gennemgået.

Opstrøms passage

Generelt vurderes opstrøms passageforholdene for ørred at blive væsentligt forbedret ved Model E i forhold til de eksisterende forhold, og det vurderes, at modellen vil sikre fri opstrøms passage.

Det skal bemærkes, at muligheden for en havørredbestand i Tange Å reelt afskæres ved gennemførelse af Model E.

Nedstrøms passage

Vandføringen i det nye omløb vil svare til 90 % af afstrømningen i Gudenåen, og smoltene skal ikke længere passere gennem en opstuvningszone. Ti procent af smoltene forventes at trække ind i Tange Sø og forsvinde dér, mens de resterende 90 % forventes at passere gennem omløbet. Passageproblemet i dag, hvor 85 – 90 % af smoltene forsvinder i Tange Sø, er dermed reduceret til 10 %.

Vurderings- og beregningsgrundlag

Neden for er gennemgået en modelberegning (tabel 8), som er foretaget for de anslåede parametre omkring havørredopgang og smoltdødelighed i Model E:

Det forventes, at alle gydemodne havørreder vil kunne passere opstrøms til gydeområderne opstrøms Tange ved Model E. I dag forventes det kun, at 25 % finder gennem fisketrappen. Desuden antages følgende:

- 10 % smoltdødelighed i Tange Sø, mod de nuværende ca. 85 %.
- Vandføringen ind i Tange Sø er 10 %.
- Den hidtil dokumenterede smoltdødelighed på ca. 70 % mellem Tange Sø og Randers Fjord (Nielsen 1985, Koed 2000) skyldtes for en stor del sandart, som ophobes nedstrøms Tangeværket (Koed, 2000). Hvis der etableres et omløb uden om Tange Sø, vurderes vandløbsdødeligheden mellem Tangeværket og Randers Fjord at ændres til en vandløbsdødelighed på 1 % pr. km, som generelt er fundet for danske vandløb.
- Det nuværende antal smolt, som svømmer ind i Tange Sø via Gudenåens hovedløb, anslås til ca. 11.000 smolt (se afsnit 1.1.). Disse er stort set alene produceret i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket (eksklusive Tange Å og andre tilløb til Tange Sø) og stammer fra naturlig produktion og udsætninger.
- Havoverlevelsen for smolt til havørreder der går op i åen er 23 % (Koed et. al. 1997).
- Havørreddødeligheden i Gudenåen, som skyldes lystfiskeri, sættes til 10 %³.
- I Gudenåen udgør havørred hunner ca. 60 % af en gydeårgang (Nielsen, 1985). Gennemsnitsvægten for havørredhunner i Gudenåen er ca. 1,5 kg (Nielsen, 1985). En havørredhun lægger i gennemsnit ca. 2.600 æg pr. kg (beregnet efter Mortensen, 1978).
- Overlevelsen fra æg til smolt er 1,5 %.
- For at modellen skal balancere, og dermed tillade at havørredbestanden er selvproducerende, er princippet for modellen, at slutpunktet skal udligne udgangspunktet, dvs. at disse 11.000 ørredsmolt skal give ophav til mindst 11.000 nye ørredsmolt, når livscyklus er gennemført.

³ Baggrunden for at dødeligheden, som skyldes lystfiskeri, sættes til 10 % af opgangsbestanden, er at et fiskeritryk af denne størrelse, vurderes at ligge inden for den sikre grænse for, hvor stor en reduktion det fiskeribiologisk er forsvarligt at påføre en bestand. Med andre ord vurderes et sådant fiskeri biologisk bæredygtigt. Samme princip anvendes i forvaltningen af de vestjyske laksebestande.

Table 8. Model E - havørredmodel for Gudenåen opstrøms Tangeværket. For detaljer omkring de anvendte parametre, se tekst.

Parameter	Beregning/Værdi
Start	11.000 smolt
Smoltudtræk forbi Tangeværket	9.900 smolt
Smoltudtrækket til Randers Fjord fra Gudenå systemet opstrøms Tange	6.770 smolt
Den tilbagevendende gydebestand som ankommer til Gudenåens udløb	1.557 havørreder
Størrelsen af den forventede havørred gydebestand til områderne opstrøms Tange	1.401 havørreder
Antal æg pr. årgang	3, 279.363 æg
Slutpunkt:	49.190 smolt

For at modellen kan balancere, skal slutpunktet udligne udgangspunktet. Altså skal smoltudtrækket forbi Tange ved slutpunktet være mindst 11.000. Det beregnede smoltudtræk er på 49.190 smolt: **Modellen balancerer altså, hvilket indikerer, at Model E, med stor sandsynlighed, vil sikre en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tange Sø.**

Bemærk, at det maksimale produktionspotentiale opstrøms Tange Sø er ca. 85.000 smolt (se afsnit 3.3.1. om havørred). Det beregnede "overskud" af smolt ved model E indikerer derfor, at produktionspotentialet kan nås i løbet af få år efter evt. gennemførelse af modellen.

Havørredsmoltproduktion i omløbsstryget

Omløbsstryget (11 km nyt forløb) forventes at bidrage med en betydelig ørredsmoltproduktion, bl.a. afhængig af gydeareal og hvilken udformning af stryget, der vælges. Smoltproduktionen i omløbet og det restaurerede forløb ved Model E anslås til ca. 10 ørredsmolt pr. 100 m², hvilket vil resultere i ca. 49.500 ørredsmolt. Dette skønnes at resultere i en opgang på ca. 7.800 havørreder til Gudenåen.

Det forventede smoltnedtræk ved Model E, under forudsætning af at der sker forbedringer af vandkvaliteten og de fysiske forhold i hovedløb og tilløb mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket, fremgår af Tabel 9.

Ved tilstedeværelse af både ørred og laks bliver den samlede smoltproduktion af ørred og laks formentlig større end ørred alene, da ørred og laks ikke har 100 % habitatoverlap (se nedenstående afsnit om laks).

Tabel 9. Forventet smoltproduktion, smoltnedtræk og havørredopgang ved Model E. Nuværende værdier er givet til sammenligning.

	Nuværende	Model E, samt nuværende forhold uændrede	Model E, forudsat målopfyldelse (DFFVø) opstrøms Tange
Smoltproduktion i omløbsstryg	Ingen	49.500	49.500
Smoltproduktion i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tangeværket	12.000 ⁽¹⁾	11.000 ⁽²⁾	37.000 ⁽²⁾
Smoltproduktion i hovedløb mellem Silkeborg Langsø og Kongensbro	0	6.000	39.000
Smoltnedtræk forbi Tangeværket (10 % tab i Tange Sø inkluderet).	1.800	64.800	125.500
Smoltnedtræk ved Randers (kun medregnet smolt produceret i hovedløbet og tilløb opstrøms Tangeværket).	600	44.300 ⁽³⁾	85.800 ⁽³⁾
Havørredopgang (kun medregnet smolt produceret i hovedløbet og tilløb opstrøms Tangeværket) ⁽⁴⁾	130	10.200	19.700

¹⁾ Tange Å er medregnet.

²⁾ Tange Å er ikke medregnet, da disse smolt forventes at forsvinde i Tange Sø ved denne løsning.

³⁾ Der er taget højde for en dødelighed ("instantaneously mortality") på 0,01 pr. km for smolt produceret nedstrøms Tange.

⁴⁾ Der er regnet med en fiskeridødelighed på 23 % i Randers Fjord (Nielsen, 1985).

Overordnet vurderes det, at Model E vil skabe basis for en selvreproducerende havørredbestand opstrøms Tangeværket.

4.5.2. Laks

Laksemodellen

Dødeligheden for laks i havet er ca. 95 % og dermed væsentlig højere sammenlignet med havørred. Dette skyldes især, at laksens vandring til Grønlandshavet, og tilbage igen, er forbundet med store risici og høj dødelighed. Hunlaksene, som vender tilbage, er ca. 4 kg i gennemsnit og dermed væsentligt større end havørrederne. Men laksene indeholder færre, og større æg, pr. kg kropsvægt (ca. 1.600 æg pr. kg) end havørrederne. Det er således på disse tre punkter i beregningsgrundlaget, at laksemodellen, adskiller sig fra havørredmodellen. De øvrige parametre er de samme som i Havørredmodellen i (se afsnit 4.5.1.).

For at laksebestanden er selvreproducerende skal slutpunktet for nedtrækket af laksesmolt, som for ørredsmolt, udligne udgangspunktet.

I tabel 10 er vist en Model E-beregning for laks, med udgangspunkt i 11.000 smolt.

Tabel 10. Model E - laksemodel for Gudenåen opstrøms Tangeværket. For detaljer omkring de anvendte parametre, se tekst.

Parameter	Beregning/Værdi
Start	11.000 smolt
Smoltnedtræk forbi Tangeværket	9.900 smolt
Smoltnedtrækket til Randers Fjord fra Gudenå systemet opstrøms Tange	6.770 smolt
Den tilbagevendende gydebestand som ankommer til Gudenåens udløb	339 laks
Størrelsen af den forventede havørred gydebestand til områderne opstrøms Tange	305 laks
Antal æg pr. årgang	974.913 æg
Slutpunkt:	14.624 laksesmolt

For at modellen balancerer, skal slutpunktet udligne udgangspunktet. Altså skal smoltudtrækket forbi Tange ved slutpunktet være mindst 11.000. Det beregnede smoltudtræk er

på 14.624 laksesmolt: Modellen balancerer altså, hvilket betyder, at Model E, med stor sandsynlighed, vil sikre en selvreproducerende laksebestand opstrøms Tange Sø.

Laksesmoltproduktion i omløbsstryget

Laksemodellen adskiller sig fra havørredmodellen på tre punkter, nævnt under afsnit 4.1.2 laks. Et laksesmoltudtræk på 49.500 smolt fra omløbsstryget skønnes at resultere i en opgang på ca. 1.700 laks til Gudenåen beregnet på baggrund af laksemodellen.

4.5.3. Ål

Generelt vurderes opstrøms passageforholdene for ål at blive væsentligt forbedret ved Model E, i forhold til de eksisterende forhold, da 90 % af vandet ledes udenom Tange Sø og Tangeværket. I øjeblikket benytter større ål (> 30 cm) primært fisketrappen ved Tange til opstrømspassage. Da en del af ålene er i stand til at passere gennem gitteret i risteværket nedstrøms Tangeværket, finder mange ål antageligt aldrig fisketrappen.

Den nuværende opgang af åleyngel sker primært i de to ålepasser ved Tangeværket. Det vides ikke, hvor stor en andel af ynglen, som finder ålepassene i øjeblikket, men en stor del finder formentlig aldrig ålepassene (Miljøministeriet & Fødevarerministeriet, 2002).

Tabet af blankål i Tange Sø anslås til reduceret fra nuværende på 50 - 60 % til ca. 5 % med Model E.

4.5.4. Flod- og havlampret

Arterne er aldrig observeret i fisketrappen ved Tangeværket, så flod- og havlampret er næppe i stand til at passere opstrøms forbi Tangeværket under de nuværende forhold. Dette forventes fuldstændig løst ved gennemførelse af Model E.

Lampretter gyder i vandløb, hvor der er grusbund og det vurderes, at der kan skabes egnede gydeforhold i omløbsstryget og i det restaurerede åløb mellem Kongensbro og Ans ved Model E.

4.5.5. Øvrige fiskearter

De vigtigste øvrige arter i relation til passage er: Helt, sandart, skalle, rudskalle, brasen, flire, løje, grundling, aborre, hork, helt gedde. Model E vurderes at skabe fri passage for alle arterne. Skalle og løje, som udgør en vigtig del af fødegrundlaget for sandart, ophobes i øjeblikket nedstrøms Tangeværket på visse tider af året (Koed, 2000). Dette skønnes at være af stor betydning for bestandsdynamikken hos sandart nedstrøms Tangeværket. Fri passage for disse arter vurderes derfor at kunne ændre bestandsdynamikken hos sandart og dermed indirekte ændre smoltdødeligheden nedstrøms Tangeværket. Smerling, der er rødlistet, findes i øjeblikket kun med sikkerhed i Gjern Å systemet opstrøms Tange Sø. Tidligere har der været smerling i både Borre Å og Tange Å (Johansen & Løfting, 1919). Det er muligt, at smerling ved Model E sammen med tilstrækkelige

vandløbsforbedringer i Borre Å kan kolonisere her. Derimod vil smerling være afskåret fra at kolonisere Tange Å ved Model E.

Stamsild (maj- og stavsild), som er meget sjældne i Danmark og rødlistet som akut truede arter, fanges undtagelsesvist i Randers Fjord. Stamsild yngler i ferskvand, men det er uvist, om fiskene som fanges i Randers Fjord stammer fra gydning i Allingå, Gudenåen eller tilløb hertil. Det er muligt, at stamsild vil gyde i det restaurerede åløb mellem Kongensbro og Ans og, såfremt der skabes egnede forhold i omløbsstryget, vil benytte dette, eller andre egnede gydeområder opstrøms, til gydning.

4.5.6. Målopfyldelse i hovedløbet og tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange sø i forhold til DFFV ved gennemførelse af Model E

Manglende målopfyldelse i tilløbene mellem Silkeborg Langsø og Tange Sø i forhold til DFFV vurderes i høj grad at skyldes mangel på gydefisk (laks eller havørred). Model E vurderes at ville ændre på dette forhold, da modellen vil sikre en selvreproducerende havørred- eller laksebestand opstrøms Tange Sø. Således vil de tilløb, hvor der ikke er målopfyldelse, og som skyldes mangel på gydefisk, formentlig opnå målopfyldelse med Model E. Vi kan som eksempel henvise til den kraftige øgning i ørredbestanden, der er konstateret i Gudenåens hovedløb ved Voervadsbro og Vilholt, efter at Naturstyrelsen fjernede en opstemning i 2008. Her er den naturlige ørredbestand fra gydning i hovedløbet blevet meget stor, både opstrøms og nedstrøms den tidligere opstemning (Nielsen 2015).

Det vides ikke, om der i dag er god økologisk tilstand i forhold til anvendelsen af Dansk Fiskeindeks for Vandløb (DFFV) i Gudenåens hovedløb mellem Silkeborg og Kongensbro. Det vurderes, at Model E vil sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVa, men ikke i forhold til DFFVø. I forhold til at sikre god økologisk tilstand i forhold til DFFVø i hovedløbet kræves det også, at der skabes egnede gydeforhold for ørred og laks, bl.a. gennem en aktiv indsats for at løsne eksisterende gydegrus (se Miljøministeriet & Fødevarerministeriet, 2002).

5. Referencer

Boel, M. & A. Koed (2013): Smolttabet i Årslev Engsø. En sammenligning af den nydannede engsø i 2004 og den etablerede engsø i 2011. DTU Aqua-rapport nr. 260-2013.

Cowi. 2014. Omløb ved Tange Sø: kvælstoffjernelse ved variationer af model 4. Teknisk notat. Udarbejdet for AAGE V. JENSEN NATURFOND.

Danmarks Naturfredningsforening. 2007. Supplering af beslutningsgrundlag for Gudenåens passage ved Tangeværket. Udarbejdet af COWI.

Dieperink, C. 2007. Kortere vandring øger ikke smoltoverlevelse. Vand & Jord 2, 49 – 52.

Holm, M.K & Carøe, M. 2011. Plan for fiskepleje I Gudenå, delområde 2. Plan nr. 14 - 2011.

Jepsen, N., K. Aarestrup & G. Rasmussen 1997: Smoltdødeligheder i Tange Sø. Under søgt i foråret 1996. DFU-rapport nr. 32-97. 36 pp.

Jørgensen, K. 1994. Udsætningsplan for Gudenå. IFF rapport nr. 27. 49 pp.

Hansen, J.A. 1997. Aspekter af smoltudtræk og sammenligning af dødeligheder for vild- og dambrugssmolt af ørred (*Salmo trutta* L.) og laks (*Salmo salar* L.) i Gudenåen 1996. Specialrapport, DFU Afdeling for Ferskvandsfiskeri og Biologisk Institut, Afdelingen for Zoologi, Aarhus Universitet. 93 pp. + bilag.

Johansen, A.C. & Løfting, J.C. 1919. Om Fiskebestanden og Fiskeriet i Gudenaens Nedre Løb og Randers Fjord. Skrifter udgivet af kommissionen for havundersøgelser. Nr. 9, 144 pp.

Kennedy, G.J.A. 1980. Population changes after two years of salmon (*Salmo salar* L.) stocking in upland trout (*Salmo trutta* L.) streams. Journal of Fish Biology 17, 577-586.

Koed, A. 2000. River dwelling piscivorous pikeperch *Stizostedion lucioperca* (L.): some biological characteristics and their ecological consequences. Ph.D. afhandling. Københavns Universitet. 179 pp.

Kristensen, M., Koed, A. & J.S. Mikkelsen (2014): Egå Engsø – tab af havørredsmolt i en Vandmiljø-plan II-sø. DTU Aqua-rapport nr. 276-2014, 58 pp + bilag.

Miljøministeriet & Fødevareministeriet 2002. Gudenåens passage ved Tangeværket – sammenfatning af skitseprojekt.

Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, 2004. National forvaltningsplan for laks. Simonsen, P.; Kjellerup, L.; Koed, Anders; Eg Nielsen, Einar. 63 pp.

Munk, K. & J.L. Thomsen, 1995. Udtræk af blankål (*Anguilla anguilla* (L.)) udsatte laksesmolt (*Salmo salar* L.) opstrøms passage af fisk ved Vestbirk Vandkraftanlæg, samt aspekter af rovfiskebestanden i Øvre Gudenå. Specialrapport, DFU Afdeling for Ferskvandsfiskeri og Århus Universitet, 127 pp.

Nielsen, J. 1985. Havørreden i Gudenåen. Gudenåkomiteen, rapport nr. 3, 105 pp.

Nielsen, J. 1995: Laksefiskene og kanosejladsen i Gudenåen opstrøms Mossø. Rapport fra Vejle Amt, Teknik og Miljø, 37 sider.

Nielsen, J. 1997. Smoltvandring hos laks (*Salmo salar*) og havørred (*Salmo trutta*) i vandløb og søer som arbejdsgrundlag for Skjern Å Naturprojektet. Rapport til CO-WI/Skov- og Naturstyrelsen. 39 pp.

Nielsen, J. 1998. Gudenåens hovedløb som gyde- og yngelopvækstområde for laks og havørred. Gudenåkomiteen, rapport nr. 19.

Nielsen, J. 2001. Registrering af eksisterende gyde- og yngelopvækstområder for laks og havørred i Gudenåens hovedløb fra Silkeborg til Langå. Rapport udarbejdet for Skov- og Naturstyrelsen og Fødevareministeriet. 18 pp.

Nielsen, J. 2015. Søørreden er sjælden men klarer sig godt i Gudenå nær Mossø. Nyhed på www.fiskepleje.dk den 15. december 2015 [link](#).

Nielsen, J., Koed, A. & K. Aarestrup 2013. Vurdering af muligheden for at etablere gyde- og opvækstområder (stryg) for laks og ørred i Gudenåens hovedløb nedstrøms Tange Sø. Notat fra DTU Aqua til Favrskov Kommune, 26 pp.

Nielsen, J. & A. Koed. 2015. Smoltdødelighedens betydning for bevaring af en selvreproducerende havørredbestand i Aarhus Å-systemet. Notat fra DTU Aqua til Aarhus Kommune. 11 pp.

Otterstrøm, C. V. 1917. Danmarks Fauna 20. Fisk III. Tværmunde M.M. 166 pp.

Pedersen, M.I., Jepsen, N., Aarestrup, K., Koed, A., Pedersen, S. & Økland, F. 2012. Loss of European silver eel passing a hydropower station. *Journal of Applied Ichthyology* (ISSN: 0175-8659) (DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01913.x>), 28, 189-193.

Plesner, T., 1994. Udtræk af ørredsmolt (*Salmo trutta* L.) og passage af fisk ved Vestbirk Vandkraftanlæg på Gudenåen. Specialrapport, DFU Afdeling for Ferskvandsfiskeri og Århus Universitet, 60 pp.

Poulsen, E. M. 1935. Nye undersøgelser over Gudenåens lakse- og havørred-bestand. Beretning til Ministeriet for Landbrug og Fiskeri fra Den Danske Biologiske Station XL, 9-36.

Stoltze, M. & Pihl, S. 1998. Gulliste 1997 over planter og dyr i Danmark. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser og Skov- og Naturstyrelsen. 48 pp.

Thomassen, N. L. 1988. Udtræk af vilde og dambrugsopdrættede ørred (*Salmo trutta* L.) og lakse (*Salmo salar* L.) smolt i Gudenåen 1996. Specialrapport, Odense Universitet, 133 pp.

Viborg Amt. 1990. Miljøtilstanden i vandløbene i Bjerringbro Kommune. Rapport nr. 104 i Miljøserien.

Viborg Amt. 1997. Miljøtilstanden i vandløbene i Kjellerup Kommune. Rapport nr. 124 i Miljøserien.

Viborg Amt. 1998. Miljøtilstanden i vandløbene i Hvorslev Kommune. Rapport nr. 126 i Miljøserien.

Webgis: <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2h2014>.

Wiberg-Larsen, P., E.A. Kristensen & Nielsen, J. 2016. Fiskeundersøgelser i vandløb. Teknisk Anvisning TA nr. V18, version 5, 20 pp. Link

Ørredkortet: <http://www.fiskepleje.dk/Vandloeb/Oerredkort>.

Århus Amt. 1999. Miljøtilstanden i Gudenå nord med tilløb, 1996. 90 pp.