

BILAG 7

Projekt	Tude Ådal
Projektnummer	3691000016
Kundenavn	Slagelse Kommune
Emne	Konsekvensberegning af indsatser for ørredsmolt
Til	Thomas Hilkjær
Fra	Jens Peter Müller, Michael Juul Lønborg og Anne St. Blicher
Projektleder	Anne Steensen Blicher
Kvalitetssikring	Susan Boëtius
Revisionsnr.	2
Godkendt af	Lea Bjerre Schmidt
Udgivet	10-07-2015

Indledning

DTU AQUA har udtrykt bekymring for Tude Ådal projektets konsekvenser for ørredsmoltens overlevelse gennem projektområdet.

På møde den 27. maj 2015 blev det derfor aftalt at udføre konsekvensberegninger for forskellige indsatser til at sikre smoltens overlevelse bedre:

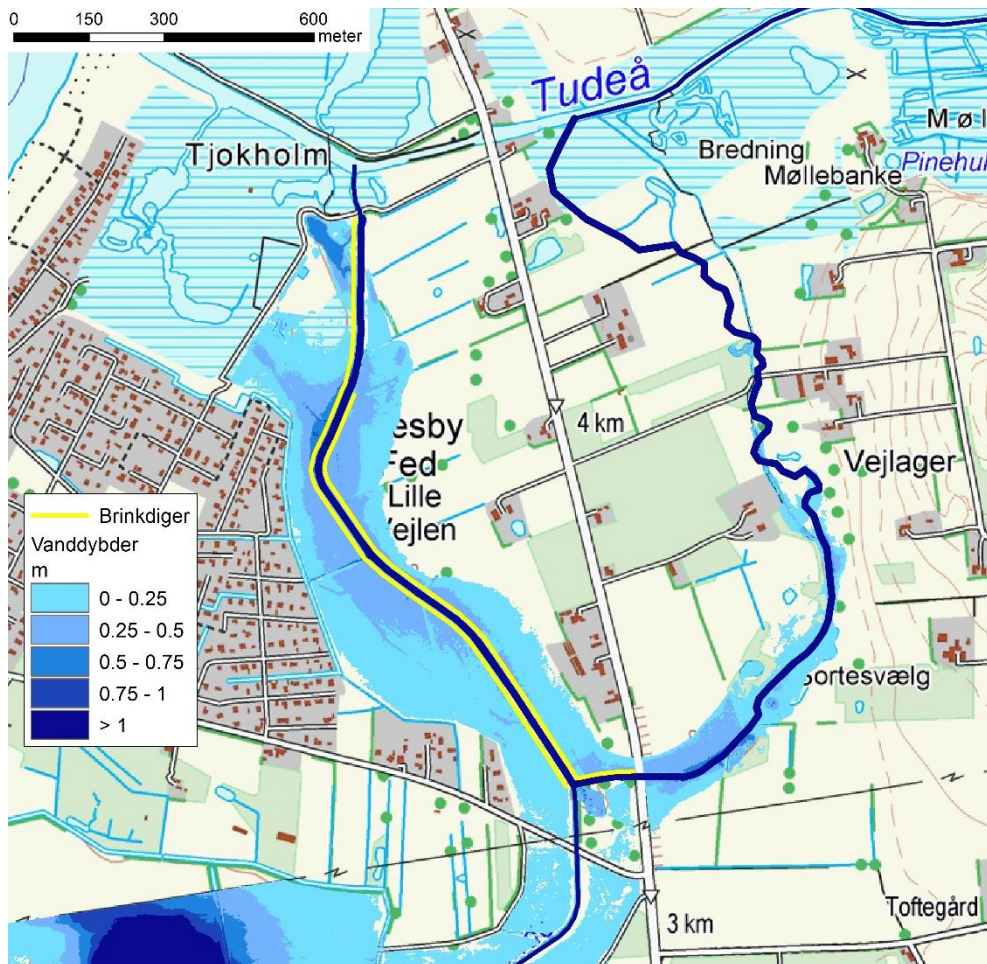
1. Hjerteklap i Bækkerenden under Broholmvej,
 - der forhindrer vand fra Lille Vejlen at stuve tilbage i Store Vejlen.
2. Brinkdiger langs Tude Å gennem Lille Vejlen,
 - der forhindrer smolten i at trænge ind i de lavvandede områder i Lille Vejlen.
3. Lodrette brevsprækker i højvandslukket i Tjokholmdæmningen som,
 - dels øger saltvandsindtrængen og dermed saliniteten i projektområdet,
 - samt giver mulighed for faunapassage.

Hjerteklap

Hjerteklapperne placeres på rørunderføringen under Broholmvej på den nedstrøms side mod Lille Vejlen.

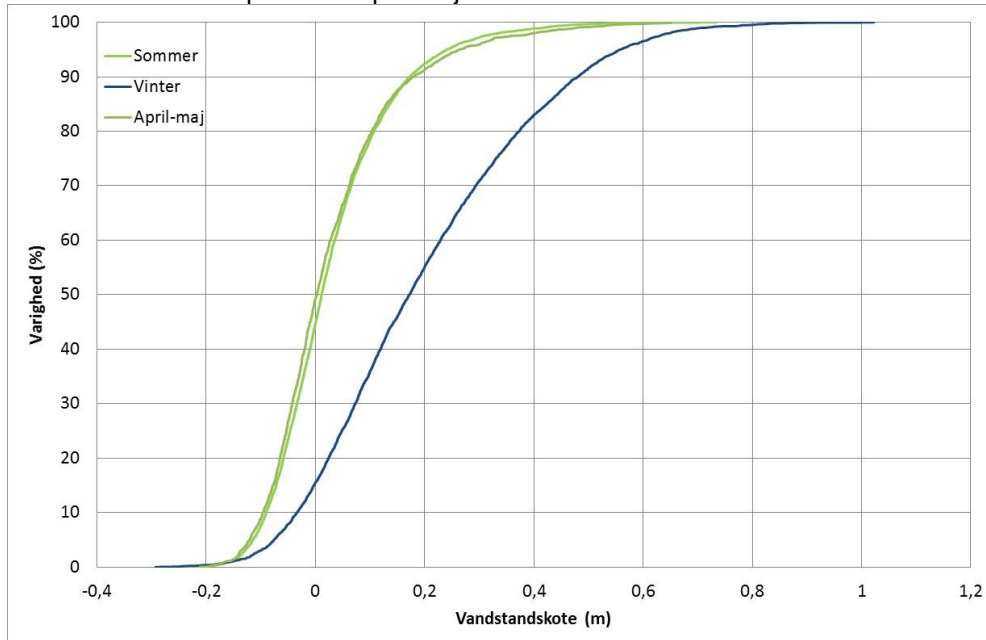
Brinkdiger

Brinkdigerne skal imødegå bekymringen om at smoltene driver ind i de lavvandede områder i Lille Vejlen. Brinkdigerne forløber langs Tude Å i Lille Vejlen, både på vandløbets højre og venstre side som vist i Figur 1. Vandgennemstrømningen til de lavvandede områder bagved digerne sikres med huller i digerne med passende intervaller isat et smolthejn med maksimalt 6 mm maskevidde.



Figur 1 Brinkdigerne langs Tude Å i Lille Vejlen er vist som gule streger sammen med vanddybden ved sommermiddel i 25 cm intervaller. Tude Å er vist med de meget mørkeblå farver pga. de lavede koter.

Koten på brinkdigerne er fastlagt således at vandstanden i kun 4% af tiden er højere end digerne. Figur 2 viser således, at vandstanden i kun 4% af tiden er højere end 30 cm DVR90 i perioden april-maj.



Figur 2 Varighedskurve for vandstandskoten i Lille Vejlen.

Brevsprække

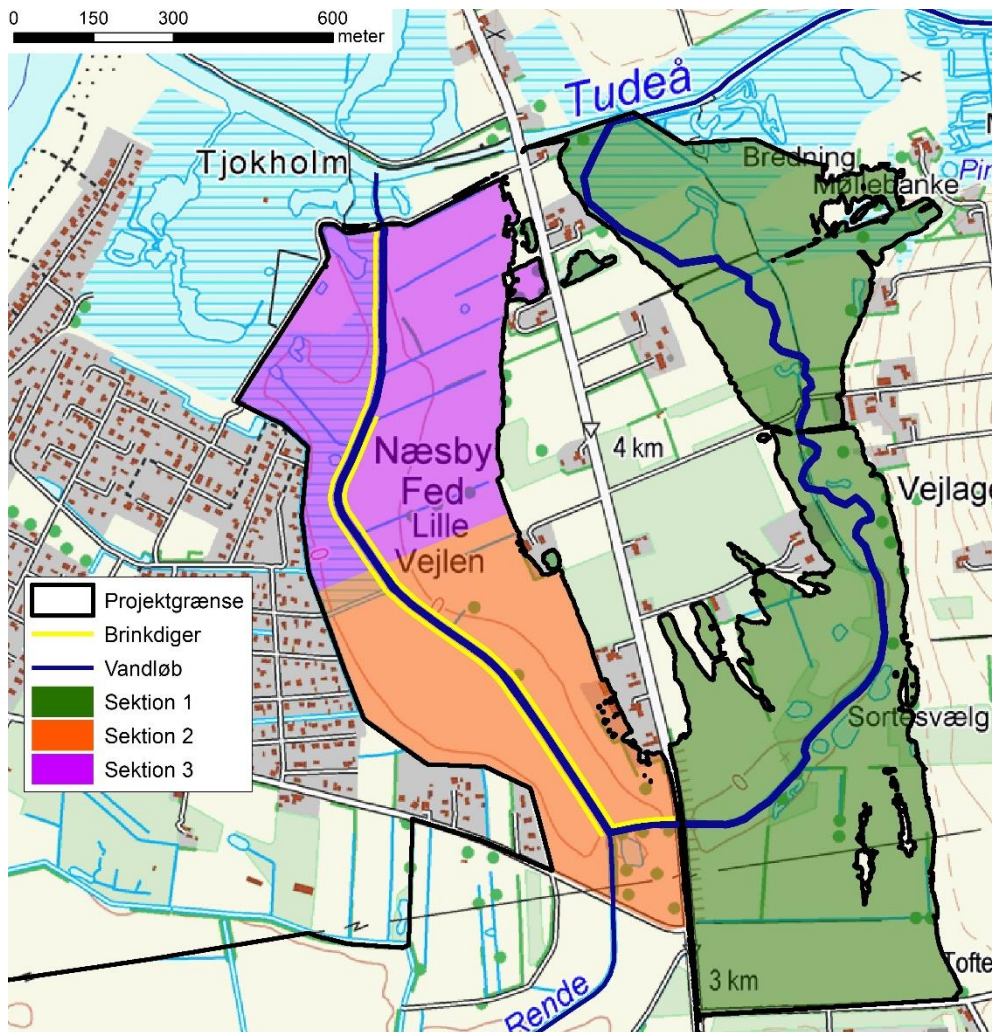
Brevsprækken er placeret i højvandsslukket i Tjokholmdæmningen med en åbning på 20 cm i bredden og 1 meter i højden, fra kote -1 meter til kote 0 meter DVR90. Brevsprækken er kun åben i perioden april og maj for at undgå for stor vandspejlsstigning.

Resultater

Der er gennemført beregninger af konsekvenser ved de tre beskrevne indsatser i kombination, både i forhold til vandstand, vanddybde, vandhastighed og opholdstid, idet det er søgt at minimere vandstandskonsekvensen, af hensyn til sikring af afvandingstilstanden af de opstrøms landbrugsarealer, ved at øge vandløbsbredden med 2 meter.

Analyse af vandstande, vandhastighed, opholdstid og arealer

Beregningsresultaterne er analyseret for 3 sektioner af projektområdet nord for Broholmvej og Forlevvej: Sektion 1 beskriver området øst for Bildsøvej, mens sektion 2 og 3 findes vest for Bildsøvej, hhv. det sydlige og nordlige område. Figur 3 skitserer projektområdet er inddelt i de tre sektioner.



Figur 3 Sektionsopdeling af projektområde. Sektion 1 er opstrøms Bildsøvej, sektion 2 er nedstrøms Bildsøvej indtil ca. station 34250 m i det nye forløb af Tude Å og sektion 3 er det sidste stykke efter brinkdigerets ophør på den østlige side af Tude Å (ca. st. 34250 m) til højvandslukket ved projektområdets nedstrøms ende i station 35120 m.

Der er udført terrænanalyser for hver af de tre sektioner mht. volumen og areal som funktion af terrænkoten. Resultaterne af de hydrauliske beregninger er sammenfattet i Tabel 1, der viser karakteristiske værdier for vandstand, vandhastighed og opholdstid i de tre sektioner af projektområdet.

Tabel 1 Karakteristiske værdier for vandstand, vandhastighed og opholdstid i de tre sektioner.

Karakteristiske værdier	Sektion 1	Sektion 2	Sektion 3	Lille Vejlen og Sortesvælg Jf. TFU v8
Årsmiddel vandstand [meter DVR90]	0,147	0,125	0,118	0,11
Middeldybde [meter]	0,584	0,350	0,392	0,35
Vintermiddelvandstand [meter DVR90]	0,250	0,216	0,206	0,20
Sommermiddelvandstand [meter DVR90]	0,045	0,035	0,032	0,03
Periodemiddelvandstand april-maj [meter DVR90]	0,058	0,040	0,034	-
Vintermiddel vandhastighed [cm/sek]	13	11	9	-
Sommermiddel vandhastighed [cm/sek]	5	4	3	-
Periodemiddel vandhastighed april-maj [cm/sek]	9	7	6	10
Opholdstid, årsmiddel [døgn]	0,19	0,20	0,19	0,5
Opholdstid, periodemiddel april-maj [døgn]	0,22	0,20	0,19	0,4

Vandstanden er en anelse højere i de tre sektioner sammenlignet med den tekniske forundersøgelse (TFU). Dette skyldes, at vandstanden i TFU version 8 blev beregnet længst nedstrøms i Lille Vejlen, og dermed stiger vandstanden nogle cm opstrøms gennem projektområdet pga. broer og generelt vandspejlsfald gennem projektområdet.

Vandhastigheden er størst i sektion 1, hvilket skyldes at vandet i de to næste sektioner fordeles på et større areal. Det er vandhastigheden i selve Tude Å, der er vist i tabellen. Vandhastigheden på de oversvømmede arealer på begge sider af Tude Å er typisk en faktor 10-20 lavere, dvs. næsten stillestående.

Opholdstiden i Lille Vejlen og Sortesvælg ses at ligge på ca. 0,6 døgn, hvilket stemmer fint overens med TFU'en version 8, hvor opholdstiden var på ca. 0,5 døgn. Beregningen af opholdstiden er forbundet med en vis usikkerhed, idet vandet i sektion 2 og 3 fordeles på de lavtliggende områder på begge sider af Tude Å. I beregningen af opholdstiden er det således den samlede vandføring, der ligger til grund for beregningerne. En simpel overslagsberegning med en middelvandhastighed på 0,1 m/s og en længde af projektområdet på ca. 3500 m giver en transporttid (=opholdstid) på ca. 10 timer. Tabel 2 viser arealerne af de overdækkede arealer i de tre sektioner.

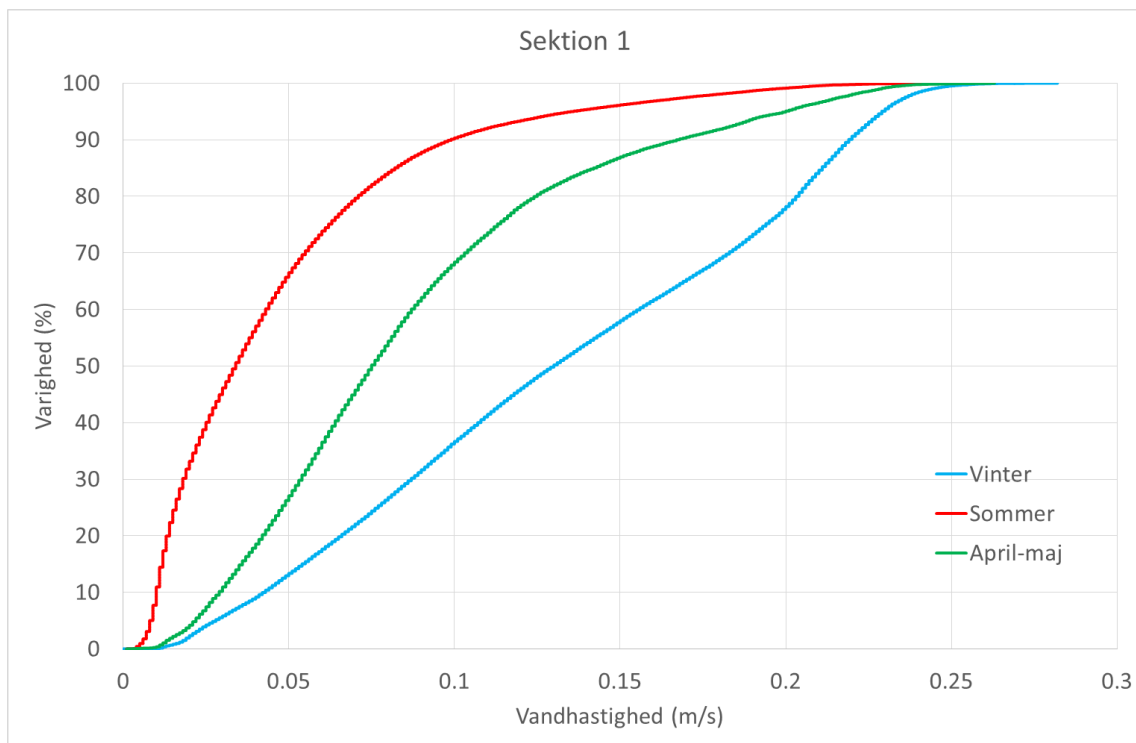
Tabel 2 Oversvømmede arealer ved middelvandstand i perioden april-maj i de tre sektioner.

Arealstørrelse, perioden april-maj [ha]	Sektion 1	Sektion 2	Sektion 3	Lille Vejlen og Sortesvælg
<i>Middelvandstand i perioden april-maj [meter DVR90]</i>	<i>0,058</i>	<i>0,040</i>	<i>0,034</i>	-
Over 1 meters vanddybde	2,57	1,36	1,40	5,33
Mellem 0,75 og 1 meters vanddybde	0,12	0,07	0,07	0,26
Mellem 0,50 og 0,75 meters vanddybde	0,19	0,09	0,10	0,38
Mellem 0,25 og 0,50 meters vanddybde	1,19	0,86	3,71	5,76
Mellem 0 og 0,25 meters vanddybde	3,48	12,8	6,18	22,5
Samlet vanddækket areal	7,54	15,2	11,5	34,2
Tørt areal	59,9	9,9	18,2	88,0
Samlet areal	67,4	25,1	29,7	122,2

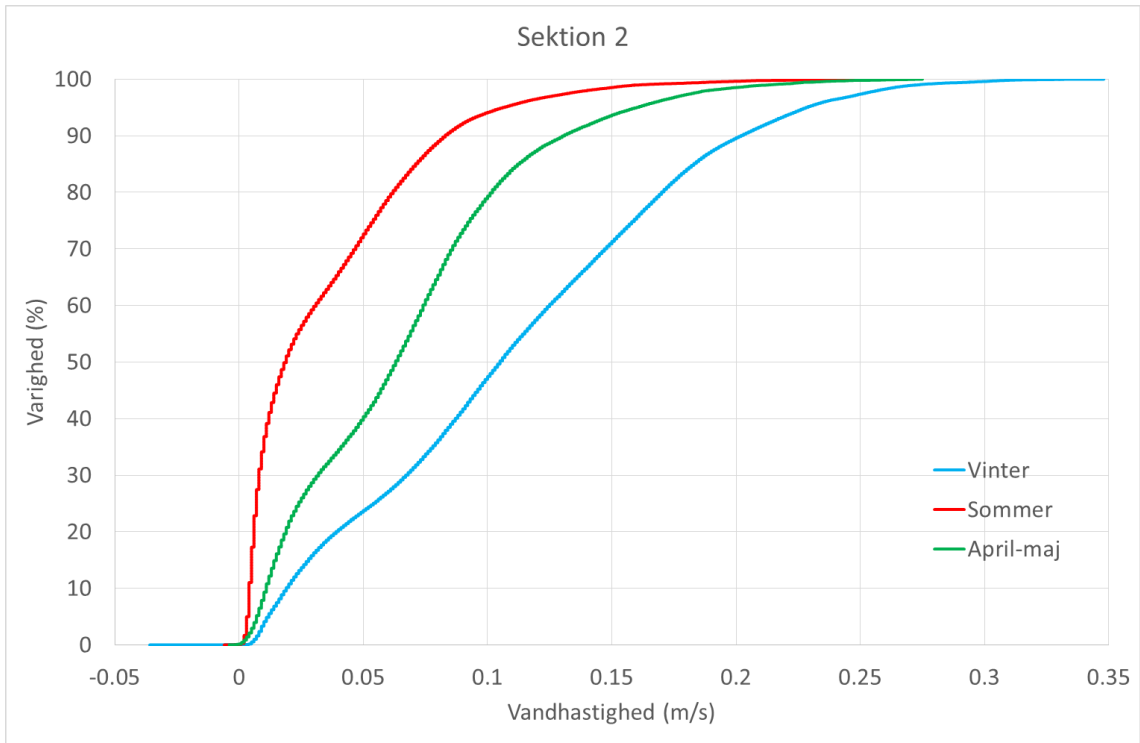
Tabel 2 viser, at det tørre areal dækker størstedelen af arealet i sektion 1, mens der i sektion 2 er mere vanddækket end tørt areal ved en middelvandstand i perioden april-maj. I sektion 3 er ca. en tredjedel af arealet vanddækket. Fordelingen af vanddybden viser, at der primært er mellem 0-25 cm vand, mens selve Tude Å står for vanddybderne på over 1 meter. Det samlede areal svarer til projektområdet under kote 1,55 m DVR90.

Efterfølgende vises varighedskurver for vandhastigheder for hver af de 3 sektioner for vintermiddel, sommermiddel og periodemiddel april-maj, se Figur 4 til Figur 6.

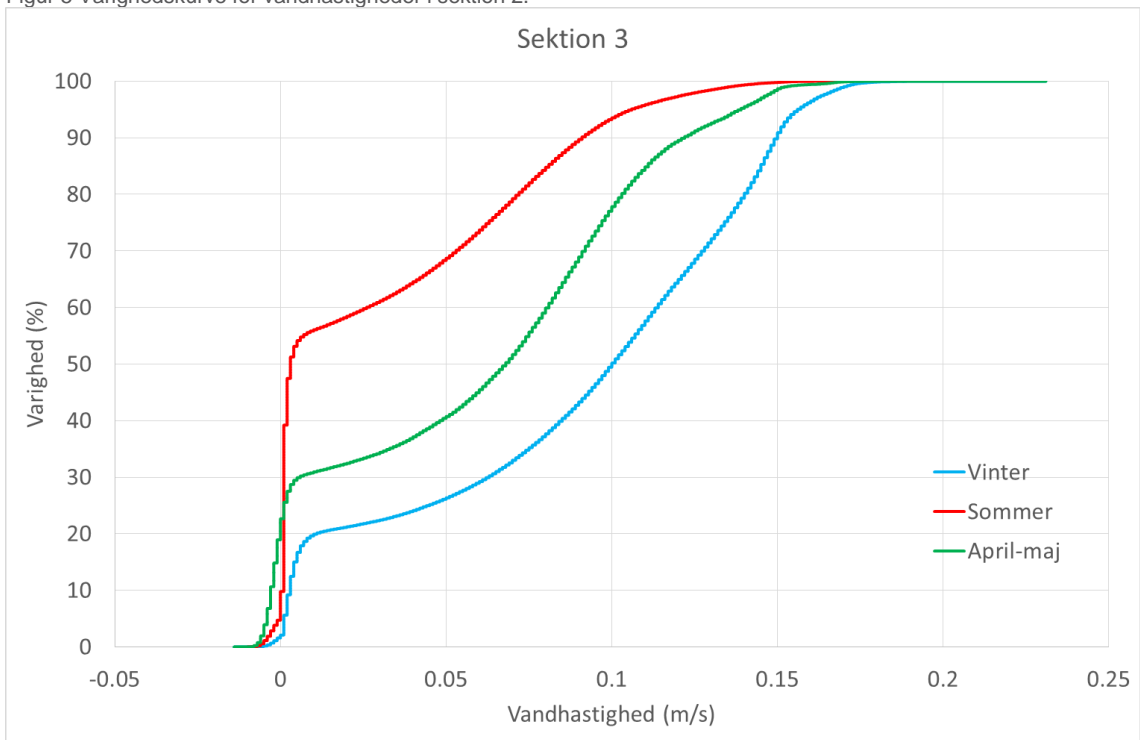
For sektion 2 og 3 er det, som tidligere nævnt, kun vandhastigheden i selve Tude Å, der er vist på figurene.



Figur 4 Varighedskurve for vandhastigheder i sektion 1.



Figur 5 Varighedskurve for vandhastigheder i sektion 2.



Figur 6 Varighedskurve for vandhastigheder i sektion 3.

Konsekvens for vandstande for indsatser for ørredsmolt

Der er således gennemført 3 scenarieberegninger effekt af hjerteklap, brinkdiger og brevsprækker, samt et scenarier der kombinerer alle 3 indsatser. Nedenstående tabeller viser de fundne resultater i Tude Å ved 3 lokaliteter, udløb Vårby Å, indløb til projektområde og i projektområdet.

Alle resultater er analyseret ud fra timeværdier og de kan derfor adskille sig en smule fra den tekniske forundersøgelse, der tager udgangspunkt i modelresultater på dagsbasis.

Tabel 3 Vandstand i Tude Å ved tilløb af Vårby Å.

Vandstand i Tude Å [meter DVR90] Station 29415 Tilløb Vårby Å	Reference TFU/lavt M brinker ¹	Scenarie 1 Hjerteklap	Scenarie 2 Brinkdiger	Scenarie 3 Brevsprække	Scenarie 4 Kombination
Middel	0,24/0,24	0,24	0,25	0,24	0,26
Minimum	-0,29/-0,29	-0,29	-0,28	-0,28	-0,29
Maksimum	1,36/1,46	1,37	1,40	1,36	1,41
Vintermiddel	0,39/0,40	0,39	0,40	0,39	0,40
Sommermiddel	0,09/0,09	0,09	0,10	0,10	0,11

Beregningerne viser, at vandstanden i Tude Å ved udløb af Vårby Å stiger maksimalt 1 cm ved de 3 scenarier hver for sig, mens vandstanden stiger 2 cm, hvis alle 3 indsatser kombineres.

Tabel 4 Vandstand i Tude Å inden indløb til projektområdet.

Vandstand i Tude Å [meter DVR90] Station 31524 Indløb projekt	Reference TFU/lavt M brinker ²	Scenarie 1 Hjerteklap	Scenarie 2 Brinkdiger	Scenarie 3 Brevsprække	Scenarie 4 Kombination
Middel	0,16/0,17	0,16	0,18	0,17	0,19
Minimum	-0,30/-0,30	-0,31	-0,30	-0,30	-0,31
Maksimum	1,27/1,34	1,28	1,33	1,27	1,34
Vintermiddel	0,28/0,29	0,28	0,29	0,28	0,30
Sommermiddel	0,05/0,05	0,05	0,06	0,06	0,08

¹ Scenariet for brinkdiger bør sammenlignes med referencescenariet konsekvensberegnet med lavt manningtal på brinkerne.

² Se fodnote 1

Beregningerne viser, at vandstanden i Tude Å ved indløb til projektområdet stiger maksimalt 1 cm ved de 3 scenarier hver for sig, mens vandstanden stiger 2 cm, hvis alle 3 indsatser kombineres. Ganske som ved tilløbet af Vårby Å.

Tabel 5 Vandstand i projektområdet umiddelbart inden Tjokholmdæmningen.

Vandstand i Tude Å [meter DVR90] Station 34888 Projektområdet	Reference TFU/lavt M brinker ³	Scenarie 1 Hjerteklap	Scenarie 2 Brinkdiger	Scenarie 3 Brevsprække	Scenarie 4 Kombination
Middel	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13
Minimum	-0,31	-0,32	-0,31	-0,31	-0,32
Maksimum	1,08	1,08	1,07	1,08	1,07
Vintermiddel	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21
Sommermiddel	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05

Beregningerne viser, at vandstanden i Tude Å centralt i projektområdet stiger maksimalt 1 cm ved de 3 scenarier hver for sig, mens vandstanden stiger 2 cm, hvis alle 3 indsatser kombineres. Ganske som ved tilløbet af Vårby Å og ved indløbet til projektområdet.

Konsekvens for vandstand for indsatser for reduktion af vandstandsstigning

Af hensyn til afvandingstilstanden af arealerne opstrøms projektområdet, søges vandstandsstigningen reduceret ved at justere indsatserne og øge vandløbets kapacitet. Således er der udført konsekvensberegning af 2 indsatser, hvor brevsprækken kun åbnes i perioden april-maj kombineret med en udvidelse af Tude Å med 2 meter i bundbredden fra Bækkerendens tilløb til Tjokholmdæmningen, som derved øges fra 16 meter til 18 meter.

Efterfølgende tabeller viser beregningsresultaterne for både referenceforhold, indsatser for ørredsmolt og indsatser for sikring af afvandingstilstand.

Tabellerne viser, at effekten af at øge bundbredden og reducere brevsprækkens åbningstid til april-maj kan negligere vandstandsstigningen ved alene at udføre indsatser for ørredsmolt.

³ Se fodnote 1. Beregningerne giver dog præcis den samme vandstand i projektområdet.

Vandstand i Tude Å [meter DVR90] Station 29415 Tilløb Vårby Å	Reference med lavt M på brinker	Scenarie 4 Indsatser for smolt	Konsekvens Smoltindsats	Scenarie 5 Indsatser afvanding	Konsekvens Samlet smolt og afvanding
Middel	0,244	0,256	0,012	0,243	-0,001
Minimum	-0,285	-0,293	-0,008	-0,295	-0,010
Maksimum	1,464	1,412	-0,052	1,409	-0,055
Vintermiddel	0,401	0,403	0,002	0,397	-0,004
Sommermiddel	0,089	0,112	0,023	0,092	0,003

Opstrøms i Tude Å ved tilløbet af Vårby Å i station 29415 ses årsmiddelvandstanden at falde 1 millimeter til 0,243 meter DVR90 i forhold til referencesituationen. Både minimum- maksimum-, og vintermiddelvandstanden og falder også, mens sommermiddelvandstanden stiger en smule med 3 millimeter.

Ved projektområdets start i station 31524 ses årsmiddelvandstanden at være 0,173 meter DVR90, hvilket er en vandstandsstigning på 3 millimeter. Både minimum- og maksimumvandstanden falder omkring 1 cm i forhold til referencen. Vintermiddelvandstanden er beregnet til 0,291 meter DVR90, hvilket er 3 millimeter mere end referencen og sommermiddelvandstanden er beregnet til 0,058 meter DVR90, hvilket er 4 millimeter mere end i referencesituationen. Således kan effekten af indsatserne for ørredsmolt holdes under 4 millimeter ved at gøre Tude Å bredere og begrænse åbningstiden af brevsprækken til april-maj.

Vandstand i Tude Å [meter DVR90] Station 31524 Indløb projekt	Reference med lavt M på brinker	Scenarie 4 Indsatser for smolt	Konsekvens Smoltindsats	Scenarie 5 Indsatser afvanding	Konsekvens Samlet smolt og afvanding
Middel	0,170	0,187	0,017	0,173	0,003
Minimum	-0,302	-0,310	-0,008	-0,312	-0,100
Maksimum	1,338	1,335	-0,003	1,331	-0,007
Vintermiddel	0,288	0,298	0,010	0,291	0,003
Sommermiddel	0,054	0,078	0,024	0,058	0,004

Salinitet i projektområdet

Tidligere undersøgelser (Niras, 2003) har vist, at der under de nuværende forhold kan måles saltkoncentrationer på op til 15 promille den 1/8/2002 800 meter opstrøms det nuværende højvandslukke i Tude Å ved Bildsøvej. Saliniteten i Storebælt er mellem 10-25 promille i overfladevandet.

Saltvand er tungere ferskvand og vil derfor lægge sig som en kile i Tude Å og på arealer under kote 0, såfremt der er hydraulisk forbindelse. De tidligere undersøgelser i 2002 viser jf. ovenstående, at det nuværende højvandslukke ved Bildsøvej ikke er en hindring for dette. Det vurderes at indstrømningen af saltvand også foregår mens højvandslukket er åbent med indstrømning fra Storebælt under kote 0 og udstrømning af ferskvand ovenpå. Det vil det nye højvandslukke også tillade.

Ud over indstrømning af saltvand under kote 0 gennem det nye højvandslukke i Tjokholmdæmningen, vil der også strømme saltvand fra Storebælt ind i Tude Å og videre ind i projektområdet gennem brevsprækken i højvandslukket i Tjokholmdæmningen i månederne april og maj. Udstrømningen er dog betydelig større end indstrømningen gennem brevsprækken, og saltindstrømning som følge af indstrømning gennem brevsprækken vil være minimal. Beregningerne viser at den årlige indstrømning gennem brevsprækken kun udgør 0,2% af udstrømningen gennem Tjokholmdæmningen, idet der kun er mulighed for indstrømning i april og maj. Samme beregning, men kun for månederne april og maj, viser at indstrømningen udgør 6,2% af udstrømningen.

Massebalancen viser, at der ved maksimal indstrømning strømmer ca. 12 g salt ind pr. sekund og i gennemsnit ca. 3 g salt, via indstrømning gennem brevsprækken. Omregnes dette til en salinitet på baggrund af vandvolumenet i projektområdet, vil saliniteten hurtigt falde til forsvindende små mængder, jo længere væk fra Tjokholmdæmningen, den beregnes.

Saltvandsindtrængning som følge af densitetsstrømning, hvor tungere vand fra Storebælt kiler sig ind under udstrømningen af det ferske vand fra Tude Å, har dermed meget større betydning for saliniteten i projektområdet.

Det vurderes at saliniteten vil være den samme med et nyt højvandslukke som ved de eksisterende forhold, måske endda en smule højere, idet der indstrømmer mere saltvand gennem brevsprækken i forhold til det eksisterende højvandslukke. I bunden af Tude Å gennem projektområdet vil saliniteten formentlig ligge på op til 5 promille afhængig af mængden af det tilstrømmende ferskvand. Store afstrømningshændelser vil sænke saliniteten, hvorefter saltindholdet gradvis vil stige igen.

Konsekvens af afværgeindsatser for ørredsmoltens overlevelse

DTU AQUA har påvist en høj dødelighed hos nedstrøms trækkende ørredsmolt ved passage af indskudte søer, samt påvist at dødeligheden stiger med opholdstiden. Smoltenes dødelighed tilskrives fiskende fugle og rovfisk, samt det forhold, at søerne hurtigt opvarmedes til over 14 oC, hvilket stopper smoltificeringsprocessen i ferskvand.

En drift af ørredsmolt ind i søen ved Store Vejle ville antagelig medføre en meget ringe overlevelse hos de pågældende ørreder, og uden tiltag vil ca. 6 % af vandet fra Tude Å løbe ind i søen, heraf hovedparten i perioder, hvor slusen ved Tjokholm dæmning er lukket. Etablering af en hjerteklapsluse i Bækkerenden forhindrer vand fra Lille Vejlen at stuve tilbage i Store Vejlen, hvilket effektivt vil forhindre ørredsmolt i at drifte ind i området.

En væsentlig bekymring har været, at ørredsmoltene vil drive ind i de lavvandede områder omkring åen i Sortesvælg og Lille Vejlen, ikke mindst i perioder, hvor slusen er lukket. Etableringen af et smoltdige langs den nedre del af åløbet vil bevirke, at ørredsmolten kun kan drive ind i de mindre tilgrænsede områder, som ligger inden for diget, bortset fra de 4 % af tiden, hvor vandstanden i åen overskrider kronekanten. Under disse omstændigheder kan en del af ørredsmoltene ende uden for diget, med ringe overlevelsesmuligheder til følge.

Erfaringer med smoltdødelighed bygger på søer, som ligger højere oppe i vandsystemet. De lavvandede områder omkring Sortesvælg og Lille Vejlen ligger tæt på havet og under kote 0, og området må antages at blive saltpåvirket. Dette bevirker dels, at bestanden af gedder vil være lille, og prædation fra rovfisk derfor må forventes at være beskeden, og dels at smoltificeringsprocessen næppe påvirkes negativt i området.

En passage gennem de nedre 3 km løb af Tude Å vil næppe medføre alvorlige tab, såfremt ørrederne forbliver i åen, og såfremt strømmen i åen er betydelig. Smoltdødeligheden er således målt til at være beskeden i de nedre 23 km løb af den ny-etablerede Skjern Å (0,7 % pr. km), så længe åen ikke skvulper over til den tilgrænsende sø (Andersen, 2005). Dette svarer til en dødelighed i Tude Å på ca. 2 % i de berørte 3 km af det nedre løb.

Middelopholdstiden gennem projektområdet er beregnet til ca. 6 ½ time i april-maj, hvilket dog dækker over en noget kortere opholdstid i de 75 % af tiden, hvor slusen er åben, og en længere opholdstid, når slusen er lukket. Smoltdødeligheden kan derfor forventes at være beskeden, når slusen er åben, men øges når slusen er lukket, da risikoen for prædation øges med den øgede opholdstid. Da der ikke foreligger erfaringer fra lignende forhold kan den samlede dødelighed for ørredsmolt gennem projektområdet ikke vurderes, men dødeligheden skønnes at være begrænset.

Sættes dødeligheden til maksimum 20 %, når slusen er lukket uden at åen flyder over, maksimum 5 % når slusen er åben og 90 %, i de 4 % af tiden hvor åen løber over, bliver middeldødeligheden for ørredsmolt ved passagen af projektområdet ca. 12 %.

Konklusion

Middeldødeligheden for ørredsmolt ved passagen af projektområdet vurderes til ca. 12 %, såfremt der etableres afværgeindsatser i form af både hjerteklapper, brinkdiger og brevsprække.

Konsekvensberegningerne viser, at indsatserne for ørredsmolt ikke har nogen praktisk betydning for afvandingstilstanden af de opstrøms arealer, når indsatserne kombineres med indsatser der øger vandføringskapaciteten i Tude Å og begrænser brevsprækkens åbningstid.

Vandspejlsstigningen vil således være meget begrænset og i værste fald 3-4 mm for sommermiddelvandspejlet, hvilket er langt under modellens beregningsnøjagtighed.

Opstrøms i Tude Å ses både årsmiddel-, minimum-, maksimum- og vintermiddelvandstanden at falde ved den samlede indsats for ørredsmolt og afvandingsforhold.

Det vurderes at saliniteten i projektområdet vil ligge på op til 5 promille afhængig af de tilstrømmende ferskvand i Tude Å.

Referencer

Niras, 2003: Tude Å iltsvindsproblematik. Dokumentation af hydrauliske modeller. Rapport udarbejdet af Niras, juli 2003.

Andersen, J.M. (red.) 2005: Restaurering af Skjern Å. Sammenfatning af overvågningsresultater 1999-2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 96 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 531.