

Modellering af habitatforhold i den øvre del af Solrød Bæk

Vurdering af ændring af habitatforhold ved forskellige virkemidler i forbindelse med Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød Bæk)

Martin Olsen og Hans Jørgen Henriksen



Modellering af habitatforhold i den øvre del af Solrød bæk

Vurdering af ændring af habitatforhold ved forskellige virkemidler i forbindelse med Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød bæk)

Martin Olsen & Hans Jørgen Henriksen

Modellering af habitatforhold i den øvre del af Solrød bæk

Vurdering ændring af habitatforhold ved forskellige virkemidler i forbindelse med Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød bæk)

Martin Olsen og Hans Jørgen Henriksen, GEUS.



Datablad

Titel:	Modellering af habitatforhold i den øvre del af Solrød bæk – vurdering af ændring i habitatforhold ved forskellige virkemidler i forbindelse med Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød bæk).
Forfattere:	Martin Olsen og Hans Jørgen Henriksen, GEUS.
Udgiver:	GEUS
URL:	http://www.GEUS.dk
Udgivelsesår:	2014
Redaktion afsluttet:	31. januar 2014
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Emneord:	Vandløb, vådområde, klimatilpasning, habitatforhold.
Sideantal:	30
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på http://www.GEUS.dk

Indholdsfortegnelse

Forord	4
Ordliste	5
1. Resumé	6
2. Introduktion	7
2.1 Formål	7
2.2 Målgruppe for projektet	8
3. Metodik til estimering af habitatforhold og effekt af vådområde	9
3.1 Caseområde	9
3.2 Scenarier	12
3.3 Modellering af habitatforhold	13
4. Resultater	16
4.1 Økologiske overvejelser	20
5. Konklusion	22
6. Referencer	23
Appendiks 1- Habitatkortlægning af strækninger	25
Appendiks 2 – Observeret vandføring og scenarier for vandføring	26
Appendiks 3 – Hydrauliske relationer	27

Forord

Projekt "Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød bæk)" er finansieret af NaturErhvervsstyrelsen, Greve Solrød Forsyning, Hovedstadens Forsyningsselskab (HOFOR), Solrød Kommune og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). Projektet blev påbegyndt i januar 2013 og afsluttet i december 2013 og er en forundersøgelse før en evt. implementering/anlæggelse af et vådområde

Anledningen til forundersøgelsen er et behov for at forberede klimatilpasning af afløbssystemerne i Havdrup, samt forbedre afstrømningsforholdene i Solrød bæk. Denne rapport komplimenterer en rapport af Grontmij fra 2014 (Grontmij 2014), der beskriver mulighederne for at gennemføre et vådområdeprojekt for Solrød bæk (Tykmosen), samt dimensionering af et sådan vådområde. Nærværende GEUS rapport sammenligner effekterne på de fysiske habitatforhold i Solrød bæk ved at gennemføre et vådområdeprojekt eller andre tiltag der kan forbedre de fysiske habitatforhold i Solrød bæk.

Målgruppen er i første omgang fagfolk i kommuner, forsyningsselskaber, regioner, stat, rådgivere mm., der arbejder med klimatilpasning, vandressourceforvaltning og/eller vandplaner.

Ordliste

- Habitategnethedsindeks Habitategnethedsindeks, (Habitat Suitability Indices, HSI) eller præferencekurve. Et habitategnethedsindeks kvantificerer hvor egnet en given habitatfaktor er for en given indikator fx hvor egnet forskellige vanddybder er for yngel af ørred. Egnetheden er som regel angivet på en skala fra 0 til 1, hvor 0 er uegnet og 1 er optimal.
- Vandløbshabitatmodel En vandløbshabitatmodel er en fysisk baseret model over et vandløbs fysiske og hydrauliske forhold kombineret med et eller flere biologiske/økologiske indeks der konverterer fysiske forhold til leveforhold for en økologisk indikator fx en ørred. Et eksempel er en vandløbshydraulisk model (vanddybde og vandhastighed) kombineret med habitategnethedsindeks for ørred.

1. Resumé

I oplandet til Solrød bæk er der et behov for at forberede klimatilpasning af afløbssystemerne, mens det også er nødvendigt at forbedre afstrømningsforholdene og de fysiske forhold for at forbedre de økologiske forhold i Solrød bæk.

Der er gennemført en analyse af effekter ved etablering af forskellige tilpasningstiltag bl.a. etablering af et vådområde i Tykmosen ved Solrød bæk og vurdering af konsekvenser for de fysiske habitatforhold på tre vandløbsstrækninger med forskellige fysiske forhold. Tre scenarier blev opstillet for tilpasningstiltag; etablering af et vådområde, reducere grundvandsindvinding og forbedring af de fysiske forhold. De fysiske-hydrauliske forhold blev opmålt på de tre udvalgte strækninger, og data blev anvendt til at opstille en fysisk vandløbshabitatmodel. Smådyr og ørredyngel blev anvendt som indikatorer for de økologiske forhold i Solrød bæk, ved at opstille såkaldte habitategnethedsindeks (HSI). De blev anvendt til at kvantificere de fysiske habitatforhold i Solrød bæk, samt konsekvenserne af de forskellige tilpasningstiltag.

Minimumsvandføringen vil blive forøget omtrent det samme ved at etablere et vådområde eller reducere grundvandsindvindingen og dermed vil konsekvenserne for de fysiske habitatforhold for smådyr og ørred være omtrent de samme. Fordelene ved etablering af et vådområde er at det også reducerer de højeste vandføringer, hvilket vil begrænse risikoen for oversvømmelse og skade på bundsubstrat og økologiske forhold.

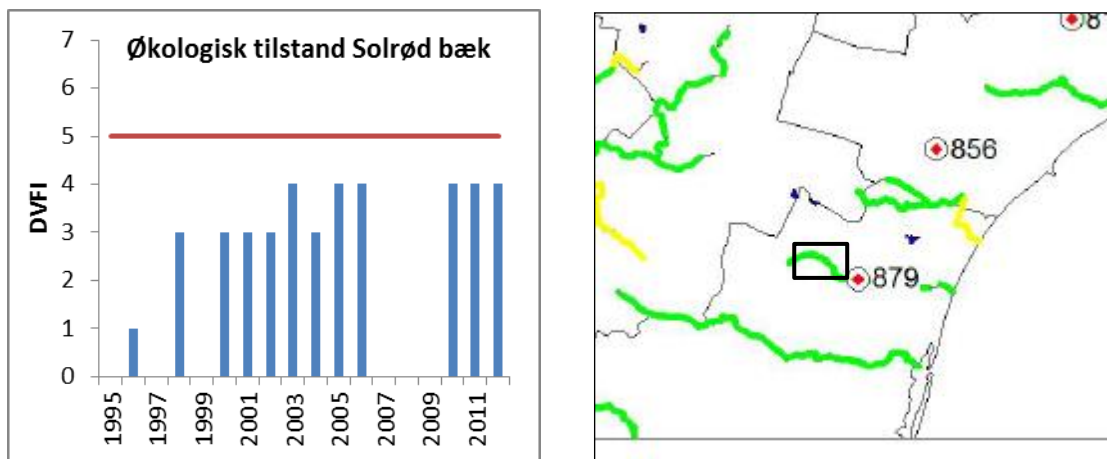
Ved at foretage vandløbsrestaurering vil levevilkårene i vandløbet blive generelt forbedret hele året, mens levevilkårene kun vil blive forbedret om sommeren hvis minimumsvandføringen forøges ved at etablere et vådområde eller reducere grundvandsindvindingen. Ved at forøge minimumsvandføringen og forbedre de fysiske forhold i vandløbet vil de fysiske habitatforhold blive væsentligt forbedret hele året og dermed vil man øge sandsynligheden for at opnå god økologisk tilstand i Solrød bæk.

2. Introduktion

2.1 Formål

I gennem projektet "Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød bæk)" ønskede Solrød Kommune i samarbejde med Greve Solrød Forsyning, HOFOR og GEUS at undersøge mulighederne og effekterne af at gennemføre et vådområdeprojekt i den østlige del af Havdrup by, der kan genskabe naturområdet Tykmosen. Vådområdet skal forbedre afstrømningsforholdene i Solrød bæk, forberede klimatilpasning af afløbssystemerne i Havdrup og samtidigt skabe et bynært rekreativt område.

Solrød bæk opnår faunaklasse 4 på strækningen umiddelbart nedstrøms HOFORs kildeplads (Figur 1) og der opnås derfor ikke god økologisk tilstand (minimum faunaklasse 5) som er målet fra de statslige vandplaner (NST 2013). Grundvandsindvindingen ved Solrød bæk reducerer vandføringen og det er muligt at det er en af grundene til at der ikke opnås god økologisk tilstand. HOFOR kan derfor forvente at der bliver stillet krav om forøgelse af minimumsvandføringen, som typisk sker ved reducere/ophør af grundvandsindvinding eller ved udpumpning af grundvand til supplerende vandføring (NST 2014).



Figur 1. Tv. økologiske forhold i Solrød bæk (st. 879), umiddelbart nedstrøms for HOFORs kildeplads og caseområdet for nærværende studie der er markeret med sort firkant på figur til højre. Den røde streg på figur til venstre viser det niveau der skal til for at opnå god økologisk tilstand. Modifieret fra HOFOR Faunaklasserapport 2012.

GEUS' del af projektet har været at vurdere effekterne på de vandløbsøkologiske forhold ved etablering af et vådområde der afvander til Solrød bæk og sammenligne effekterne med andre kendte virkemidler der kan forbedre den økologiske tilstand i Solrød bæk især i forbindelse med lave sommervandføringer (ophør af grundvandsindvinding eller restaurering af de fysiske forhold). De fysisk-hydrauliske forhold i vandløbet definerer den fysiske ramme for de økologiske forhold i vandløbet. Det vil sige at de økologiske forhold i vandløbet vil blive påvirket hvis der sker ændring i vandføringsregimet eller ændring i vandløbets fysiske udformning.

Ved at opstille en vandløbshydraulisk model og kombinere den med biologiske indikatorers (smådyr og fisk) krav til de fysiske forhold er det muligt at sammenligne de fysiske habitatforhold under de nuværende forhold med forskellige scenarier; 1) efter etablering af et vådområde (ændret vandføringsregime), 2) reducere af grundvandsindvinding (øget vandføring) og 3) efter vandløbsrestaurering, der alle er virkemidler der anvendes til at forbedre de økologiske forhold i mange danske vandløb.

I denne undersøgelse er der kun fokuseret på ændringer i minimumsvandføring og fysiske forhold i Solrød bæk og der er ikke taget højde for andre parametre der kan påvirke habitatforholdene i Solrød bæk som fx vandkvalitetsparametre (ilt, temperatur, forurening m.v.).

2.2 Målgruppe for projektet

Målgruppen for afrapportering af Modellering af habitatforhold i den øvre del af Solrød bæk er først og fremmest vandforvaltere og planlæggere i kommuner og forsyningsselskaber. Dernæst har folk, der arbejder med vandløb, påvirkning fra grundvandsindvinding og etablering af vådområder i regioner, stat og blandt rådgivere, en interesse i resultaterne på områder som klimatilpasning, vandressourceforvaltning og vandplaner.

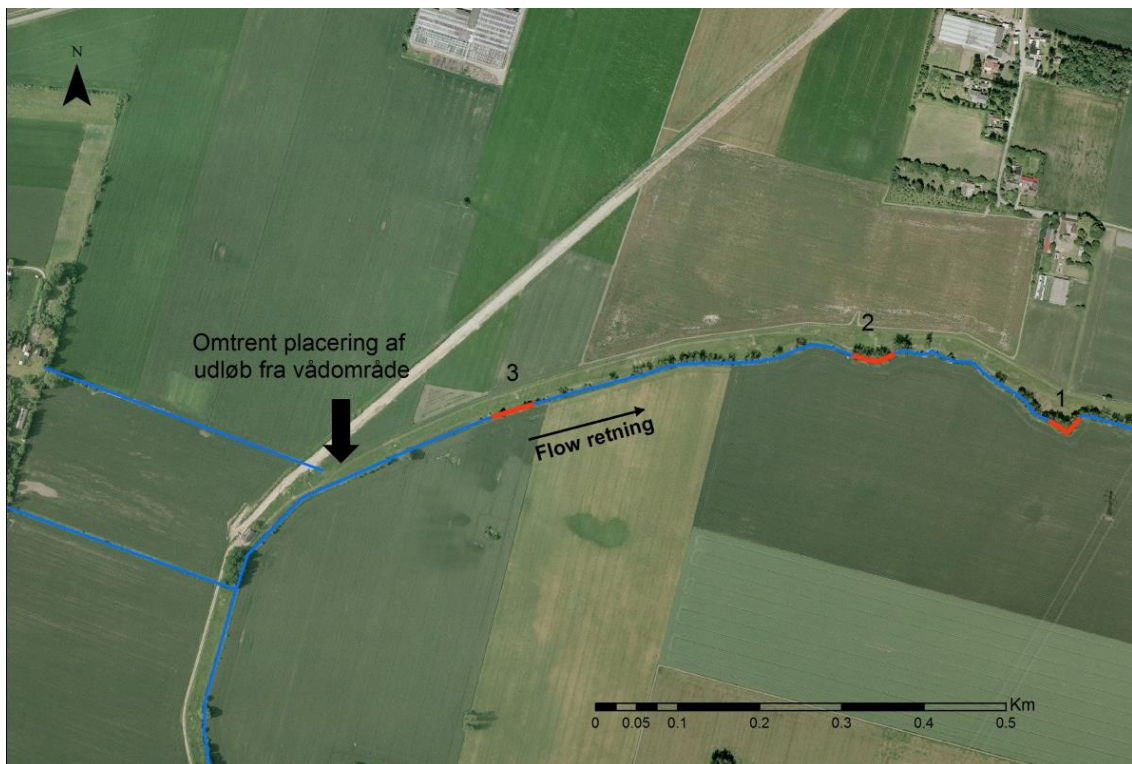
3. Metodik til estimering af habitatforhold og effekt af vådområde

Vandforvaltningens effekt på habitatforhold i vandløbet har i dette studie fokuseret på de fysiske forhold defineret ved de fysiske parametre vandstrømhastighed, vanddybde og bundsubstrat. De nuværende forhold er defineret ud fra observationer af vandføring og fysiske forhold fra marts til oktober 2013.

Den overordnede metode der er anvendt til at estimere de fysiske habitat forhold er habitat hydraulisk modellering der er en ofte anvendt metode i den vestlige verden i forbindelse med vandforvaltning og påvirkning på vandløbsøkologiske forhold (Tharme 2003), især i USA (Bovee et al. 1998) men også England (Booker & Dunbar 2004), New Zealand (Jowett 1998) og Norge (Fjeldstad et al. 2011).

3.1 Caseområde

Undersøgelsen har fokuseret på den øvre del af Solrød bæk indenfor HOFORs område og nedstrøms det planlagte vådområde (Figur 2).



Figur 2. Solrød bæk med markering af udløb fra det potentielle vådområde, samt de tre strækninger der er indsamlet vandløbsdata fra. Havdrup by ligger umiddelbart vest for området.

Tre vandløbsstrækninger á 50 m blev udvalgt til habitatmodellering (Figur 2). De tre strækninger ligger indenfor en indbyrdes afstand af 800 m, men har vidt forskellige fysiske forhold og er repræsentanter for gode fysiske forhold (Strækning 1) og dårlige fysiske forhold (Strækning 3), samt en overgang mellem de to (Strækning 2). Grunden til at der er valgt tre

forskellige strækninger er at vurdere hvor forskelligt de økologiske forhold vil reagere på en ændring i de fysiske forhold.

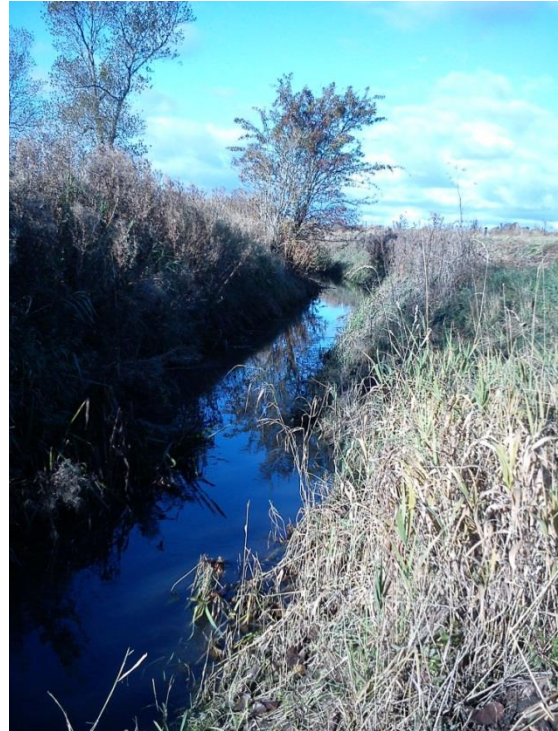
Strækning 1 ligger længst nedstrøms har et forholdsvis snoet forløb med god variation i dybde, hastighed og bundsubstrat, samt en hældning på fald på 3,6 ‰. Strækningen er skygget af store træer og der er derfor få vandplanter og der foretages ingen eller lidt oprensning på strækningen. Bunden er hård, med flere gruspartier (Figur 3).



Figur 3. To billeder fra strækning 1 hvor det grove substrat og den hurtige strøm (uroelig vandoverflade) tydeligt kan ses.

Strækning 2 ligger mellem strækning 1 og 3 har et lige fladt forløb med lille variation i dybde, hastighed og bundsubstrat, samt en hældning på 2 ‰. En del af strækningen er skygget af store træer, mens der på andre dele af strækningen bliver foretaget hårdhændet grødeskæring. Bunden varierer mellem bløde partier og partier med grus og sand, og der er enkelte sten på strækningen (Figur 4).

Strækning 3 ligger længst opstrøms og umiddelbart nedstrøms det planlagte afløb fra vådområdet. Strækning 3 har et lige fladt forløb med lille variation i dybde, hastighed og bundsubstrat, samt en hældning på fald på 1 ‰. Der foretages hårdhændet grødeskæring på strækningen med rendegraver, hvor hele vandløbsbunden graves op med vandplanter og bundsubstrat. Bunden er meget blød og der er meget lille variation i dybde, vandhastighed og bundsubstrat sammensætning (Figur 5). På den valgte strækning er der to delstrækninger som ikke er blevet grødeskåret da rendegraveren ikke har kunnet komme til dem.



Figur 4. To billeder fra strækning 2 hvor lidt groft substrat og hurtigere strøm kan anes på billedet til venstre, mens kanaliserede forhold med ensartet strøm kan fornemmes på billedet til højre.



Figur 5. To billeder fra strækning 3 hvor blødt substrat og stillestående vand kan anes på billedet til venstre, mens kanaliserede forhold med ensartet og ingen strøm kan fornemmes på billedet til højre.

Fordelingen af habitattyper indenfor hver strækning (Tabel 1) viser at der er stor variation i udbud af habitattyper på strækning 1 hvor fordelingen af stryg og høl næsten er den samme og der er en mindre del af overgangshabitattypen run. På strækning 2 er en mindre del af strækningen stryg, mens der er mere af habitattypen run. På strækning 3 er der intet stryg tilbage, kun run og høl hvor den eneste variation imellem de to habitattyper er forskel i vanddybde.

Tabel 1. Fordeling af habitattyper på de tre vandløbsstrækninger, samt vandspejlshældning.

Habitattype	Strækning 1	Strækning 2	Strækning 3
Stryg	18 (36 %)	13 m (26 %)	-
Run	13 (26 %)	19 m (38 %)	20 m (40 %)
Høl	19 (38 %)	18 m (36 %)	19 m (38 %)
Vandplanter	-	-	11 m (22 %)
Hældning	3,6 ‰	2 ‰	1 ‰

3.2 Scenarier

Med udgangspunkt i de nuværende fysiske forhold i Solrød bæk og vandføringsdata fra Solrød bæk (st. 54.34) fra sommeren 2013, der var en tør sommer med meget lave vandføringer og en lang periode med ingen vandføring (se Appendiks 2), blev der opstillet tre scenarier for forbedring af de økologiske forhold på den øvre del af Solrød bæk:

Scenario 1) Etablering af vådområde/regnvandsbassin, som svarer til det der er målet med "Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød bæk)". Vådområdet skal opmagasinere og udlede regnvand til den øvre del af Solrød bæk, og dermed forbedre afstrømningsforholdene i Solrød bæk ved at forøge de mindste sommervandføringer og reducere de største vandføringer. I projektet "Vådområdeprojekt ved Tykmosen (Solrød bæk)" har Grontmij beregnet at vådområdet med buffervolume på 10.000 m³ vil kunne sikre en sommervandføring på 5 l s⁻¹ i ca. 23 dage i perioder hvor vandføringen ellers ville være nul (Grontmij 2014). Ved beregning af de fysiske habitatforhold i Solrød bæk under scenario 1 er det antaget at hvis vandføringen når under 5 l s⁻¹ så forøges vandføringen med 3,5 l s⁻¹ (bidrag fra vådområde) for at simplificere scenariet. Denne ændring i vandføring blev overført til den observerede vandføring i Solrød bæk (st. 54.34) i 2013 (7/3-2013 - 10/10-2013) for at vurdere effekten af etablering af et vådområde på de økologiske forhold i Solrød bæk.

Scenario 2) Reducering af grundvandsindvinding eller supplerung af vandføring ved op-pumpning af grundvand til vandløbet, er typiske virkemidler til forbedring af den økologiske tilstand når det vurderes at den største påvirkning er grundvandsindvinding. Ved beregning af de fysiske habitatforhold i Solrød bæk under scenario 2 er det antaget at sommervandføringen generelt forøges svarende til effekten ved fuldstændig ophør i grundvandsindvinding for at simplificere scenariet. Ændring i vandføringen ved ophør af grundvandsindvinding er tidligere vurderet af DHI i forbindelse med VVM for HOFOR, til at være 3 l s⁻¹ og kravværdien til vandføringen i Solrød bæk er beregnet til 2 l s⁻¹. Forøgelsen på 3 l s⁻¹ blev overført til den observerede vandføring i Solrød bæk (st. 54.34) i 2013 (7/3-2013 - 10/10-2013) for

at vurdere effekten af ophør af grundvandsindvinding på de økologiske forhold i Solrød bæk.

Scenario 3) Restaurering af de fysiske forhold i Solrød bæk er et andet typisk virkemiddel i de statslige vandplaner når den økologiske tilstand skal forbedres og med god grund da en stor del af de danske vandløb er blevet udrettet og uddybet, og bliver hårdhændet vedligeholdet. Ved at simulere de fysiske habitatforhold på tre forskellige strækninger med forskellige fysiske forhold blev det visualiseret hvor stor en betydning ændring i vandføring har ved forskellig kvalitet af de fysiske forhold. Men det kan også anvendes til at visualisere den ændring i habitatforhold der vil ske hvis de fysiske forhold i vandløbet ændres, enten ved at reducere udbredelsen af udrettede hårdt vedligeholdte strækninger og øge udbredelsen af varierede strækninger eller omvendt hvad der vil ske hvis vandløbet i endnu højere grad udrettes og udjævnes.

3.3 Modellering af habitatforhold

Der blev anvendt en vandløbshabitatmodel (RHYHABSIM 3.2; Jowett, 2004) til at modellere de fysiske habitatforhold i Solrød bæk, under de nuværende forhold og til at opstille scenarier for ændrede forhold. Yderligere information om vandløbshabitatmodellering under danske forhold findes i Clausen et al. (2006), Conallin (2009) og Olsen (2010).

Vandløbsfysiske forhold

De vandløbshydrauliske forhold blev opmålt og der blev opstillet en simpel 1D hydraulisk model for de tre strækninger. Ved første feltbesøg blev udbredelsen af de forskellige habitattyper kortlagt på hver strækning i forhold til tre dominerende habitattyper, som regel stryg, run og høl (Tabel 2). På hver strækning blev de fysiske forhold opmålt i 12 tværprofiler 4 fra hver habitattype. For hvert tværprofil blev bredde og habitattype noteret, samt afstand fra nedstrøms startpunkt. På den måde kunne hvert enkelt tværprofil og habitattype vægtes i forhold til det samlede habitat. I hvert tværprofil blev der foretaget 6 punktmålinger af; vanddybde, vandstrømhastighed og sammensætning af bundsubstrat. Vandstrømhastigheden blev målt med en elektromagnetisk flowmåler (Valeport 801), vanddybden blev målt med en tommestok og bundsubstratsammensætningen blev visuelt vurderet indenfor 25 cm x 25 cm efter en modificeret Wentworth skala (Bain & Stevenson 1999), hård bund (grundfjeld, kalk, ler, fliser), sten ($\emptyset = >64$ mm), grus ($\emptyset = 2-63$ mm), sand ($\emptyset = 0.06-1$ mm) og silt ($\emptyset < 0.06$ mm) (Figur 6). Ved hver strækning blev vandføringen beregnet på baggrund af vanddybde og strømhastighed målt i alle tværprofiler og beregnet med programmet CalQ (Clausen & Jensen 1994). Vandspejlet/vandstanden ved alle tværprofiler blev indmålt i forhold til hinanden vha. nivelleringsinstrument. Der blev foretaget to opfølgende feltbesøg med henblik på at opstille Q-h relationer for hver strækning. Ved de opfølgende feltbesøg blev vandføring målt ved et velegnet tværprofil på hver strækning og vandstand blev indmålt for hvert tværprofil i forhold til hinanden.

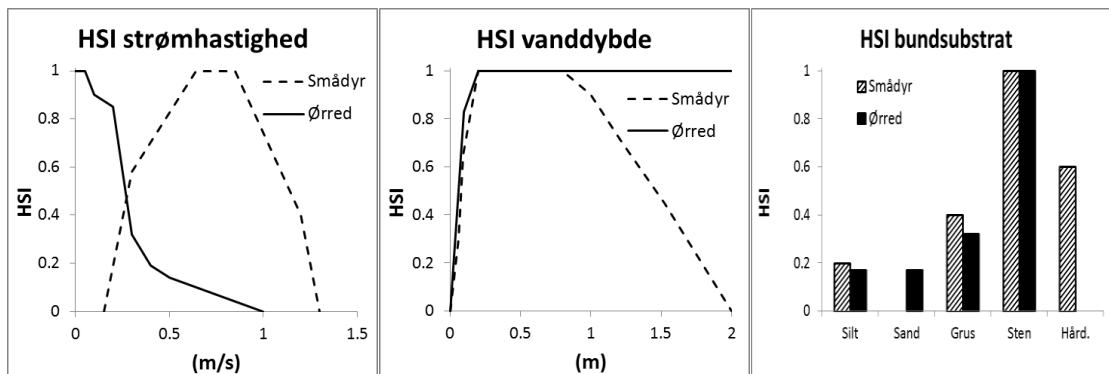
Tabel 2. Observeret vandføring ved tre feltbesøg (Q1-Q3) på de tre strækninger.

Måling\Station	Strækning 1	Strækning 2	Strækning 3
Q1 (dato)	23 l s ⁻¹ (22/10-13)	6 l s ⁻¹ (23/10-13)	5 l s ⁻¹ (23/10-13)
Q2 (dato)	19 l s ⁻¹ (12/11-13)	25 l s ⁻¹ (12/11-13)	31 l s ⁻¹ (12/11-13)
Q3 (dato)	8 l s ⁻¹ (18/11-13)	10 l s ⁻¹ (18/11-13)	9 l s ⁻¹ (18/11-13)

Biologiske indikatorer

Smådyr/makroinvertebrater (herefter betegnet smådyr) og yngel af ørred (*Salmo trutta*) blev anvendt som indikator for de økologiske forhold i Solrød bæk.

Selvom der er observeret ørred i Solrød bæk er der ikke observeret gydeaktivitet og vandløbet er heller ikke målsat som ørredvandløb, men ørred er alligevel anvendt som indikator i denne undersøgelse da det er en ofte anvendt og god indikator for økologiske forhold i danske vandløb (Friberg et al. 2005) og Danmarks Fiskeri Undersøgelser har vurderet at en strækning lidt længere nedstrøms i Solrød bæk ville være en "... *fin ørred biotop, såfremt der var vand*" (DFU 2006) hentydende til at Solrød bæk mange somre udtørres på visse strækninger. Desuden er der omfattende viden om ørredens krav til de fysiske forhold i små danske vandløb som også er blevet anvendt i denne undersøgelse i form af bl.a. såkaldte habitategnethedsindeks (Habitat Suitability Indices, HSI) (Conallin 2009, se Figur 6). Juvenile ørred er ofte sårbare overfor ændringer i vandføring da de lever i tilknytning til stryg med lav vanddybde og høj vandhastighed, der i små vandløb hurtigt kan ændre karakter fra nær optimale forhold til dårlige forhold hvis vandføringen reduceres (Olsen et al. 2009).



Figur 6. Habitategnethedsindeks (HSI) for juvenile ørred (7-14 cm) baseret på feltstudier af sommer habitatvalg i små danske vandløb (Conallin 2009), samt HSI for smådyr modificeret fra Waters (1976).

Smådyr i form af Faunaklasse-indeks er den eneste indikator for økologisk tilstand i vandløb der er anvendt i de første statslige vandplaner. Faunaklasse-indekset er oprindeligt udviklet som en indikator for ændringer i vandkvalitet ved sammenligning af vandkvalitet og artsdiversitet af smådyr. Udenlandske studier har dog vist at et indeks der minder om Faunaklasse-indekset (LIFE score) også er følsomt overfor ændringer i de fysiske forhold fx habitat kompleksitet og vandføring (Dunbar et al. 2010). Der er ikke samme viden om smådyrs krav til de fysiske forhold som der er om ørredens krav og der er ikke udviklet HSI'er

for smådyr under danske forhold. Smådyr bliver i udlandet anvendt til at evaluere og kvantificere minimumvandføringskrav ved brug af bl.a. habitatmodellering for smådyr, hvor der er fokus på de smådyr der lever i tilknytning til stryg da de har størst risiko for at blive påvirket af reduceret vandføring (Gore et al. 2001). Mange af de smådyr som er positive i forhold til opgørelse af det danske Faunaklasse-indeks lever i tilknytning til hurtigt strømmende vand og stryg og Faunaklasse-indekset vil derfor også blive påvirket af reduceret vandføring. Der er udviklet generelle internationale HSI'er for smådyr på baggrund af studier i nordamerikanske vandløb (Waters 1976; Gore et al. 2001) i dette tilfælde er det Waters (1976) HSI'er der er blevet modificeret til danske forhold (Figur 6).

For vanddybde og bundsubstrat er der mange ligheder i habitatpræferencer (HSI) for de to typer af indikatorer, mens der er væsentlig forskel mellem præferencerne for strømfasthed (Figur 6). Ørreden foretrækker roligt strømmende vand så den kan spare på energien, mens smådyrene foretrækker hurtigere strømmende vand. Men da ørreden er afhængig af smådyr som føde har den indirekte også brug for hurtigt strømmende vand til at fouragere. Det er derfor en god ide at anvende flere indikatorer når de fysiske forhold skal evalueres.

Vandløbshabitatmodellering

Ved at kombinere HSI for de to økologiske indikatorer med vandløbsopmålingerne i programmet RHYHABSIM blev der beregnet relation mellem vandføring og et såkaldt vægtet habitatareal (WUA, weighted usable area). Det vægtede habitatareal er en kombination mellem areal og habitatkvalitet, der i teorien angiver hvor stort et areal vandløbsbund der er egnet til den givne økologiske indikator og i hvilken grad. I praksis betyder det at et lille areal med høj habitatkvalitet kan opnå samme WUA ($10 \text{ m}^2 \times 0.9 \text{ HSI} = 9 \text{ m}^2$) som et stort areal med lav habitatkvalitet ($90 \text{ m}^2 \times 0.1 \text{ HSI} = 9 \text{ m}^2$). Vandføring-WUA relationerne for hver strækning og indikator blev kombineret med den observerede vandføring fra Solrød bæk 2013, samt vandføringer for de to scenarier for at fremstille tidsserier for WUA. Til sammenligning af habitatforholdene på de tre strækninger og under de tre scenarier blev der beregnet gennemsnitlig WUA for perioden (7/3-2013 - 10/10-2013), samt fremstillet varighedskurver for habitatforholdene (WUA). Varighedskurver gør det let at sammenligne tidsserier af fx vandføring eller WUA.

4. Resultater

Ændring i vandføring

Den observerede vandføring i Solrød bæk (st. 54.34) og de to scenarier for ændrede afstrømningsforhold ses i Appendiks 2Appendiks 2Appendiks 2.

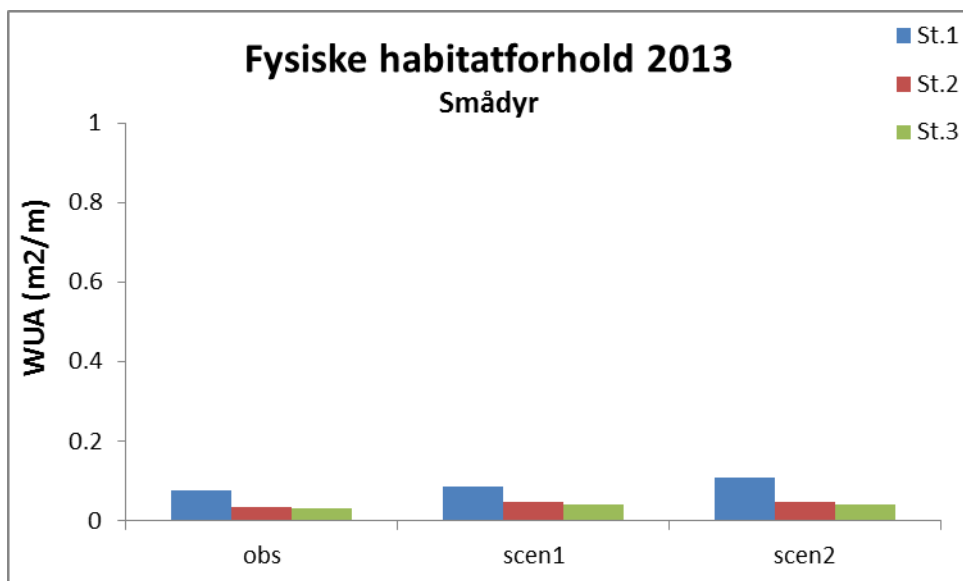
Udover at forøge de mindste vandføringer med $3,5 \text{ l s}^{-1}$ så vil scenario 1 med etablering af vådområde også udjævne afstrømningsregimet så de største vandføringer reduceres væsentligt og hydrografen efter en kraftig regnvejrshændelse vil blive afviklet over dage i stedet for over timer (Grontmij notat 2014). Desværre har det ikke været muligt i denne rapport at beregne effekten på habitatforholdene ved udjævning af afstrømningsregimet.

Beregninger fra VVM for HOFORs kildepladser viser at vandføringen i den tørreste periode (juli-september) i Solrød bæk er ca. 3 l s^{-1} højere uden grundvandsindvinding end i den historiske situation. Hvis det antages at grundvandsindvindingen enten ophører eller vandføringen i Solrød bæk suppleres med hvad der tilsvarende påvirker fra grundvandsindvindingen, så vil der være tale om en forøgelse af de laveste vandføringer med 3 l s^{-1} .

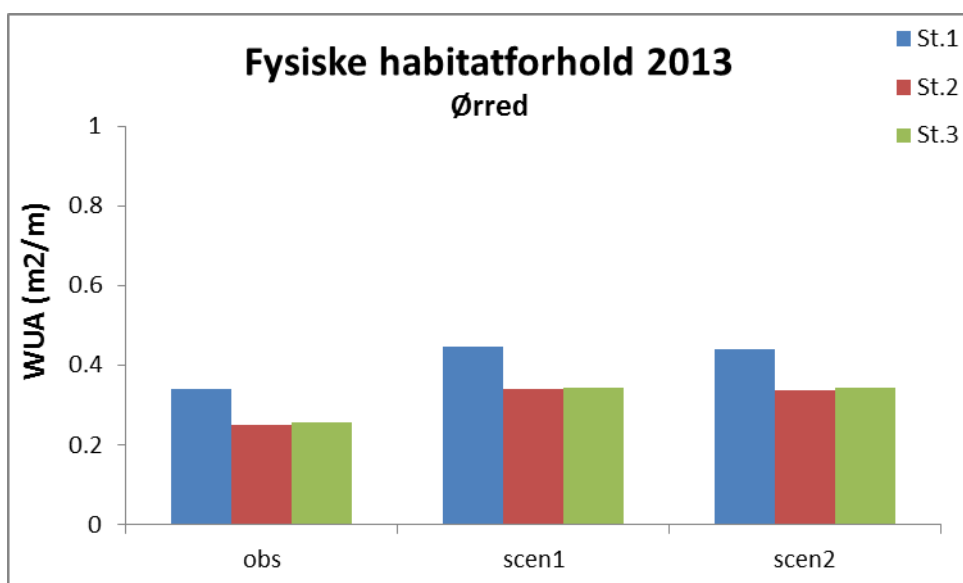
Fysiske habitatforhold i Solrød bæk

Opmålingerne i Solrød bæk viste at der var væsentlig forskel i de hydrauliske forhold på de tre strækninger, hvor strækning 1 er lav, hurtigt strømmende og med groft substrat, mens strækning 3 er dyb, langsomt strømmende og med meget blødt substrat, og strækning 2 kan karakteriseres som overgangsform mellem de to andre strækninger (Appendiks 1 og Appendiks 3).

Forskellene i fysiske forhold giver også væsentlige forskelle i de fysiske habitatforhold på de tre udvalgte strækninger i Solrød bæk under det observerede vandføringsregime i 2013 (obs i Figur 7 og Figur 8 og Appendiks 4).



Figur 7. Det gennemsnitlige vægtede habitatareal (WUA) for smådyr på hver af de tre strækninger (St.1-3) i Solrød bæk ved den observerede vandføring i 2013 (obs), ved etablering af et vådområde (scen1) og ved væsentlig reducere af grundvandsindvinding (scen2).



Figur 8. Det gennemsnitlige vægtede habitatareal (WUA) for juvenile ørred på hver af de tre strækninger (St.1-3) i Solrød bæk ved den observerede vandføring i 2013 (obs), ved etablering af et vådområde (scen1) og ved ophør af grundvandsindvinding (scen2).

Det vægtede habitatareal er større for ørred end smådyr på de tre strækninger, hvilket skyldes den forskellige udformning af HSI'erne. HSI'erne for ørred er udviklet på baggrund af feltobservationer fra små danske vandløb i sommermånedene og HSI'erne er udviklet på baggrund af data fra amerikanske vandløb. Det giver mening at sammenligne WUA på tværs af strækninger og scenarier for den samme biologiske indikator, men på grund af det forskelligartede datagrundlag for HSI for de to indikatorer giver det ikke mening at sammen-

ligne WUA mellem de to forskellige biologiske indikatorer hvilket heller ikke er formålet med undersøgelsen. Forskellen er relativt størst for smådyr hvor det gennemsnitlige WUA er markant lavere på strækning 3 (-78 %) end strækning 1 (obs i Figur 7), hvilket hovedsageligt skyldes højere strømhastighed og grovere bundsubstrat på strækning 1 end 3. Forskellen i mellem de tre strækninger er ikke lige så stor for WUA for ørred, hvor WUA på strækning 3 kun er 24 % lavere end strækning 1 og desuden lader det til at det gennemsnitlige WUA for ørred er marginalt større på strækning 3 end 2 (obs i Figur 8). Det højere gennemsnitlige WUA på strækning 1 skyldes hovedsageligt grovere bundsubstrat på strækning 1 end 3.

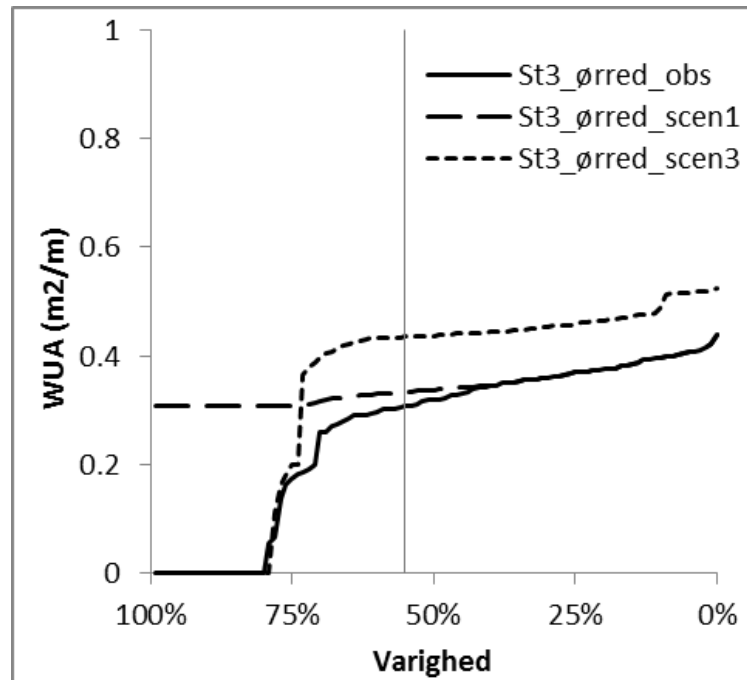
Sammenligning af scenarier

Begge scenarier for ændring i vandføringsregimet forbedrer det gennemsnitlige WUA på alle tre strækninger i Solrød bæk (scen1 og scen2 i Figur 7 og Figur 8), hvilket skyldes at de laveste vandføringer forøges så vandløbet ikke udtørres om sommeren. Effekten af de to scenarier på WUA i sommerperioden for ørred og smådyr er omtrent ens (Figur 7 og Figur 8 og Appendiks 4). Sammenlignes de forskellige strækningers respons på ændring i sommervandføringsregimet så forbedres det gennemsnitlige WUA omtrent lige meget på alle strækninger (Tabel 3).

Tabel 3. Effekt af scenario 1 (etablering af vådområde) og 2 (reduceret grundvandsindvinding) på det gennemsnitlige WUA for henholdsvis smådyr og ørredyngel i perioden 7/3-2013 – 10/10-2013.

	Strækning 1		Strækning 2		Strækning 3	
	Smådyr	Ørred	Smådyr	Ørred	Smådyr	Ørred
Scenario 1	+ 14%	+ 32%	+ 30%	+ 37%	+ 34%	+ 33%
Scenario 2	+ 31%	+ 29%	+ 36%	+ 36%	+ 35%	+ 34%

Figur 9 viser varighedskurver over WUA for ørred på strækning 3 under de observerede fysiske forhold og vandføring (st3_ørred_obs), under de nuværende fysiske forhold men efter etablering af vådområde og dermed ændring af vandføringsregimet (st3_ørred_scen1) og ved forbedrede fysiske forhold (så de ligner forholdene på strækning 1) men under nuværende vandføringsregime (st3_ørred_scen3). Varighedskurverne viser udviklingen i habitatforhold, fra de forhold der oftest overskrides eller hyppigst forekommer (100% af tiden) til de mest sjældne habitatforhold (1% af tiden).



Figur 9. Varighedskurver for vægtet habitatareal (WUA) for ørred på strækning 3 (St3) under observerede vandføringer (obs), efter etablering af vådområde (scen1) eller efter forbedring af de fysiske forhold (scen3).

Den lodrette streg på Figur 9 angiver at i perioden 7/3-2013 til 10/10-2013 var vandføringen i Solrød bæk i 55% af tiden højere end 3,5 l/s svarer til den vandføring som det vurderes at vådområdet i gennemsnit vil tilføre Solrød bæk. Når det omsættes til vægtet habitatareal (WUA) viser det at under de nuværende forhold vil WUA for ørred i 55% af tiden være over 0.31 m² m⁻¹, og omtrent det samme ved scenario 1 (0.33 m² m⁻¹), mens habitatforholdene ved scenario 3 er 39% bedre (0.43 m² m⁻¹) end de observerede forhold. Varighedskurverne viser også at i 75% af tiden vil WUA være højere (habitatforholdene være bedre) ved at forbedre de fysiske forhold (scen3) i forhold til at etablere et vådområde (scen1), det ses ved at kurven for scenario 3 ligger over kurven for scenario 1 fra 75% til 0% (Figur 9). Varighedskurverne viser også at i perioden 7/3-2013 til 10/10-2013 var vandføringen i Solrød bæk 0 l s⁻¹ i 20% af tiden (100% til 80%) og dermed var WUA også 0 m² m⁻¹ under de observerede forhold (obs) og vil også være det hvis de fysiske forhold bliver forbedret (scen3). Det betyder at ved etablering af et vådområde (scen1 med minimumsvandføring på 3,5 l s⁻¹) vil man sikre mod udtørring og forbedre levevilkårene i sommerperioden, men det vil ikke forbedre levevilkårene resten af året. Derimod vil man generelt forbedre levevilkårene i vandløbet resten af året hvis vandløbets fysiske forhold forbedres ved vandløbsrestaurering (scen3), men i den periode hvor vandføringen er nul vil forbedringerne ikke have den store betydning.

4.1 Økologiske overvejelser

Forøgelse af de laveste vandføringer vil forbedre habitatforholdene for både smådyr og ørred på alle strækninger i Solrød bæk. Effekten på de fysiske habitatforhold for smådyr og ørred af et nyt vådområde vs. reducere grundvandsindvinding eller supplering af vandføring ved udpumpning vil være omtrent den samme. Fordelene ved etablering af et vådområde er at det udjævner vandføringsregimet og de højeste vandføringer reduceres. Selvom meget høje vandføringer som oftest er kortvarige (timer-dage) i forhold til lave vandføringer der kan vare i længere tid (dage-uger), så kan meget høje vandføringer medføre strømhastigheder der vil kunne flytte bundsubstrat, smådyr og småfisk og dermed være altødelæggende for habitatforholdene. En reducere af de højeste vandføringer vil have en positiv påvirkning på de fysiske habitatforhold i ekstremesituationer især for ørreddens habitatforhold der i høj grad er følsomt overfor høje vandhastigheder (Figur 6). Denne positive virkning opnås ikke hvis der kun reduceres i grundvandsindvindingen eller oppumpes grundvand direkte til vandløbet da dette virkemiddel kun forøger vandføringsregimet.

I forhold til de fysiske habitatforhold på de forskellige strækninger så var det forventet at der er de bedste habitatforhold på strækning 1, der har varierede fysiske forhold med godt bundsubstrat og gode strømforhold. Flere studier har vist at de økologiske forhold i vandløb med varierede fysiske forhold er mere robuste overfor ændringer i vandføring, så de både er mere robuste overfor høje vandføringer som lave vandføringer (Davids et al. 2009, Dunbar et al. 2010). Når vandføringen er meget lav vil hullerne være vigtige refugier for vandløbets fauna, især for større organismer som fisk (Elliott 2000, Davids et al. 2009). Det er derfor vigtigt at de fysiske forhold ikke forringes i Solrød bæk hvis der etableres et vådområde og man bliver nødt til at ændre vandløbets forløb for at få det nødvendige afløb fra vådområdet.

For at øge sandsynligheden for at opnå målopfyldelse i forhold til smådyr (DVFI), men også fisk skal der i vandløbet være gode fysiske forhold (højt vandløbsfysisk indeks), et naturligt tværsnitsprofil, et mæandreret forløb, et godt fald på vandløbet og groft bundsubstrat (grus og sten) (Kristensen et al. 2013). De fysiske forhold i vandløbet kan forbedres på mange måder og substratsammensætning er den habitatkarakteristika der er lettest at manipulere (og dermed forbedre) i forhold til de fysiske habitatforhold for smådyr (Gore et al. 2001) og smådyrsfaunaen responderer særligt positivt i forhold til groft materiale på vandløbsbunden (Miller et al. 2010). Under feltopmålinger ved Solrød bæk blev der flere steder observeret at grus og sten er blevet gravet op under grødeskæring og vandløbet har dermed tabt værdifuld variation der kan være med til at forbedre habitatforholdene for både smådyr og ørred i Solrød bæk. Ved at omlægge til en mere miljøvenlig grødeskæring vil man kunne undgå at fjerne bundsubstrat og desuden forbedre strøm- og dybdeforhold på de strækninger der ellers er kanaliseret (SNS 2007).



Figur 10. Eksempler på groft bundsubstrat (grus, sten og dødt ved) der er blevet gravet op i forbindelse med vandløbsvedligeholdelse.

Forbedring af de fysiske forhold vil forbedre habitatforholdene i Solrød bæk størstedelen af året, men da vandføringen i bækken i sommerperioden ofte er nul vil det også være nødvendigt at sikre en højere sommervandføring, da et vandløb uden vand har svært ved at opretholde liv i vandløbet. Ved at kombinere en forøgelse af minimumsvandføringen med forbedring af de fysiske forhold i vandløbet øges sandsynligheden for at der kan opnås god økologisk status i Solrød bæk.

I denne undersøgelse er der kun fokuseret på ændringer i vandføring og fysiske forhold i Solrød bæk. Det er dog værd at bemærke at der vil være forskel i kvaliteten af det vand der strømmer til Solrød bæk afhængig af om det kommer fra et vådområde (med kilde fra et urbant område) eller om der er tale om grundvand. Det er meget muligt at både temperatur og iltforhold vil være forskellige fra de to kilder og det kan have stor betydning for habitatforholdene i vandløbet (Frier et al. 2008).

5. Konklusion

Effekten på de fysiske habitatforhold for smådyr og ørred af et nyt vådområde vs. reduktion af grundvandsindvinding eller supplerende vandføring ved udpumpning vil være omtrent den samme. Fordelene ved etablering af et vådområde er at det udjævner vandføringsregimet og de højeste vandføringer reduceres, hvilket vil begrænse nedstrøms oversvømmelsesrisiko og mulige skadevirkninger på bundsubstrat og økologiske forhold i situationer med maksimumsafstrømning.

Ved sikring af en minimumsvandføring på $3,5 \text{ l s}^{-1}$ vil de fysiske habitatforhold i Solrød bæk blive væsentligt forbedret i den periode hvor vandføringen ellers ville være nul, men det vil kun have ringe eller ingen betydning resten af året (hovedsageligt i forbindelse med høje vandføringer). Ved at restaurere vandløbets fysiske forhold vil man derimod generelt forbedre levevilkårene i vandløbet hele året, det er derfor vigtigt at de nuværende fysiske forhold ikke forringes. Hvis vandløbets forløb skal ændres som konsekvens af etablering af et vådområde er det vigtigt at der tages højde for de fysiske forhold i Solrød bæk. Ved at kombinere en forøgelse af minimumsvandføringen med forbedring af de fysiske forhold i vandløbet øges sandsynligheden for at de fysiske habitatforhold forbedres i en sådan grad at der kan opnås god økologisk tilstand i Solrød bæk.

6. Referencer

- Bain, M.B. & N.J. Stevenson (1999). Aquatic habitat assessment: Common methods. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Booker, D.J. & Dunbar, M.J. (2004) Application of physical habitat simulation (PHABSIM) modelling to modified urban river channels. *River Research and Applications*, 20; 167-183.
- Bovee, K.D., B.L. Lamb, J.M. Bartholow, C.B. Stalnaker, J. Taylor, & J. Henriksen (1998). Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. U.S. Geological Survey Information and Technology Report 1998-0004. http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/pub_abstract.asp?PubID=3910
- Clausen, B. & Jensen, J. L. (1994) CalQ—a new program to calculate the discharge of rivers. In *Proceedings from the Nordic Hydrological Conference, August 2nd–4th Torshavn, Faroe Islands, Nordic Association for Hydrology, Lyngby, Denmark*, 525–532.
- Clausen, B., Olsen, M., Pedersen, S. & Pedersen, M.L. (2006) Habitatmodellering i Ledreborg Å - Effekt af reduceret vandføring på ørred. Faglig rapport fra DMU nr. 580. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrappporter/rappporter/fr580.pdf
- Conallin, J.C. (2009) Instream physical habitat suitability modelling in Danish small lowland streams: the development of habitat suitability indices for juvenile brown trout (*Salmo trutta*), Ph.D.-thesis. Roskilde Universitet, Danmark.
- Davids, J.K., Holm, M.W., Olsen, M., Pedersen, S. & Kristensen, E. (2009) Varierede vandløb vinder. *Miljø- og Vandpleje*, 34; 16-21. <http://www.sportsfiskeren.dk/pdf/milj%C3%B8-og-vandpleje-nr-34>
- Dunbar, M. J., Pedersen, M. L., Cadman, D., Extence, C., Waddingham, J., Chadd, R. & Larsen, S. E. (2010) River discharge and local-scale physical habitat influence macroinvertebrate LIFE scores. *Freshwater Biology*, 55; 226–242.
- Elliott, J. M. (2000) Pools as refugia for brown trout during two summer droughts: trout responses to thermal and oxygen stress. *Journal of Fish Biology*, 56(4); 938–948.
- Fjeldstad, H.P., Barlaup, B.T., Stickler, M., Gabrielsen, S.E. & Alfreksen, K. (2011) Removal of weirs and the influence on physical habitat for Salmonids in a Norwegian river. *River Research and Applications*, 28(6); 753-763.
- Friberg, N., Baattrup-Pedersen, A., Pedersen, M.L. & Skriver, J. (2005). The New Danish Stream Monitoring Programme (NOVANA) - Preparing Monitoring Activities for the Water Framework Directive Era. *Environmental Monitoring and Assessment*, 111 (1); 27-42.
- Frier, J.O., Rasmussen, M. & Iversen, N. (2008) Våde enge kan give iltmangel i vandløb. *Vand og Jord*, 15(2); 76-79.
- Gore, J.A., Layzer, J.B. & Mead, J. (2001). Macroinvertebrate instream flow studies after 20 years: a role in stream management and restoration. *Regulated Rivers Research and Management*, 17; 527-542.
- Grontmij (2014) Undersøgelse af mulighed for gennemførelse af vådområdeprojekt for Solrød Bæk (Tykmosen).
- Jowett (1998) Hydraulic geometry of New Zealand rivers and its use as a preliminary method of habitat assessment. *Regulated Rivers: Research & Management*, 14, 451-466.

- Jowett, I. (2004). RHYHABSIM - River HYdraulic HABitat SIMulation system, software manual.
http://www.geo.uio.no/edc/software/RHYHABSIM/Software_Manual_RHYHABSIM.pdf
- Kristensen, E.A. Baattrup-Pedersen, A, Wiberg-Larsen, P. & Larsen, S.E. (2013) Redegørelse for konsekvenser af implementeringen af yderligere kvalitetselementer for målopfyldelsen i vandløb, årsager til manglende opfyldelse og forslag til hvilke virkemidler der kan forbedre tilstanden. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 30. maj 2013. 17 s.
http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Konsekvensanalyse_vandloeb.pdf
- Miller, S.W., Budy, P. & Schmidt, J.C. (2010). Quantifying macroinvertebrate responses to in-stream habitat restoration: Application of meta-analysis to river restoration. *Restoration Ecology*, 18; 8-19.
- NST (2013) Forslag til vandplan 2010-2015. Hovedvandopland 2.4 Køge Bugt. Forhøring, maj 2013. Vanddistrikt: Sjælland – forslag.
http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/8ED99761-5704-4582-9081-1075444B1B9D/0/2_4Koege_Bugt_april2013.pdf
- NST (2014) Virkemiddelkatalog. Til brug for vandplanernes indsatsprogrammer for: Overfladevand, Grundvand, Sø- og vandløbsrestaurering, Spildevand, Regnvand og Dambrug.
http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/EA6BCD1B-338B-4F5B-84AF-A93DBDC8E008/0/Katalogovervirkemidler211211_Endeligversion.pdf
- Olsen, M., Boegh, E., Pedersen, S. & Pedersen, M.F. (2009). Impact of groundwater abstraction on physical habitat of brown trout (*Salmo trutta*) in a small Danish stream. *Hydrology Research*, 40 (4); 394-411.
- Olsen, M. (2010) Development of an integrated hydrology-environmental flow assessment system, Ph.D.-thesis. Roskilde Universitet, Danmark.
- Skov- og Naturstyrelsen (2007) Grødeskæring i vandløb - erfaringsopsamling af metoder, praksis og effekter. http://www.klimatilpasning.dk/media/360341/gr_desk_ring.pdf
- Tharme, R.E. (2003) A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, 19; 397-411
- Waters, B.F. (1976) A methodology for evaluating the effects of different streamflows on salmonid habitat, s. 254-266 i: Orsborn, J.F. & Allman, C.H. (ed.) *Instream flow needs* vol. 2, American fisheries society, Western Division, Bethesda, Maryland.

Appendiks 1 – Habitatkortlægning af strækninger

Strækning 1:

Afstand fra opstrøms nulpunkt	Habitattype og beskrivelse
0-5 m	Stryg: hurtig strøm, lav vanddybde, groft bundsubstrat
5-7 m	Run: ensartet strømning, mellem vanddybde, finere bundsubstrat
7-15 m	Høl: områder med stillestående vand, større vanddybde, fint bundsubstrat
15-22 m	Run
22-31 m	Stryg
31-33 m	Høl
33-37 m	Stryg
37-41 m	Run
41-50 m	Høl

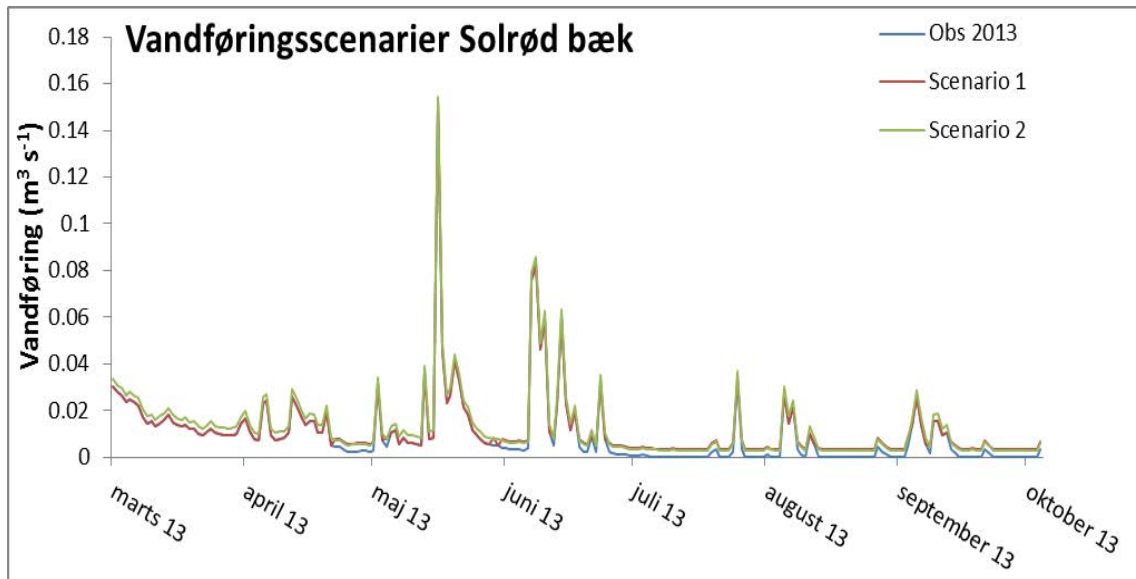
Strækning 2:

Afstand fra opstrøms nulpunkt	Habitattype og beskrivelse
0-9 m	Høl2: områder med stillestående vand, større vanddybde, fint bundsubstrat
9-14 m	Run2: ensartet strømning, mellem vanddybde, finere bundsubstrat
14-16 m	Høl2
16-22 m	Run2
22-28 m	Høl2
28-31 m	Stryg2: hurtigere strømmende vand, smal strømmende, lavere vanddybde, grovere bundsubstrat, makrofyter
31-39 m	Run2
39-49 m	Stryg2
49-50 m	Høl2

Strækning 3:

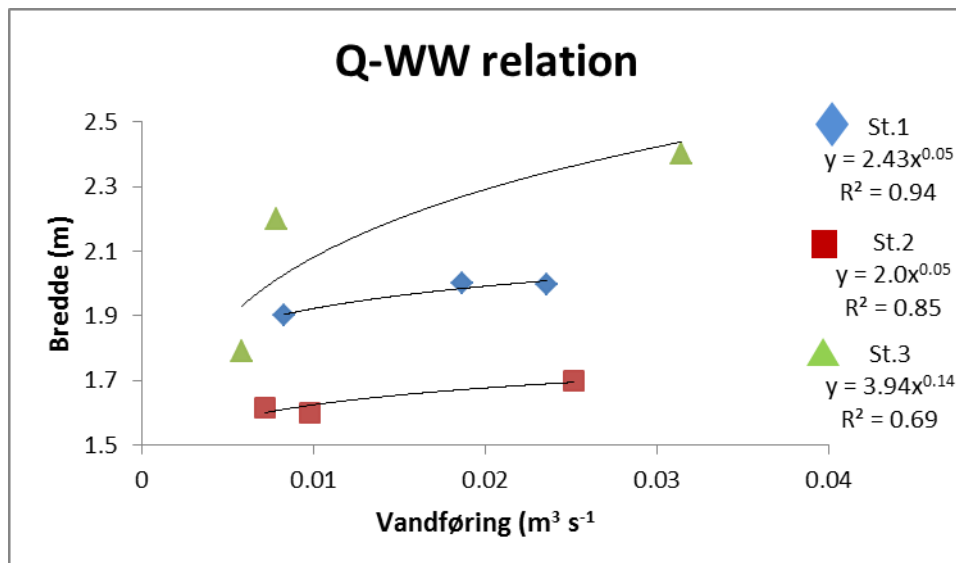
Afstand fra opstrøms nulpunkt	Habitattype og beskrivelse
0-8 m	Run3: ensartet strømning, mellem vanddybde, meget blødt bundsubstrat
8-12 m	Høl3: hovedsageligt stillestående vand, større vanddybde, meget blødt bundsubstrat
12-18 m	Makrofyte: tæt bevoksning af siv/dunhammer, ensartet strømning, mellem vanddybde, meget blødt bundsubstrat
18-24 m	Run3
24-27 m	Høl3
27-33 m	Run3
33-38 m	Makrofyte
38-50 m	Høl3

Appendiks 2 – Observeret vandføring og scenarier for vandføring

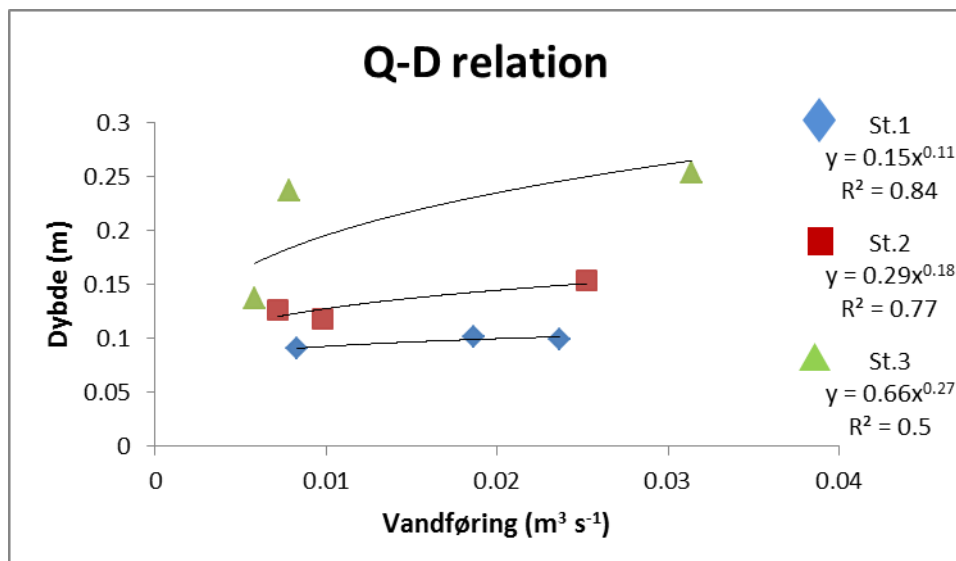


Figur 11. Observeret vandføring i Solrød bæk (st. 54.34) i 2013 (Obs 2013), samt simuleret vandføring for samme periode efter etablering af et vådområde (Scenario 1) og efter ophør af grundvandsindvinding (Scenario 2).

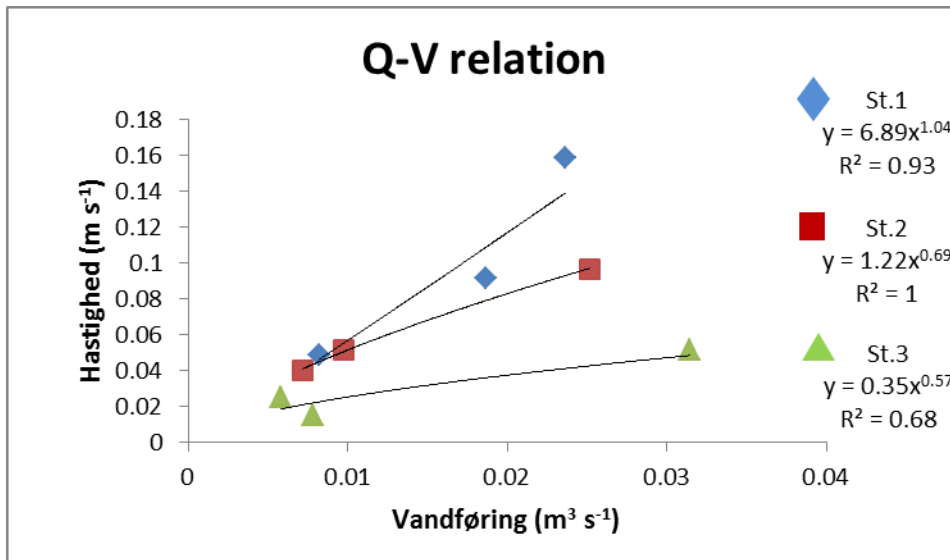
Appendiks 3 – Hydrauliske relationer



Figur 12. Relation mellem målt vandføring og målt gennemsnitsbredde ved hver af de tre strækninger.



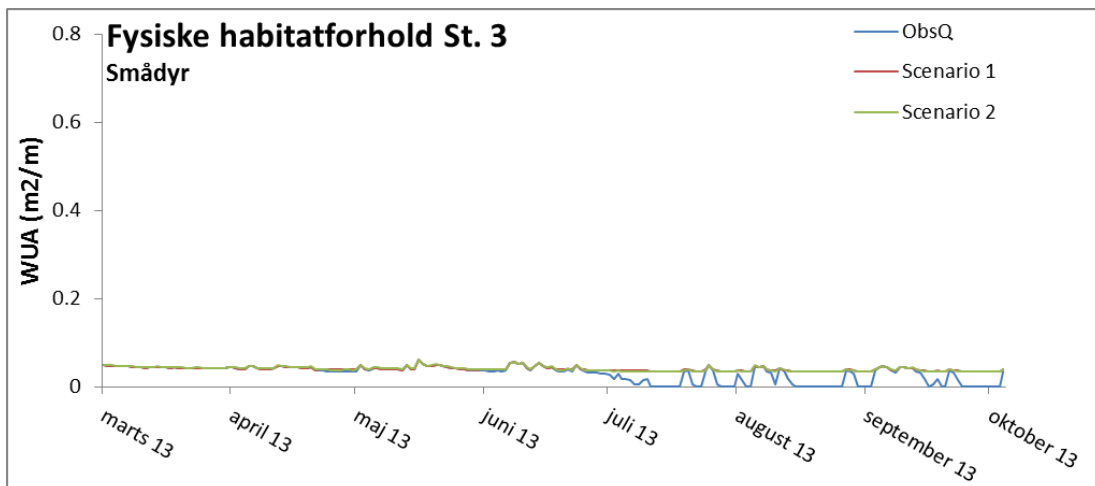
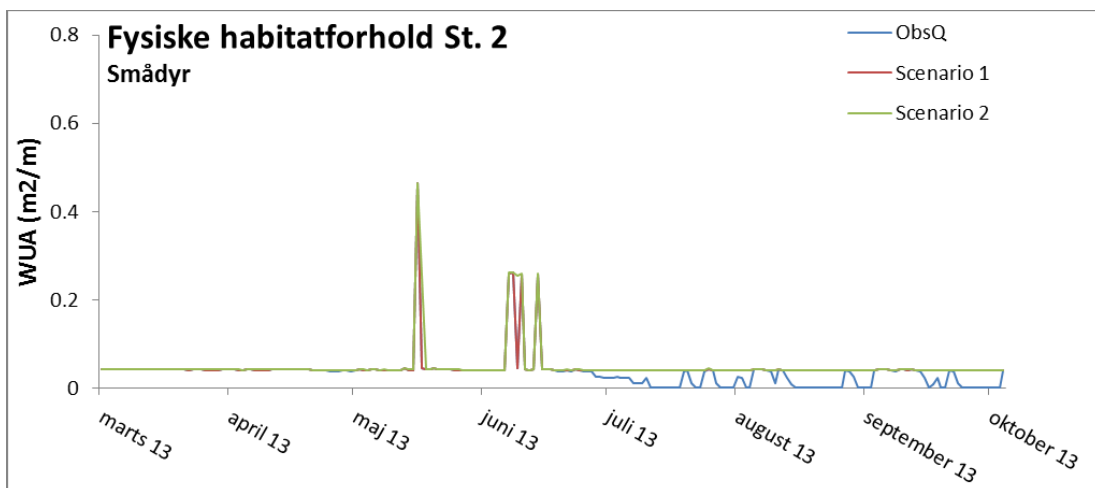
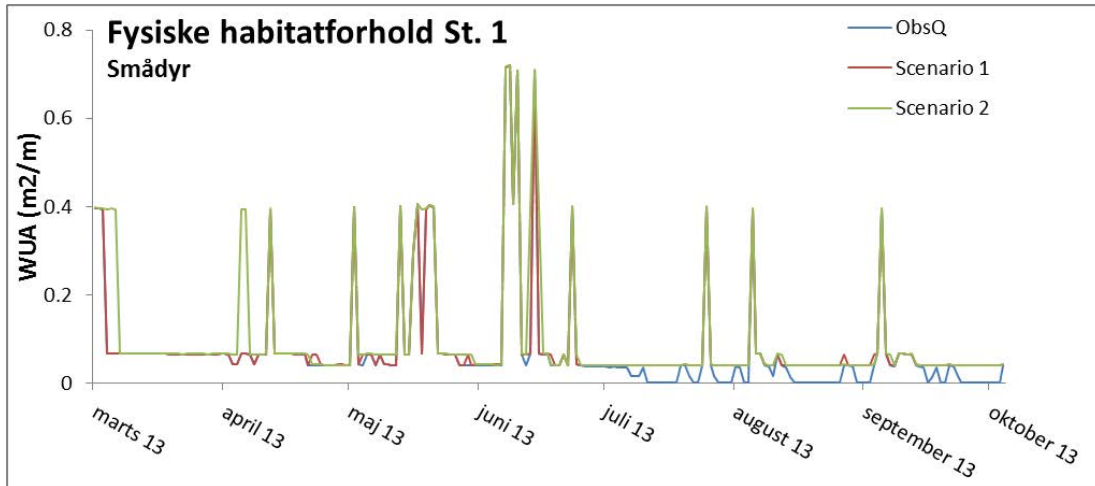
Figur 13. Relation mellem målt vandføring og målt gennemsnitsdybde ved hver af de tre strækninger.



Figur 14. Relation mellem målt vandføring og målt gennemsnitshastighed ved hver af de tre strækninger.

Appendiks 4 – Simulerede fysiske habitatforhold

Fysiske habitatforhold for smådyr på de tre stationer i Solrød bæk under observerede forhold (ObsQ), efter etablering af vådområde (scenario 1) eller efter reducere af grundvandsindvinding (scenario 2).



Fysiske habitatforhold for ørredyngel på de tre stationer i Solrød bæk under observerede forhold (ObsQ), efter etablering af vådområde (scenario 1) eller efter reducere af grundvandsindvinding (scenario 2).

