



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Faglig rapport fra DMU nr. 590, 2006

Fysisk kvalitet i vandløb

Test af to danske indices og udvikling af et nationalt indeks
til brug ved overvågning i vandløb



[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Faglig rapport fra DMU nr. 590, 2006

Fysisk kvalitet i vandløb

Test af to danske indices og udvikling af et nationalt indeks
til brug ved overvågning i vandløb

*Morten Lauge Pedersen*¹

*Annette Sode*²

*Peter Kaarup*³

*Peter Bundgaard*⁴

¹ DMU, Afdeling for Ferskvandsøkologi

² Fyns Amt

³ Århus Amt

⁴ Ringkjøbing Amt

Datablad

Titel:	Fysisk kvalitet i vandløb
Undertitel:	Test af to danske indices og udvikling af et nationalt indeks til brug ved overvågning i vandløb
Forfattere:	Morten Lauge Pedersen ¹ , Annette Sode ² , Peter Kaarup ³ , Peter Bundgaard ⁴
Institutioner:	¹ Afd. for Ferskvandsøkologi, Danmarks Miljøundersøgelser ² Fyns Amt ³ Århus Amt ⁴ Ringkjøbing Amt
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 590
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	September 2006
Redaktion afsluttet:	September 2006
Faglig kommentering:	Kurt Nielsen
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Pedersen, M.L., Sode, A., Kaarup, P. & Bundgaard, P. 2006: Fysisk kvalitet i vandløb. Test af to danske indices og udvikling af et nationalt indeks til brug ved overvågning i vandløb. Danmarks Miljøundersøgelser. 44 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 590 http://faglige-rapporter.dmu.dk
Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse	
Sammenfatning:	Rapporten beskriver opstillingen af et nationalt fysisk indeks til vurdering af den fysiske kvalitet i vadbare vandløb. Opstillingen af indekset er baseret på en afestning af to forskellige fysiske indices på en række forskellige vandløb. På baggrund af resultaterne fra afestningen samt inddragelse af supplerende data fra ca. 500 stationer i Århus Amt, vurderes det hvilke parametre, der har betydning for den fysiske kvalitet i danske vandløb. Sammenhænge mellem de enkelte fysiske variable og biologiske indikatorer som Dansk Vandløbsfauna Indeks (DVFI) og ørredtætheder blev brugt til at vurdere den biologiske relevans af de enkelte parametre. Ved brug af regressionsanalyser, korrelationsanalyser og multivariate metoder blev der identificeret 17 parametre, som blev inkluderet i det foreslåede fysiske indeks, samt 3 supplerende parametre, som ikke indgår i selve indekset, men som har betydning for vurderingen af vandløbets potentiale som ørredhabitat. Rapporten slutes af med en række anbefalinger for det videre arbejde med et nationalt fysisk indeks. Ydermere beskrives det nødvendige arbejde, der skal udføres for, at indekset kan bruges i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet og i den lokale administration af vandløbene.
Emneord:	Vandløb, fysiske forhold, overvågning
Layout:	Anne-Dorthe Villumsen
Illustrationer:	Grafisk værksted, DMU Silkeborg
ISBN:	978-87-7772-943-0
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	44
Internet-version:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) http://www.dmu.dk/Pub/FR590.pdf
Kan købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tlf.: 70 12 02 11 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 6

1 Indledning 7

2 Formål 8

2.1 Metode og stationsudvælgelse 8

3 Præsentation af de to fysiske indeks 11

3.1 Århus-indekset 11

3.2 DMU's indeks 12

3.3 Interkalibrering af parametervurderinger 14

4 Sammenligning af vurderede parameterverdier for de to indices 16

4.1 DMU-indekset 17

4.2 Århus-indekset 22

5 Sammenligning af resultater fra DMU's indeks og Århus-indekset 27

5.1 Opstilling af et nyt dansk indeks 29

5.2 Parameterudvælgelse 30

6 Nyt nationalt fysisk indeks 34

6.1 Fremtidigt arbejde med det fysiske indeks 35

7 Anbefalinger vedrørende det videre arbejde med fysisk indeks 36

7.1 Videreudvikling af det foreslåede indeks 36

7.2 Fastlæggelse af den fysiske naturtilstand (referencetilstand) 36

7.3 Supplerende indeks 37

7.4 Indsamling af supplerende oplysninger 37

7.5 Sammenhæng mellem fysisk indekssværdi og vandløbets målsætning – eksempel fra Århus Amt 37

7.6 Opdeling i fysiske kvalitetsklasser 39

8 Referencer 40

Bilag 1. Forslag til supplerende oplysning ved brug af fysisk indeks 42

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

[Tom side]

Forord

Denne rapport beskriver forløbet af en aftestning af to indices til vurdering af vandløbs fysiske kvalitet. Formålet med aftestningen har været at opstille et nationalt fysisk indeks til brug ved implementering af Vandrammedirektivet, i den nationale overvågning (NOVANA) og i den regionale vandløbsovervågning eller andre former for tilsyn. De to afprøvede indices er blevet udviklet i hhv. Århus Amt og hos Danmarks Miljøundersøgelser.

Aftestningen er sket som et samarbejdsprojekt med aktiv deltagelse fra Fyns Amt, Århus Amt, Ringkjøbing Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Vejle Amt, Nordjyllands Amt, Viborg Amt, Storstrøms Amt, Københavns Amt, Bornholms Amt og Danmarks Miljøundersøgelser. Projektet blev startet ved et møde i Silkeborg i januar 2002. Siden fulgte en workshop i Odense kombineret med undersøgelser i fynske vandløb i april 2002, hvor de to indices blev prøvet igennem, og eventuelle problemer ved vurdering af de enkelte parametre blev diskuteret. I perioden april til juli 2002 testede projektdeltagerne de to indices på 84 egnede stationer fordelt ud over landet samt på to fælles interkalibreringsstationer i Vejle Amt. Samtlige data fra aftestningen blev samlet hos DMU i én fælles database. En undergruppe bestående af 4 personer (Annette Sode, Fyns Amt; Peter Bundgård, Ringkjøbing Amt; Peter Kaarup, Århus Amt og Morten Lauge Pedersen, DMU) har forestået den videre dataanalyse og har på denne baggrund udarbejdet en anbefaling til et nationalt fysisk indeks. Den første version af det nye indeks blev præsenteret i forbindelse med implementeringen af NOVANA-overvågningsprogrammet i 2004 (Pedersen & Baattrup-Pedersen, 2003). Denne rapport beskriver resultaterne af aftestningen af de to indices, herunder den faglige baggrund for valget af struktur og parametre i det nye indeks.

Sammenfatning

Rapporten beskriver opstillingen af et nationalt fysisk indeks til vurdering af den fysiske kvalitet i vadbare vandløb. Opstillingen af indekset er baseret på en afestning af to forskellige fysiske indices på en række forskellige vandløb. På baggrund af resultaterne fra afestningen samt inddragelse af supplerende data fra ca. 900 stationer i Århus Amt, vurderes det hvilke parametre, der har betydning for den fysiske kvalitet i danske vandløb. Sammenhænge mellem de enkelte fysiske variable og biologiske indikatorer som DVFI og ørredtætheder blev brugt til at vurdere den biologiske relevans af de enkelte parametre. Ved brug af regressionsanalyser, korrelationsanalyser og multivariate metoder blev der identificeret 17 parametre, som blev inkluderet i det foreslåede fysiske indeks, samt 3 supplerende parametre, som ikke indgår i selve indekset, men som har betydning for vurderingen af vandløbets potentiale som ørredhabitat. Rapporten sluttet af med en række anbefalinger for det videre arbejde med et nationalt fysisk indeks. Ydermere beskrives det nødvendige arbejde, der skal udføres for, at indekset kan bruges i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet og i den lokale administration af vandløbene.

1 Indledning

I EU's Vandrammedirektiv er der givet anvisninger for hvilke måleparametre, der skal indgå ved vurdering af kvaliteten af overfladevand, herunder vandløb. En af disse parametre er den hydromorfologiske kvalitet, som indbefatter vandløbenes vandføring og variationer heri, samt den fysiske (strukturelle) kvalitet af vandløbets bund og sider.

I Danmark har der som i mange andre europæiske lande ikke været nogen lang tradition for at vurdere kvaliteten af det fysiske vandløbsmiljø. Der har næsten udelukkende været tale om subjektivt at vurdere, hvorledes vandføringen og vandløbets fysiske rammer påvirkede en given biologisk indikator, typisk fisk eller makroinvertebrater. I forbindelse med den regionale og nationale overvågning har der i Danmark været foretaget en overordnet registrering af vandets strømhastighed, substrat, plantedække og evt. atypiske forhold, der kunne påvirke prøvetagningen. De enkelte parametre har været subjektive skøn, dog efter en standardiseret skala, men der har ikke været foretaget en egentlig landsdækkende sammenligning af metoder og resultater.

I mange europæiske lande er der gennem de sidste ca. 10 år udviklet indices til vurdering af den fysiske kvalitet i vandløb, ligesom der er udviklet en europæisk rammestandard for hvilke parametre, der bør indgå i en kvalitetsvurdering af de fysiske forhold i vandløb (Dansk Standard, 2005). Et af de mest testede systemer er River Habitat Survey, der er udviklet i England (Raven et al., 1998a). I Tyskland er der udviklet en række forskellige fysiske indices i de enkelte delstater. Blandt andet er der udviklet et fysisk vurderingssystem til brug i store vandløb (Kern et al., 2002). Uden for Europa er der også udviklet forskellige indices til kvalitetssætning af de fysiske forhold i vandløb og floder (Parsons et al., 2004). Således er der i mange amerikanske delstater udviklet systemer, der primært støtter den biologiske prøvetagning i form af registrering af parametre, der muliggør en kvalitetsvurdering af habitaterne, for eksempel fisk (fx Hall Jr. et al., 2002).

De fleste af de europæiske metoder til beskrivelse af fysisk kvalitet er baseret på, at man vurderer tilstedeværelsen af forskellige morfologiske elementer i vandløbet. Vurderingen omfatter tilstedeværelse af naturlige elementer i forhold til elementer, der er opstået som følge af menneskeskabte indgreb i vandløbets naturlige forløb. Metoderne er primært udviklet ud fra en rent geomorfologisk synsvinkel, og der er ikke som udgangspunkt indbygget nogen kobling til den biologiske kvalitet (Raven et al., 1998b; Jeffers, 1988). I modsætning hertil er de amerikanske metoder udviklet for at kunne give en morfologisk forklaring på en lav biologisk kvalitet. Med implementering af EU's Vandrammedirektiv er det blevet påkrævet, at der opstilles systemer til vurdering af menneskets påvirkning af vandløbenes fysiske forhold.

2 Formål

Aftestningen af de to fysiske indices havde overordnet til formål at finde det bedst egnede fysiske indeks til brug i den nationale og regionale overvågning samt som indikator for fysisk vandløbskvalitet i forbindelse med implementering af Vandrammedirektivet. Ud over det overordnede formål var det også hensigten, at følgende delmål skulle belyses:

- Hvilken feltmetode og parameter-evalueringsmetode er hensigtsmæssig i danske vandløb?
- Hvordan er parametrene i de to indices relaterede til hinanden?
- Hvilke parametre skal indgå i et fysisk indeks?
- Hvordan er sammenhængen mellem de enkelte parametre og de biologiske indikatorer (DVFI-værdi og ørredtærhed)?
- Hvordan fordeler indeksværdierne sig i forhold et subjektivt skøn af den fysiske kvalitet?

2.1 Metode og stationsudvælgelse

Aftestning af de to indices blev foretaget som en sammenlignende test, hvor begge indices blev afprøvet på 84 stationer fordelt over hele landet i perioden maj til juli 2002. Dog har vandløb i den vestlige og sydlige del af Jylland, samt på Vest- og Nordsjælland været underrepræsenteret i datamaterialet. Det vurderes dog at en sammenligning af parametre og indeksværdier for landet som helhed er mulig. For at sammenligne parametrenes mht. robusthed blev der foretaget en interkalibrering på 2 stationer i Vejle Amt.

For hver enkelt station blev der desuden indhentet data om den biologiske tilstand i form af DVFI-værdier / faunaklasser, samt ørredtætheder. Herudover blev 27 af stationerne tildelt en fysisk kvalitetsklasse (høj, god, moderat, ringe, dårlig) baseret på en ekspertvurdering fra de enkelte amters side. Dette blev gjort før aftestning af de to indices i felten.

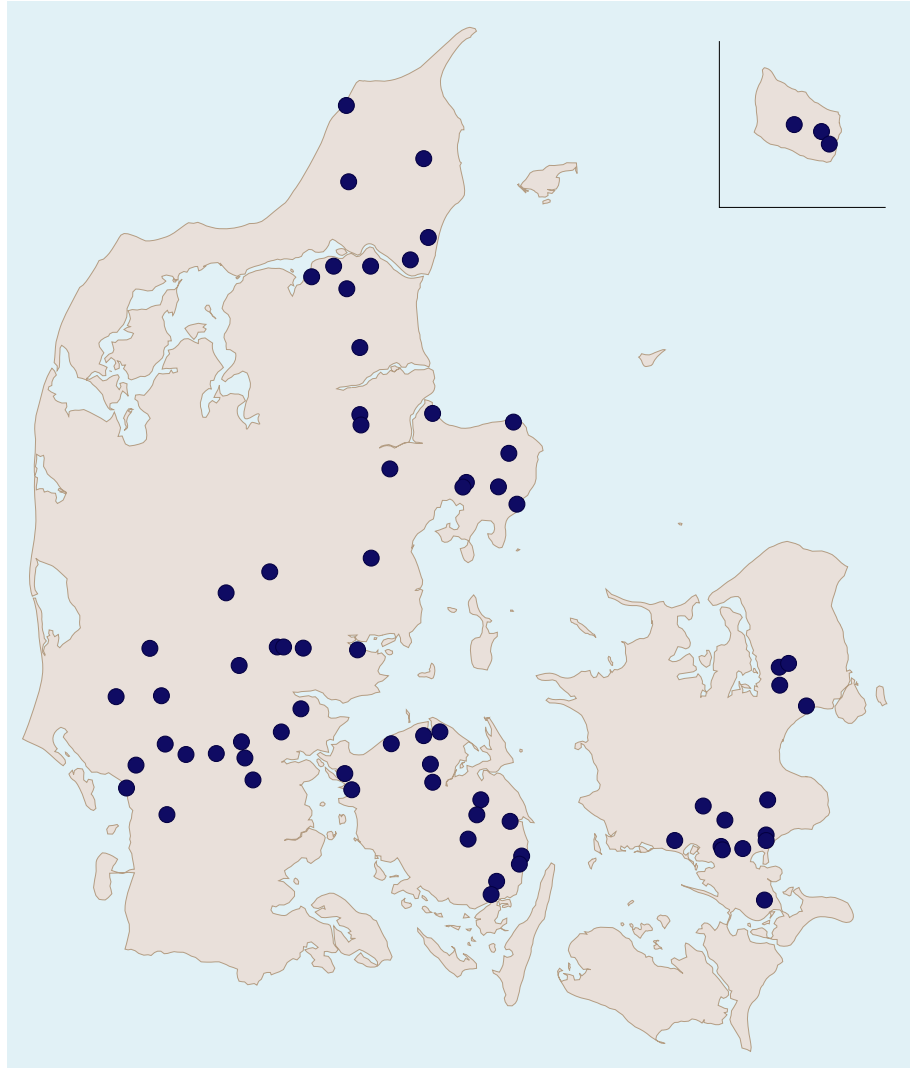
Stationerne blev udvalgt ud fra en række kriterier, der skulle sikre, at det primært var vandløbenes fysiske forstyrrelse, der indgik i aftestningen. Udvalgelseskriterierne var:

- Vandløbene skulle fortrinsvis være mellem 2 og 4 meter brede (målt som vanddækket bredde).
- Vandløbene måtte ikke være påvirket af organisk forurening i større omfang (den målte eller estimerede BI_5 koncentration må ikke være højere end ca. 2 mg/l). Der skulle dermed også tages hensyn til placering i forhold til punktkilder, således at stationerne ikke var direkte påvirket af større punktkilder eller regnbetingede udløb.

- Vandløbene skulle dække en gradient i fysiske forhold fra stærkt kanaliserede vandløb til vandløb med naturlige fysiske forhold.
- Vandløbene skulle ligge både i det åbne land og i skov.

I alt blev der udvalgt 84 stationer fordelt på de fleste amter (Figur 2.1). Aftestningen har dermed omfattet vandløb fra store dele af landet.

Figur 2.1 Placering af de stationer, der indgik i aftestning af de fysiske indices i sommeren 2002.



De udvalgte stationer fordelte sig forholdsvis jævnt over de forskellige DVFI-værdier, dog med en overvægt af stationer med DVFI-værdier på 4 og 5, hvilket svarer nogenlunde til gennemsnittet for landet som helhed. Der var ikke signifikant forskel på medianværdien af bredden mellem vandløbene i DVFI-grupperne (Kruskal-Wallis H-test; $p = 0,165$; tabel 2.1 & tabel 2.2).

Tabel 2.1 Fordeling af stationer på DVFI-værdier og bredden af de udvalgte testvandløb.

DVFI	Antal stationer	Middelbr. (m)	Medianbr. (m)	Range (m)
3	2	4,5	4,5	3,6 – 5,4
4	20	2,9	2,7	2,6 – 3,2
5	33	2,8	2,8	2,6 – 3,1
6	9	2,4	2,2	2,0 – 2,8
7	13	2,8	2,8	2,4 – 3,2

Tabel 2.2 Bredde og DVFI-værdier på teststationer fordelt på landsdele.

	DVFI			Bredde (m)		
	Middel	Median	Range	Middel	Median	Range
Sjælland & Bornholm	5,4	5	3 – 7	2,9	2,8	1,8 – 5,5
Fyn	5,1	5	4 – 7	3,1	2,8	1,9 – 4,0
Sydlig Jylland	5,5	5	4 – 7	2,8	2,7	1,3 – 4,0
Nord- og Østjylland	4,8	5	3 – 7	2,7	2,5	1,0 – 7,5

Som supplement til de nye data blev der ved afestningen af de to indices yderligere benyttet data fra 472 stationer i Århus Amt. På disse stationer er der ud over Århus-indekset indsamlet biologiske oplysninger om makroinvertebrater (DVFI) og/eller ørredtætheder. Data blev primært brugt ved sammenligning af de enkelte fysiske parametre og de biologiske indikatorer. Fordelingen af stationer på DVFI-værdier i de to datasæt er identisk ($\chi^2=12$, $df=9$, $p=0,21$), og de supplerende data blev derfor umiddelbart inddraget i analyserne på trods af, at de kun stammer fra et enkelt amt.

3 Præsentation af de to fysiske indices

De to indices er overordnet identiske mht. de parametre, der indgår. Den væsentligste forskel består i den/de metoder, der benyttes ved vurderingen, samt metoden hvorpå parametrene kombineres til et indeks. For at give en fornemmelse af hvorledes de to indices er opbygget, er begge præsenteret i dette afsnit.

3.1 Århus-indekset

I Århus-indekset (Kaarup, 1999) indgår i alt 19 parametre (13 positive og 6 negative) (figur 3.1). Parametrene er udvalgt efter, om de vurderes at have direkte indflydelse på de biologiske forhold i vandløbet. Hver parameter vurderes på en skala fra 0 til 3, hvilket svarer til stigende intensitet (arealdækning eller udbredelse på strækningen) af den enkelte parameter. Hver parameter er endvidere vægtet i indeksberegningen med en faktor 1 eller 2 (i nogle tilfælde negativt) alt efter, hvor betydende den enkelte parameter er vurderet til at være.

Positive parametre:	Intensitet (i: 1-3)	Faktor (F)	Værdi (= i x F)
Høller og stryg (optimalt med en indbyrdes afstand på ca 7 x vandløbsbredden)		x2	
Vanddybde på dybeste steder >40 cm		x1	
Gydegrus (1-5 cm)		x2	
Grusbund (<2 cm) uden aflejringer		x2	
Sten (>6 cm); som skjul for fisk og substrat for smådyr		x2	
Rødder; som skjul for fisk og substrat for smådyr		x1	
Emergent vegetation (dækning af vanddækket tværsnit: 1: >80%, 2: 30-80%, 3: 0-30%)		x1	
Undervandsvegetation (dækning af tværsnit: 1: >80%, 2: 10-40%, 3: 40-80%)		x2	
Undervandsvegetation – antal typer (1: 1 type, 2: 2 typer, 3: 3 eller flere typer)		x1	
Underskårne brinker		x2	
Mæandrerende vandløb		x1	
Anden fysisk variation (sten m. mos; grene mv.)		x2	
Udhængende vegetation (kantvegetation eller grene)		x1	
Negative parametre:			
Sandvandring		x-2	
Blød, ustabil bund (dynd eller mudder)		x-1	
Bredt vandløbsprofil i fht. vandføring		x-1	
Grov vedligeholdelse (1: indgrebet lille; 3: indgrebet stort)		x-1	
Kraftig reguleret/udrettet/nedgravet		x-1	
Okker		x-1	
Aktuel indekxsværdi (sum af i x F)			

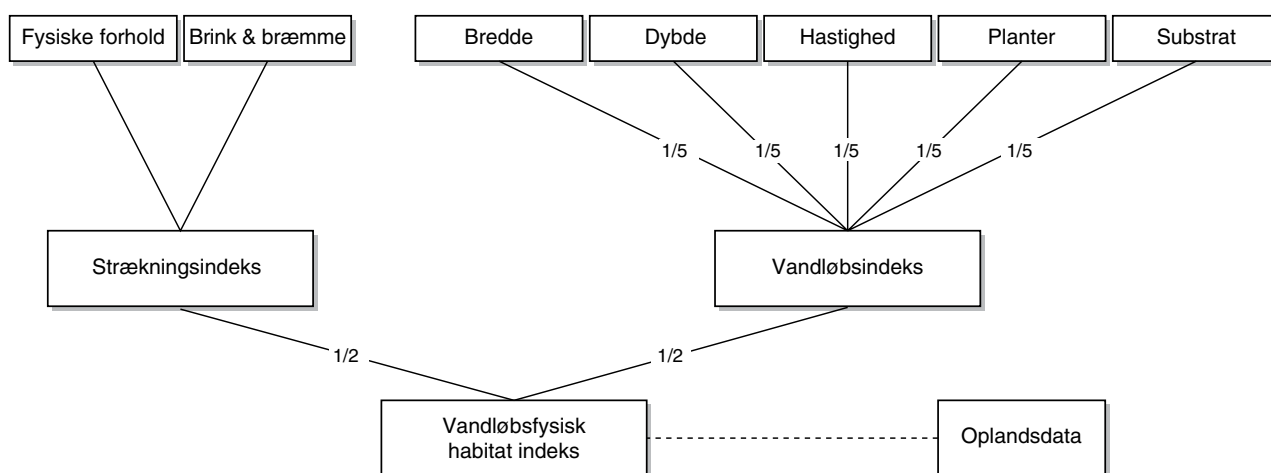
Figur 3.1 Skema til brug for bestemmelse af Århus-indekset.

Der indgår både parametre, der relaterer sig til vandløbets overordnede struktur (slyngning, breddeforhold og udretning), og parametre, der knytter sig til vandløbsbundens struktur (sten, grus, rødder, dybde). Indeks-værdien beregnes som summen af hver parameterværdi (intensiteter) ganget med den respektive vægtningsfaktor. Århus-indekset vil for en trænet prøvetager kunne udføres på ca. ½ time på én vandløbsstrækning.

3.2 DMU's indeks

På baggrund af erfaringerne fra det engelske River Habitat Survey (Raven et al., 1998b; Jeffers, 1998), der udelukkende er baseret på vurderinger af de morfologiske karakteristika i vandløbet, er der i DMU's forslag til et indeks lagt vægt på reelle målinger (dybde og bredde) af de fysiske parametre i vandløbet, som kunne tænkes at have direkte indflydelse på de biologiske forhold. En anden vigtig lære, der kan drages af de engelske erfaringer, er, at de vurderinger, der skal foretages, skal være så simple, at de til enhver tid kan reproducere af en anden person – dvs. at der skal være få valgmuligheder ved vurderingerne.

Indekset er delt i to dele: Et strækningssindeks og et vandløbsindeks. De to dele er vægtet ligeligt i beregningen af den fysiske kvalitet. Parametrene i strækningssindekset knytter sig til vandløbets overordnede struktur samt til arealanvendelse og vegetationsforhold på de vandløbsnære arealer og i ådalen på en 100-200 m lang strækning. I vandløbsindekset vurderes parametre (substrat, strømhastighed, dybde, bredde, planter, blade, træ/grene), der er knyttet til vandløbsbunden på en delstrækning på 20-50 m. Opbygningen og vægtningen i indekset er vist i figur 3.2. Skemaer, der viser, hvorledes de enkelte parametre vurderes, er angivet i figur 3.3 og 3.4. For hver enkelt parameter er der en supplerende tabel, der angiver hvilken score, der knytter sig til parameterværdien. Dvs. først findes parameterværdien, og dernæst kan denne så oversættes til en score. Udregningen af indeksscoren er med andre ord ikke så gennemskuelig som for Århus-indekset. Parametrene i DMU's indeks vil for en trænet person kunne vurderes på ca. 1 time for én vandløbsstrækning.



Figur 3.2 Overordnet opbygning af DMU's fysiske indeks.

Trans		Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Bredde
1	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
2	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
3	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
4	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
5	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
6	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
7	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
8	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
9	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					
10	Hastighed Planter Antal arter Plantetype Træ, grene Blade					

Dybde og bredde:

Plantedækning:

Dominerende plantetype:

Træ, grene mv.:

måles i cm

0:ingen; 1:<20%; 2:<40%;
3:<60%; 4:<80%; 5:>80%

1:Emergent; 2: Neddykket

0:ingen; 1:få; 2:mange

Trans		Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4
1	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
2	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
3	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
4	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
5	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
6	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
7	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
8	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
9	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				
10	Dybde Sten Grus Sand Mudder/ slam Tørv / ler				

Substrat:

Der tildeles i alt 5 point pr. felt
(1 p. svarer til 20% dækning)

Hastighed:

0:ingen; 1 flydende; 2 strømmende

Arter:

1: 1 art; 2: 2 el. flere

Blade:

0:ingen; 1:udbredt dækning

Figur 3.3 Skema til brug for bestemmelse af vandløbsindekset, der er en del af DMU's fysiske indeks.

Længdeprofil					
Antal stryg og Høller	Høller:	Stryg:			
Strækningen er ét langt stryg (0:nej; 1:ja)					
Slyngningsgrad (0:lige; 1:sinuøst; 2:mæandrerende)					
Tværsprofil (0:kanaliseret; 1:seminaturligt; 2:naturligt)					
Vandspejlsbredde (m)					
Brink vegetation					
Urter (0:ingen; 1:0-50%; 2:50-75%; 3:75-100%)					
Træer (0:ingen; 1:enkelte; 2:mange)					
Udhængende vegetation					
Ingen vegetation					
	Dækning af det frie vandløbsareal				
	0-25%	25-50%	50-75%	>75%	
<25% af brinken	10	7	5	5	
25-50% af brinken	10	5	2	0	
50-75% af brinken	5	2	0	-5	
>75% af brinken	5	0	-5	-10	
Bræmmebredde (0:ingen; 1:0-1m; 2:1-2 m; 3:2-5m; 4:5-10 m; 5:>10m)	Højre		Venstre		
Arealanvendelse bag bræmme (1:omdrift; 2:våd eng; 3:tør eng; 4:græsset; 5:mose /sø; 6:andet)	Højre		Venstre		
Bræmmevegetation - urter / krat (1:Høje urter; 2:Lave urter; 3:Krat)	Højre		Venstre		
Bræmmevegetation - træer (4:skov; 3:>50% træ; 2:25-50% træ; 1:enkelte træer; 0:ingen træer)	Højre		Venstre		
Substrat	Point				
Sten					
Grus					
Sand					
Tørv / Ler					
Blødbund / mudder / slam					
Stendækning på strækningen (0:ingen; 1:enkelte; 2:få; 3:udbredt; 4:mange)					
Vandplanter					
Neddykkede planter (0:ingen; 1:0-10%; 2:10-50%; 3:50-75% 4:>75%)					
Emergente planter (0:ingen; 1:0-10%; 2:10-50%; 3:50-75% 4:>75%)					
Rødder, grene, træer (0:ingen; 1:0-10%; 2:10-25%; 3:>25%)					

Substrat:

Der tildeles i alt 5 point pr. strækning (1 p. svarer til ca. 20% dækning).

Udhængende vegetation:

Sæt ring omkring den dækningskombination, der passer bedst på strækningen. Scoren er angivet i hvert felt. Hvis der ingen udhængende vegetation er til stede skrives "0" ud for feltet ingen vegetation.

Figur 3.4 Skema til brug for bestemmelse af strækningsindekset, der er en del af DMU's fysiske indeks.

3.3 Interkalibrering af parametervurderinger

I forbindelse med aftestningen af de fysiske indices var det vigtigt at fastlægge variationen i de individuelle bedømmelser af hver parameter i feltet. Der blev derfor foretaget en interkalibrering på to udvalgte lokalite-

svære at vurdere, og eventuelt udskifte disse med andre, der er lettere at anvende.

Ved interkalibreringens afslutning viste det sig, at de fleste deltagere kun havde benyttet DMU's indeks på de to stationer i Vejle Amt. Dette umuliggjorde en egentlig interkalibrering af parametervurderingerne i Århus-indekset. Ydermere var antallet af deltagende amter i selve interkalibreringen forholdsvis lavt (N=5). Dette gjorde, at en egentlig statistisk behandling af data blev usikker. Resultaterne, der præsenteres her, viser udelukkende variationen i scoren på DMU's indeks. Denne er udtrykt som gennemsnitsfejlen i procent på hhv. vandløbsindeks, strækningssindeks og det samlede DMU-indeks (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Resultat af interkalibreringen af DMU's indekssværdier.

	Middel score	Gennemsnitsfejl
Strækningssindeks	50	32 %
Vandløbsindeks	29	21 %
DMU indeks	79	27 %

Resultaterne i tabellen indikerer, at der er stor forskel på vurderingen af de fysiske forhold mellem de deltagende amter/personer. Det er ikke muligt ud fra ovenstående tabel eller andre resultater præcist at vurdere hvilke parametre, der skaber denne variation. Dertil er datagrundlaget for spinkelt. Resultatet viser dog, at der generelt er bedst overensstemmelse i vandløbsindekset, hvor den mest detaljerede parameter-vurdering foretages. Resultatet viser samlet set, at det ikke er umiddelbart nemt for forskellige prøvetagere at reproducere den fysiske vurdering ved brug af DMU's indeks.

4 Sammenligning af vurderede parameter-værdier for de to indices

En sammenligning af vurderingerne af de enkelte parametre kan umiddelbart være svær, når der benyttes to forskellige skalaer. I det følgende er det forsøgt at sammenstille bedømmelserne for de forskellige substrater og slyngningsgraden. Disse parametre er de eneste, der direkte kan sammenlignes mellem de to indices.

Generelt er der ved substratregistreringerne størst overensstemmelse mellem de to indices i yderpunkterne af skalaen, dvs. ved intensitet 0 og 3 (tabel 4.1). Derimod er der især ved blød bund (mudder) og sand store forskelle ved intensiteten 2. Det er desuden generelt sværest at få overensstemmelse mellem de to indices ved vurderingerne af sanddækning/sandvandring.

Tabel 4.1 Overlap i substratregistreringerne mellem Århus-indekset og DMU's indeks bestemt for teststationerne. Tabellen læses således, at i fx 88 % af de tilfælde, hvor en strækning blev karakteriseret med en grusdækningsintensitet på 0, blev den også karakteriseret til at være 0 i DMU's indeks. I tabellen er sammenlignet overlappet i registrering af substrat imellem Århus-indekset og DMU-indekset. I tabellen er dækningerne mellem 60 % og 100 % i DMU-indekset slået sammen til én værdi, der svarer til intensitet = 3 i Århus-indekset.

	Intensitet = 0	Intensitet = 1	Intensitet = 2	Intensitet = 3
	Dækning 0-20	Dækning 20-40	Dækning 40-60	Dækning 60-100
Sten	100 %	48 %	55 %	-
Grus	88 %	47 %	53 %	53 %
Sand	23 %	8 %	11 %	60 %
Blød bund	84 %	50 %	17 %	83 %

Substratvurderingen i DMU's indeks kan umiddelbart opfattes som en kvantitativ opgørelse af substratfordelingen på bunden af en 20-50 m strækning. Ved at benytte intensiteterne fra Århus-indekset som kategorier kan medianværdierne for dækningen af de enkelte substrater i DMU's vandløbsindeks testes for forskelle mellem intensiteterne, og dermed kan overensstemmelsen mellem de to indices vurderes (tabel 4.2). Der er signifikant forskel på medianværdierne for de fire intensiteter for hhv. antal stryg og dækning af grus. For sten gælder at de høje intensiteter (2 og 3) kan være svære at skelne. Blød bund (mudder) er der forskel på yderpunkterne 0 og 3, men ikke umiddelbart på intensitet 1 og 2. Billedet er knapt så klart for sand, hvor det generelt kan være svært at vurdere hvor meget sand der er til stede, derimod er det ikke svært at vurdere, om der er sand til stede.

Tabel 4.2 Sammenligning for teststationerne af medianværdier for substratdækning og antal stryg imellem intensiteterne i Århus-indekset. Bogstaverne ved medianværdierne angiver, om værdierne i samme kolonne er signifikant forskellige (Kruskal-Wallis H-test, $p < 0,05$). For stryg er der fx forskel mellem medianværdierne for hver intensitet (alle bogstaver er forskellige: ^a, ^b, ^c, ^d).

Intensitet	Stryg		Sten		Grus		Sand		Blød bund	
	median	range	median	range	median	range	median	range	median	range
0	0 ^a	0-5	0 ^a	0-0	0 ^a	0-2	1 ^a	0-5	0 ^a	0-5
1	1 ^b	0-7	0 ^b	0-1	1 ^b	0-3	3 ^b	0-4	1 ^b	0-3
2	3 ^c	0-15	2 ^c	0-5	2 ^c	0-4	3 ^b	1-5	0,5 ^{ab}	0-2
3	5 ^d	0-12	2 ^c	0-2	3 ^d	0-4	4 ^b	2-5	5 ^c	0-5

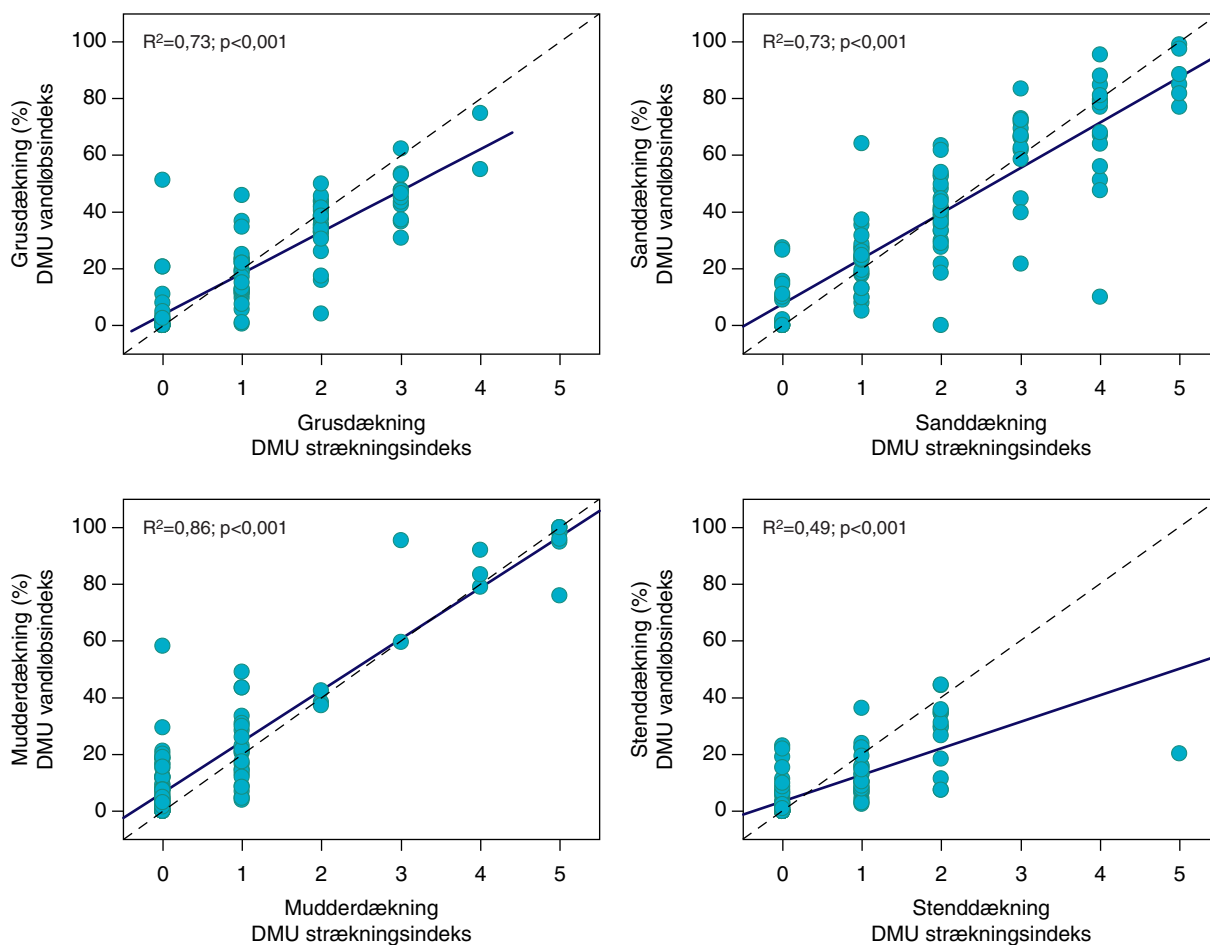
Vurderingen af slyngningsgraden varierer mellem de to indices. Hvis der var fuldstændig overensstemmelse mellem de to indices, ville alle observationer ligge på en diagonal linie fra øverste venstre hjørne til nederste højre hjørne. Fejlklassifikationen, dvs. procent observationer udenfor diagonalen, er på 64 % (tabel 4.3). Resultatet kan bl.a. skyldes, at DMU-indekset vurderer slyngningen på en skala fra 0 til 2 og Århus-indekset bruger en skala fra 0 til 3. Dermed vil forskellen i skala bevirke, at resultaterne bliver usammenlignelige. Ydermere kan resultatet påvirkes af om længden af den strækning, der benyttes til vurdering af slyngningsgraden, er tilstrækkelig. Resultatet viser under alle omstændigheder, at der potentielt kan være problemer med at vurdere slyngningsgraden, og dermed skal der nok benyttes en simpel skala.

Tabel 4.3 Sammenligning for teststationerne af antallet af observationer af slyngningsgraden i de to indices.

		Århus Indeks		
		Intensitet 0	Intensitet 1	Intensitet 2,3
DMU indeks	Score 0	16	9	7
	Score 1	10	8	23
	Score 2	2	5	7

4.1 DMU-indekset

I DMU indekset vurderes substratparametrene på to skalaer, dvs. både på en 20-50 m strækning (vandløbsindekset) og på 100-200 m strækning (strækningsindekset). Dette giver mulighed for at vurdere forskellen mellem den intensive metode (vandløbsindekset) og den ekstensive metode (strækningsindekset). På baggrund af de 40 vurderinger af substratet i vandløbsindekset er der udregnet en procentvis dækning for strækningen. Denne er sammenlignet med kategoriseringen i 20 % klasser (0-5) i strækningsindekset (figur 4.1). Overordnet set er der god overensstemmelse mellem de to opgørelser, når der er tale om sand, grus og mudder (figur 4.1). Derimod er sammenhængen mindre god ved vurdering af stendækningen. Dette skyldes formodentlig, at stendækning sjældent forekommer med stor udbredelse, hvorfor der er en vis usikkerhed forbundet med opgørelsen, når mange små arealer skal summeres ved vurderingen i feltet. Hvis substratvurderingen var fuldkommen identisk i de to metoder ville punkterne være sammenfaldende med den stiplede linie der er vist i figuren. Alle regressionskurver ligger under denne værdi, hvilket viser, at dækningen generelt overvurderes på skalaen (0-5) i strækningsindekset.



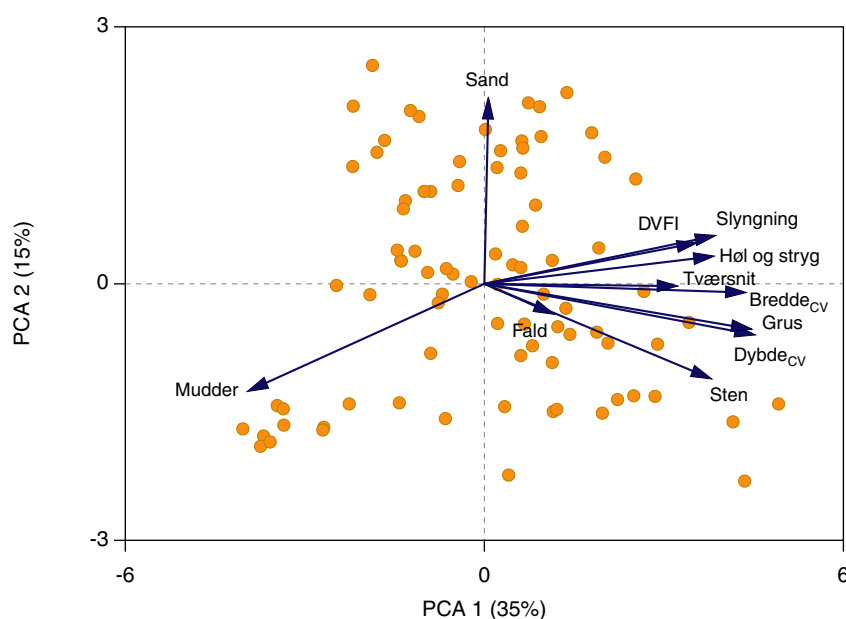
Figur 4.1 Sammenligning af substratvurderinger foretaget i vandløbsindeks- og i strækningindeks-delen af DMU's fysiske indeks.

Det tager imidlertid længere tid at foretage vurderingen i de 40 felter i vandløbsindekset end i strækningindekset. Resultaterne af sammenligningen viser dog, at der med henblik på at spare tid kan foretages en rimelig vurdering på 100-200 m-strækningen alene og samtidig bevares en tilfredsstillende præcision.

Figur 4.2 viser, hvorledes de fysiske parametre og DVFI-værdien på stationerne varierer og fordeles sig i forhold til hinanden. Hver station er vist ved et punkt på figuren, og de enkelte parametre er repræsenteret ved en vektor. Punkter, der ligger tæt på hinanden, har således sammenlignelige biologiske og fysiske forhold. Længden de enkelte vektorer viser deres betydning, og vektorer, der ligger i samme retning, kan antages at være korrelerede. PCA-plottet viser stort set, hvad man ville forvente i naturlige vandløb. Der er således et stort sammenfald af parametre, der alle udtrykker noget om variationen i de fysiske forhold, nemlig: høl/stryg, slyngning, variationen i dybden og variationen i bredden (figur 4.2). Ydermere ligger det grove substrat (grus og sten) samt naturligheden af tværsnittet og DVFI-værdien i samme halvdel af PCA-figuren. Modsat, dvs. med negativ PCA1-akseværdi, ligger mudderdækningen. Sand er den primære parameter, der adskiller stationerne på PCA 2-aksen. PCA-akserne forklarer kun 50 % af variationen i datasættet, og man skal derfor være varsom med konklusioner på baggrund af figuren (figur 4.2). Der tegner sig dog et klart mønster af korrelationerne

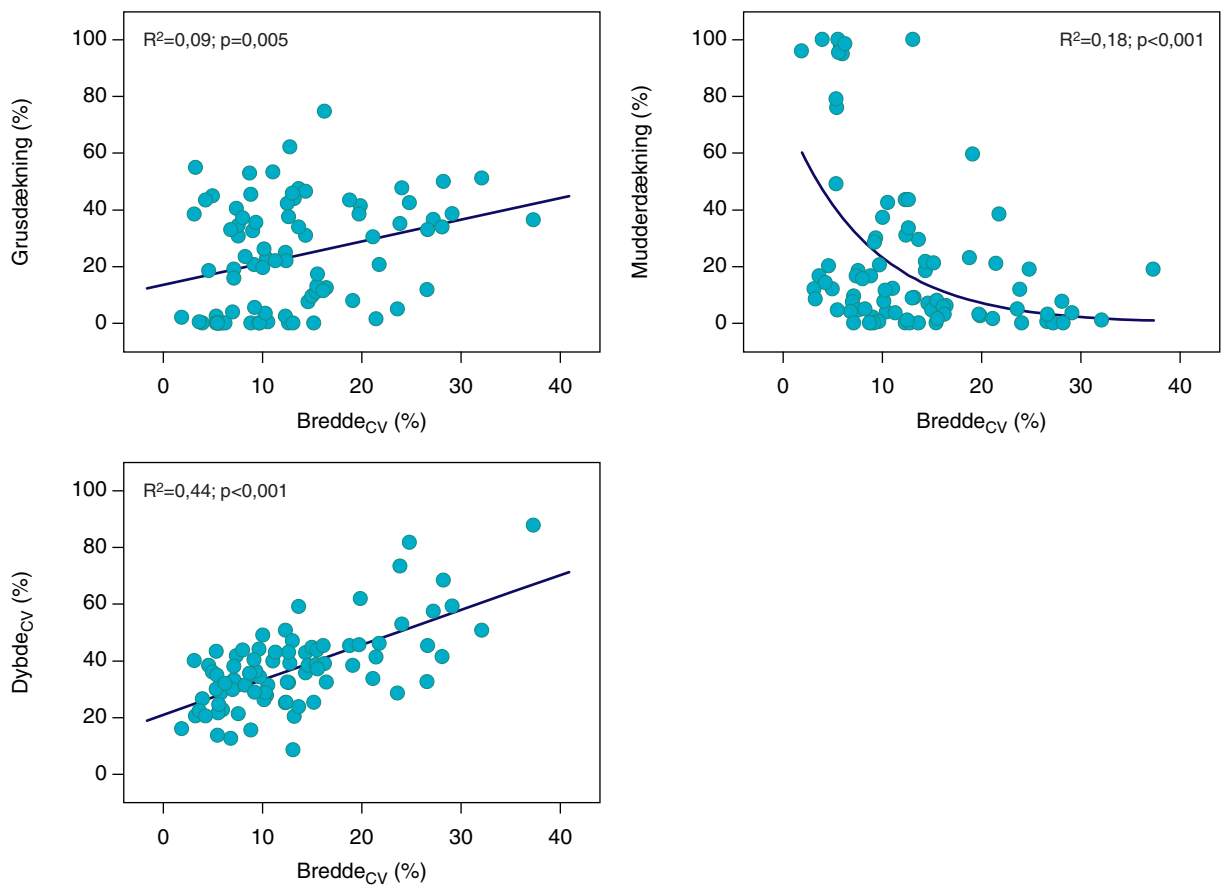
mellem de enkelte fysiske parametre og hvilke parametre, der korrelerer med den biologiske kvalitet (DVFI-værdien). Man kan benytte en PCA-analyse til at reducere i antallet af parametre. I dette tilfælde bruges PCA-analysen til at kigge på generelle tendenser og associationer. Selvom flere af parametrene er korrelerede, er det ikke nødvendigvis det samme som, at de ikke kan tilføre et fysisk indeks nogen forklaring ved at indgå i en sammenhæng – dvs., at de enkelte parametre i kombination med andre kan tilføre information, som udelades ved kun at kigge på nogle enkelte parametre. Ved at inkludere parametre, der belyser forskellige aspekter af de samme forhold, skabes et robust indeks, der ikke er så følsomt over for variationer i vurderingen af de enkelte parametre som et stærkt reduceret indeks ville være.

Figur 4.2 PCA-plot af parametre fra vandløbsindeksdelen af DMU's fysiske indeks og DVFI-værdien for teststationerne (N=84).

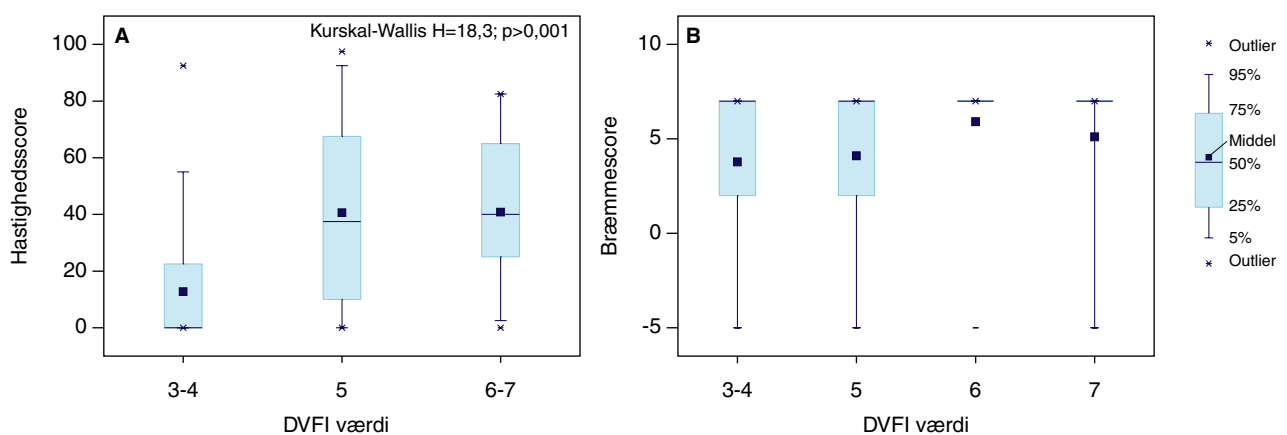


Bredden og dybden indgår som egentlige målinger i DMU's vandløbsindeks, da disse parametre har vist sig at være i stand til at skelne påvirkede og upåvirkede vandløb i Danmark (Pedersen et al., 2004). Der er en signifikant korrelation mellem variationen i disse, idet 44 % af variationen i dybden kan forklares ud fra variationen i bredden. Dette indikerer, at man kan opnå en rimelig god beskrivelse af variationerne i vandløbsdimensioner blot ved at måle én af de to parametre. Selvom der i PCA-plottet ser ud til at være en tæt kobling mellem variationen i bredden og grusdækningen og en omvendt proportionalitet mellem breddevariationen og dækningen af mudder på bunden, så ses det, at denne sammenhæng ikke er helt entydig, når parametrene analyseres i en egentlig regressionsanalyse (figur 4.3). Breddevariation udtrykker altså med andre ord et andet aspekt af de fysiske forhold, end grusdækningen gør.

Fordelingen af hastigheden (eller scoren) viser, at der er en tendens til, at der findes højere hastigheder i vandløb med høj DVFI-værdi (figur 4.4). Denne sammenhæng gælder sandsynligvis kun for små og mellemstore vandløb og kan være et resultat af en skæv udvælgelse af stationer, dvs. at der er en overvægt af data fra stationer i vandløb med høj hastighed. Når der er tale om små vandløb, kan der dog være fornuft i at tage højde for forskelle i hastigheden, da denne bliver stærkt påvirket af ændringer i faldet som følge af reguleringer i vandløbsforløb.



Figur 4.3 Sammenligning af breddevariation, substratdækning (grus og mudder) og dybdevariation bestemt ved DMU's vandløbsindeks.

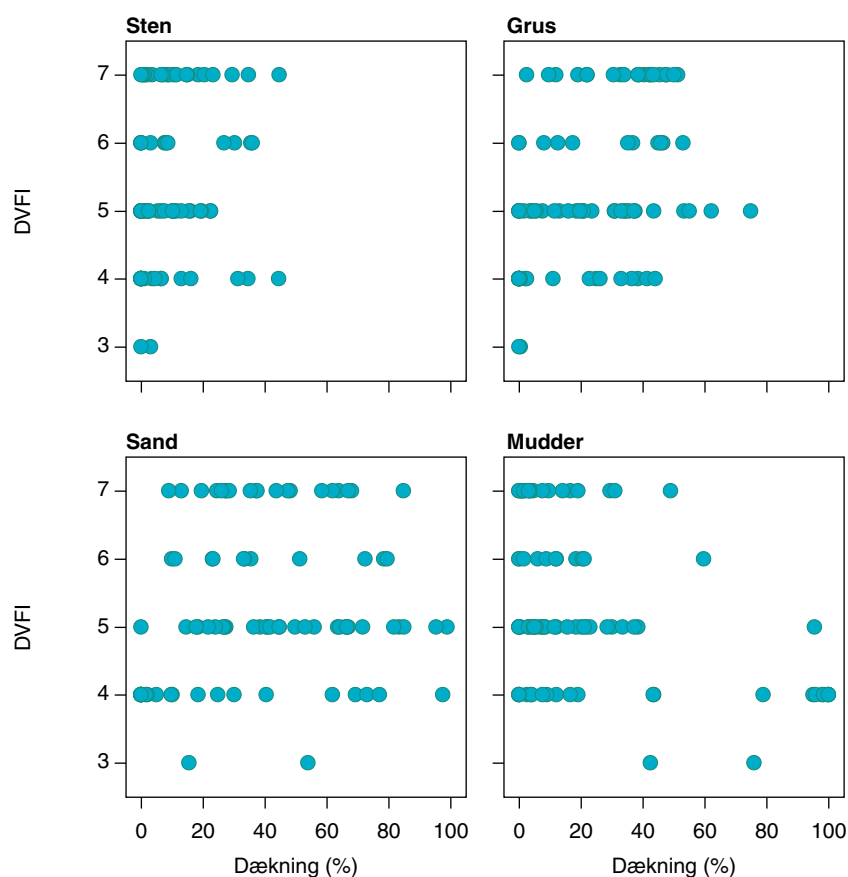


Figur 4.4 (a) Sammenligning af hastighedsscoren i DMU's vandløbsindeks for forskellige DVFI-værdier i testvandløbene (N=84). Høj hastighedsscore svarer til, at en stor andel af vandløbs overflade har høj hastighed. (b) Sammenligning af bræmmescore (bredde) i DMU's strækningsindeks for forskellige DVFI-værdier (N=84). En høj bræmmescore svarer til, at bræmmen er bred og ikke synderligt påvirket af menneskelig aktivitet.

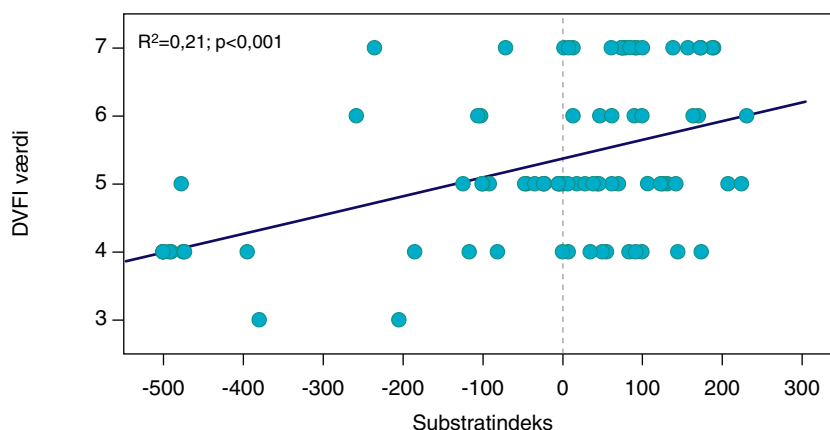
Hastigheden kan supplere substratregistreringerne på vandløbs bund. I store vandløb (større end de testede) vil denne parameter ikke rigtig give mening, da der sjældent optræder turbulent hastighed med bølger på overfladen i de dybe vandløb. Ligesom hastigheden kan arealanvendelsen på de tilstødende vandløbsnære arealer give information om, hvorvidt vandløbet er blevet udrettet / forstyrret. Der er en tendens til lavere DVFI-værdier ved lav bræmmescore, dvs. der er en tendens til, at smalle bræmmer forekommer oftere i vandløb med DVFI-værdier på 3, 4 og 5 (figur 4.4). Med begge parametre i figur 4.4 skal man dog være varsom, når der sammenlignes med DVFI-værdierne, da DVFI ikke udelukkende responderer på fysisk forstyrrelse.

Betydningen af at kombinere information fra de enkelte parametre kan illustreres ved at kigge på sammenhængen mellem DVFI-værdien og dækningen af de forskellige substrater. Hvis sammenhængen var entydigt bestemt, som antydnet i PCA-plottet (figur 4.2), så ville man forvente en klar sammenhæng mellem groft substrat, mudder og DVFI-værdien. Af figur 4.5 fremgår det, at denne sammenhæng ikke umiddelbart er til stede. Kombinerer man derimod de enkelte substrater til et simpelt substratindex, så øges forklaringsgraden betydeligt (figur 4.6).

Figur 4.5 Sammenhæng mellem DVFI-værdier og dækning af de enkelte substrater bestemt i forbindelse med vandløbsindekset.



Figur 4.6 Sammenhæng mellem DVFI-værdien og et simpelt substratindeks (Substrat indeks = $3 \cdot \text{grusdækning} + 3 \cdot \text{stendækning} - 2 \cdot \text{mudderdækning}$). Data stammer fra testvandløbene og er bestemt i forbindelse med vandløbsindekset (N=84).

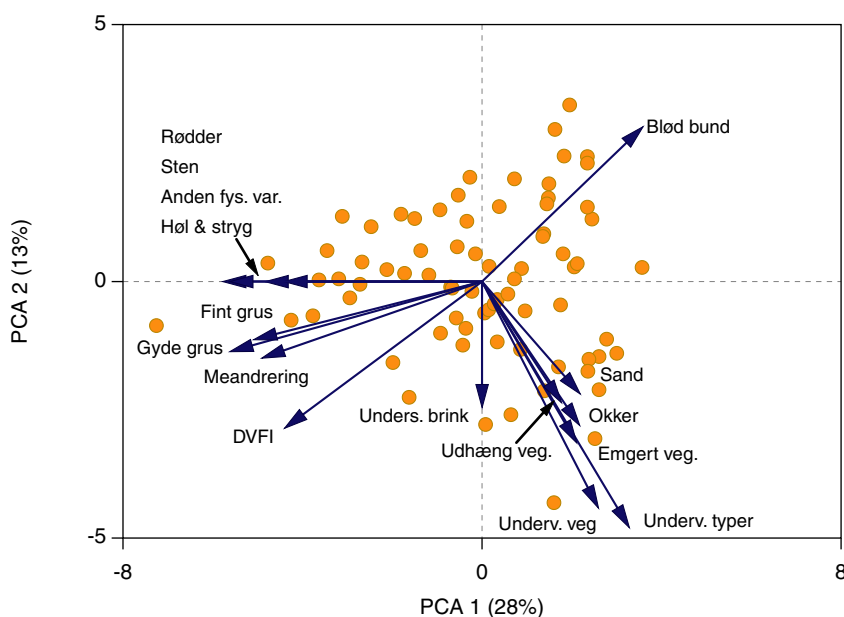


DVFI er ikke som udgangspunkt udviklet til at respondere på forskellige substrattyper, men er primært et indeks, der er udviklet til at respondere på organisk forurening. Man vil derfor ikke kunne forvente en rigtig god sammenhæng mellem enkelte fysiske variable og DVFI-værdien. Indekset kan dog, med forsigtighed, bruges som en generel indikator for påvirkningen af makroinvertebratsamfundet, når man tager hensyn til, at der er mange andre faktorer, der kan influere på DVFI-værdien.

4.2 Århus-indekset

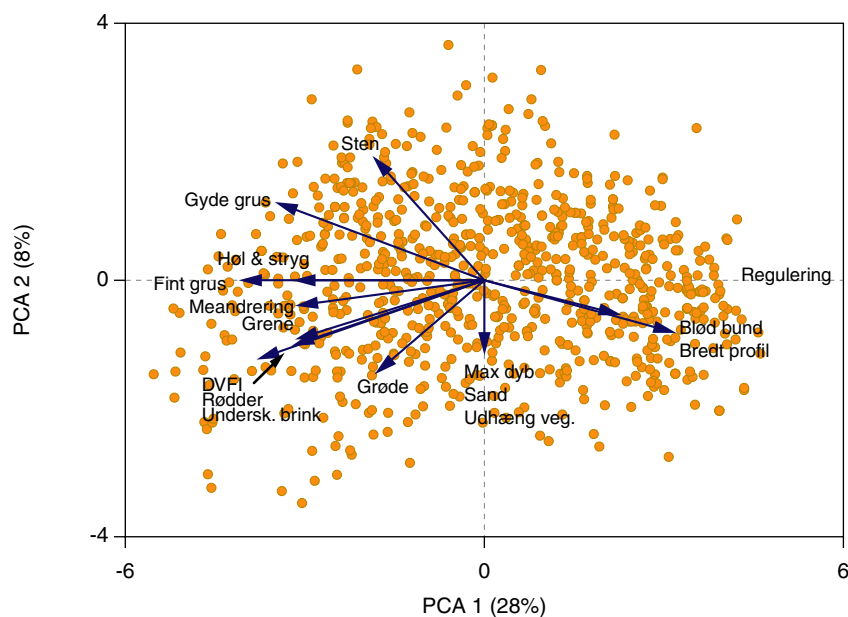
PCA-plottet af indeksparametre og DVFI-værdier i figur 4.7 viser nogenlunde samme mønster som plottet i figur 4.5. Groft substrat, slyngningsgrad, DVFI-værdi og høl/stryg falder ud sammen. Ydermere falder rødder og anden fysisk variation ud i samme halvdel af PCA-plottet. Blød bund (mudder/slam) falder modsat disse parametre. Sandvandring og vegetationsparametre fra vandløb og brink falder ud som de primære parametre på PCA 2-aksen. De to PCA-akser forklarer 41 % af variationen i datasættet. Ved at benytte de næsten 500 stationer i Århus Amt, hvor indekset er bestemt igennem en årrække, er det muligt at få bekræftet, om de tendenser, der er set i figur 4.5 og 4.7, holder.

Figur 4.7 PCA-plot af parametre i Århus-indekset og DVFI-værdier for testvandløbene (N=84).

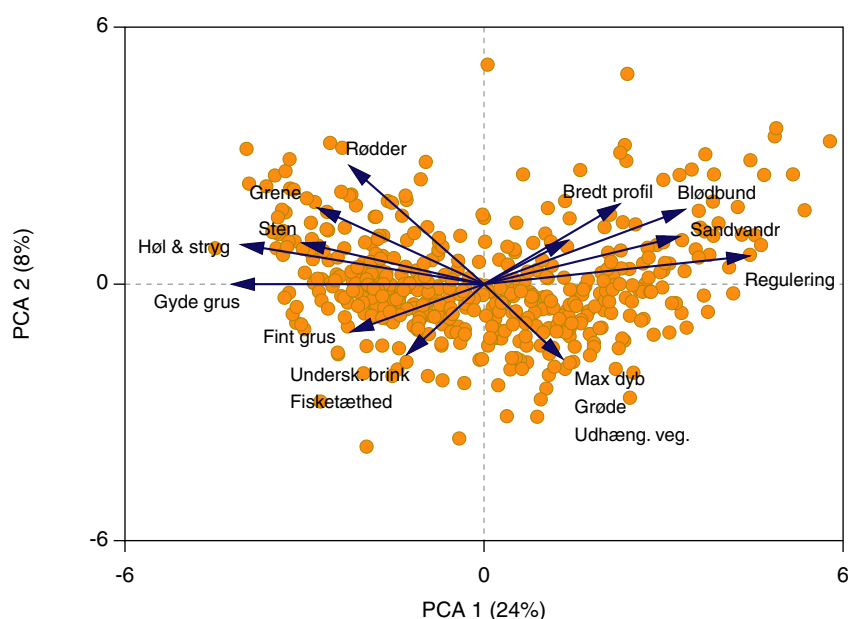


I figur 4.8 er de fysiske parametre for det store datasæt fra Århus Amt analyseret sammen med DVFI, og i figur 4.9 er ørredtætheden desuden inkluderet i stedet for DVFI-værdien. PCA-plottene fra de ca. 500 stationer i Århus Amt viser i store træk det samme billede, idet der dog er nogle afvigelser. Overordnet set falder DVFI-værdi og ørredtæthed ud sammen med det grove substrat, høj grad af slygning og mange høl/stryg sekvenser. Ydermere ligger grene, rødder og underskårne brinker også i samme retning som de biologiske parametre. Blød bund, regulering og overbredt profil falder ud modsat i PCA-plottene og forekommer således sammen med lave værdier af ørredtætheder og DVFI-værdier (figur 4.8 og 4.9).

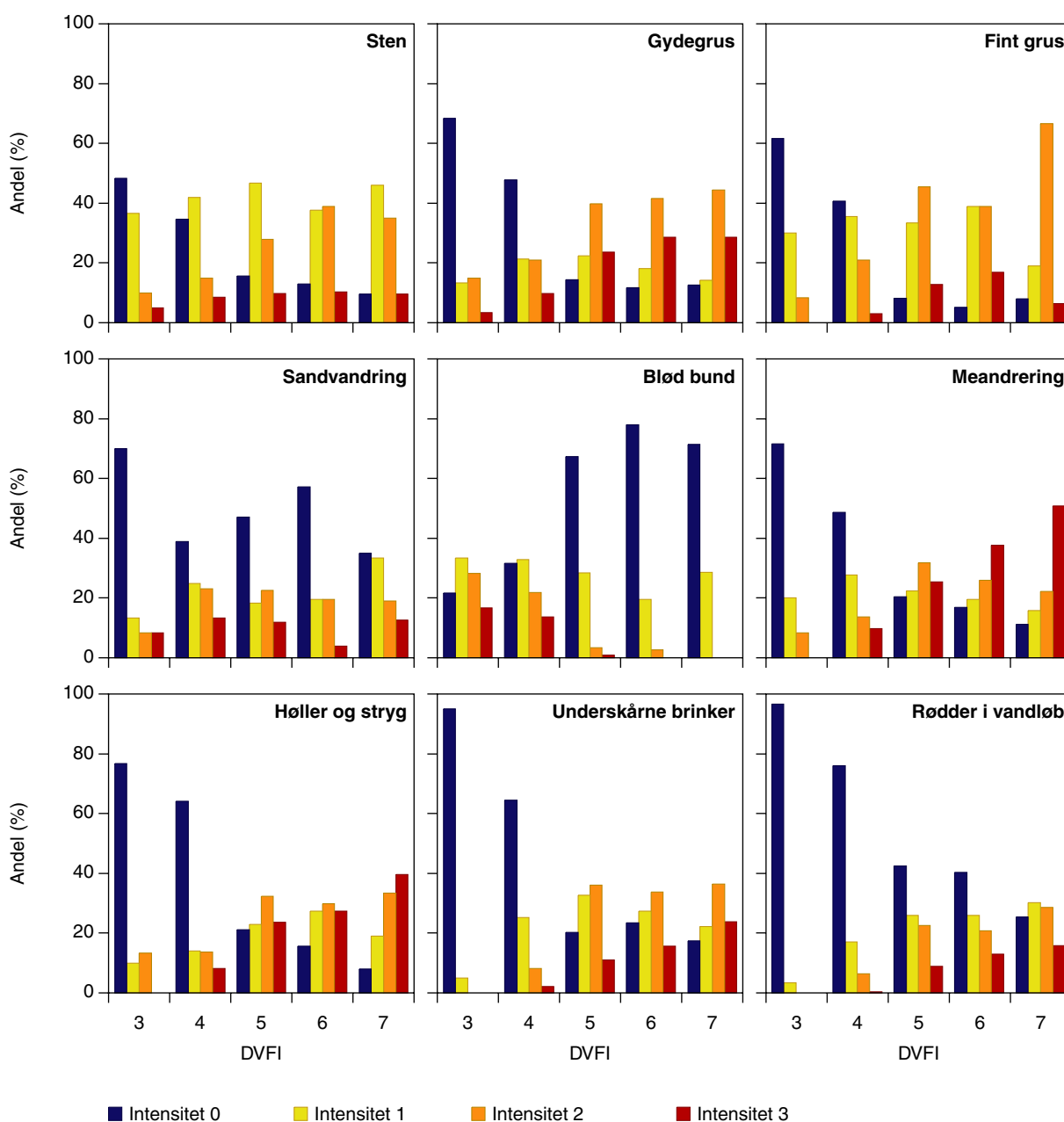
Figur 4.8 PCA-plot af parametre i Århus-indekset og DVFI-værdier for vandløb i Århus Amt (N=472).



Figur 4.9 PCA-plot af parametre i Århus-indekset og ørredtætheder (antal individer / 100 m²) for vandløb i Århus Amt (N=472).



Maksimal dybde, udhængende vegetation og grøde falder ikke ud som dominerende på PCA-akse 2, men fremtræder mere eller mindre for sig selv i figuren. Overordnet set bekræfter de to PCA-plots for de ca. 500 stationer de overordnede mønstre fra PCA-plottene for de 84 teststationer. Forklaringsgraden i figur 4.8 og 4.9 er hhv. 36 % og 32 %, og derfor kan PCA-plottene stadig ikke bruges som egentlige modeller, men de viser klart hvilke parametre, der kan regnes med samme fortegn i et fysisk indeks. Groft substrat, slygningsgrad, høl/stryg, underskårne brinker samt grene og rødder kan regnes som positive, mens blød bund og regulering helt klart er negative. Parametre som maksimaldybden, sandvandring, grøde (vandplanter) og udhængende vegetation udviser ikke nogen klar tendens. For at komme de enkelte parametres betydning lidt nærmere er der foretaget en sammenligning af fordelingen af intensiteterne af de enkelte parametre i forhold til DVFI-værdierne 3 til 7 (figur 4.10).

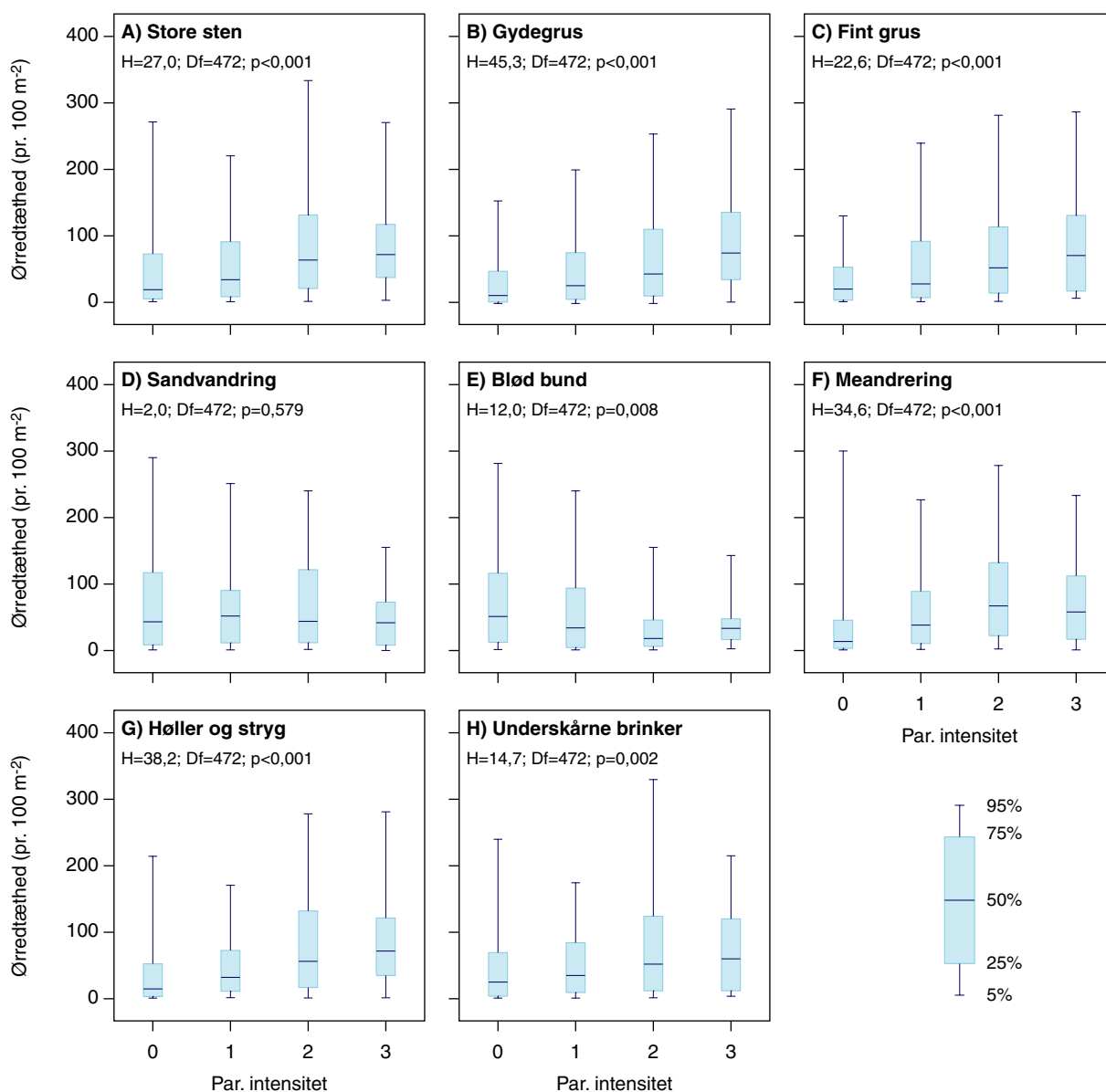


Figur 4.10 Fordeling af intensiteter af de enkelte fysiske parametre fordelt på DVFI-værdier for vandløb i Århus Amt (N=472).

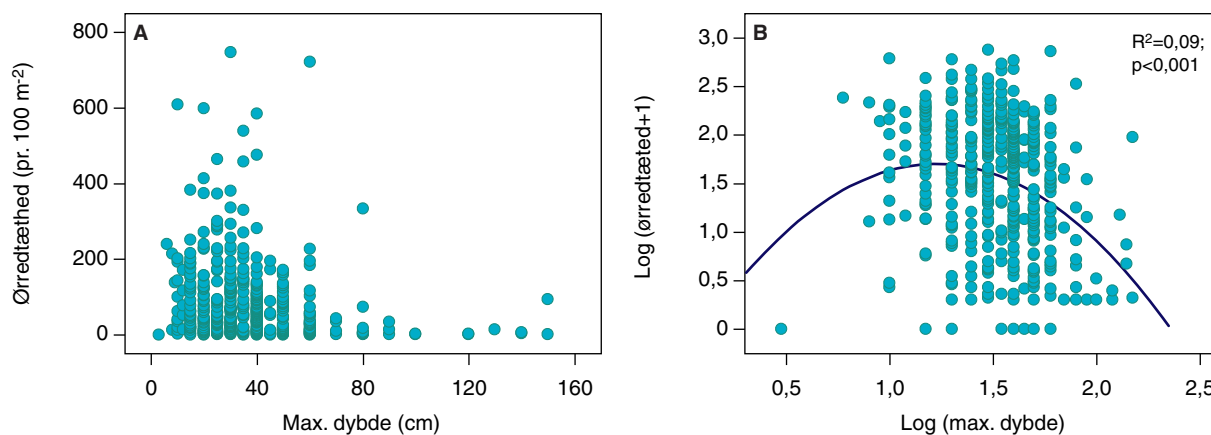
Der er en klar tendens til, at nogle af de parametre, der associeres med gode fysiske forhold (grus, slygningsgrad, høl/stryg, rødder, underskårne brinker), forekommer med en intensitet 0 og 1 ved DVFI-værdier på 3 og 4, hvorimod andelen af intensitet 2 og 3 er stigende med stigende DVFI-værdi. For sten og sandvandring er der en mere ligelig fordeling af intensiteterne på tværs af DVFI-værdierne. Blød bund med høj intensitet forekommer stort set ikke ved DVFI-værdier på 5 - 7, men der er dog ca. 20 % af vandløbene, hvor den forekommer med en intensitet på 1. Det ses også som forventet, at der ikke er entydig sammenhæng mellem DVFI- værdien og fordelingen af intensiteterne af de enkelte parametre, hvilket skyldes, at DVFI ikke udelukkende er udviklet til at respondere på fysisk forstyrrelse, ligesom den fysiske forstyrrelse vil vise sig ved, at en kombination af parametre ændres, således at et respons i DVFI værdi ikke vil kunne forventes for en enkelt parameter.

Som vist i figur 4.11 er der også en klar tendens til, at ørredtætheden er markant højere i de vandløb, hvor der er høj intensitet af de parametre, der regnes som positive for den fysiske kvalitet (grus, sten, slygningsgrad og høl/stryg), end hvor disse har en lavere intensitet. Det ser overordnet ud til, at en mere varieret morfologi (mange høller og stryg og høj slygningsgrad) giver større tæthed af ørreder, ligesom høj dækning af groft substrat også er associeret med stor ørredtæthed (figur 4.11). Underskårne brinker udviser ikke helt samme tendens, hvilket kan skyldes, at høje intensiteter af underskårne brinker også kan forekomme i regulerede vandløb.

Maksimaldybden kunne umiddelbart tænkes at have betydning for hvor mange ørreder, der vil befinde sig på en given vandløbsstrækning. På baggrund af analysen af de 472 stationer i Århus Amt er der ikke fundet nogen signifikant sammenhæng mellem maksimaldybden og ørredtætheden (figur 4.12). Dette kan bl.a. skyldes, at yngel og ældre ørred er analyseret sammen. Deres forskellige præferencer for dybde kan medvirke til at sløre billedet. Desværre har det ikke været muligt at skelne mellem yngel og ældre ørreder i analysen. Der kan findes en sammenhæng, hvis data logaritme-transformeres, men modellen er stort set uden forklaringsgrad (9 %). Derfor kan der ikke umiddelbart opstilles en sammenhæng mellem maksimaldybden og ørredtæthederne.



Figur 4.11 Box-Whisker plot af ørredtætheder for hver intensitet af de fysiske parametre for vandløb i Århus Amt (N=472).

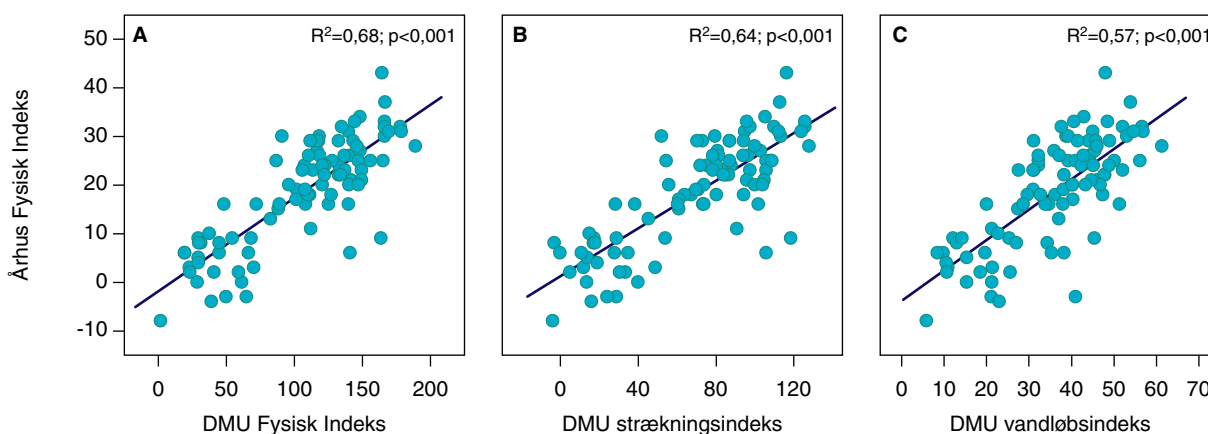


Figur 4.12 Sammenhæng mellem ørredtætheder og vandløbenes maksimale dybde i Århus Amt (N=472).

5 Sammenligning af resultater fra DMU's indeks og Århus-indekset

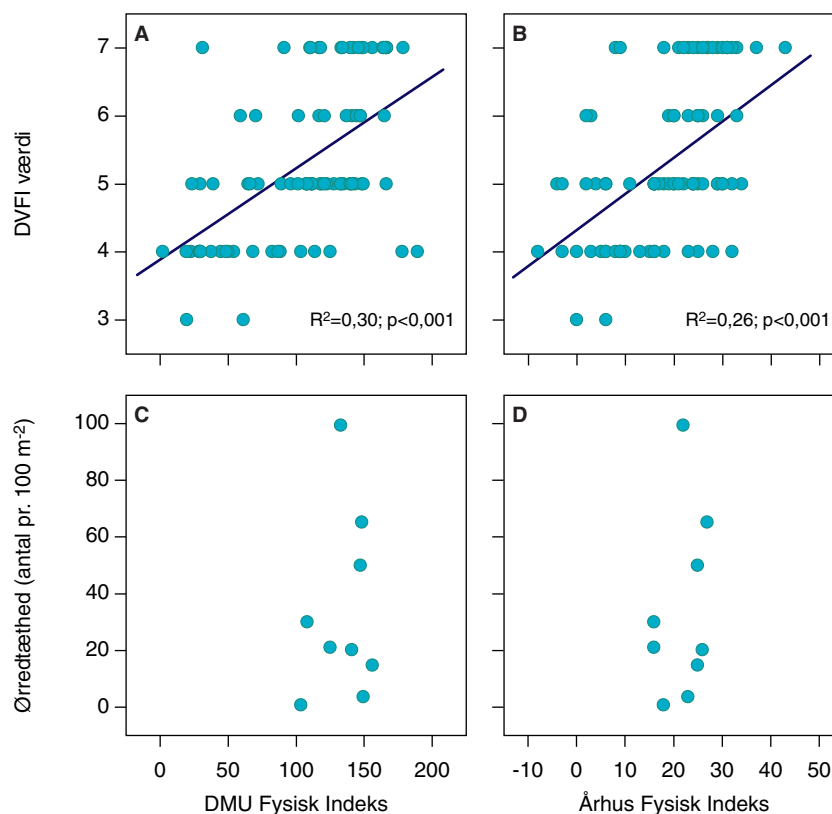
Der er fundet en god sammenhæng mellem DMU's indeks og Århus-indekset, hvilket ikke undrer, da det stort set er de samme parametre, der indgår i de to indices. Det er blot indeksberegningen og vægtningen af parametre, der er forskellige (figur 5.1).

Der er stor spredning i indeksværdierne for både DMU- og Århus-indekset inden for de enkelte DVFI-værdier. Der er dog en generel tendens til højere DVFI-værdier ved højere værdier af de fysiske indices (figur 5.2). Som nævnt før er DVFI ikke udviklet til direkte at respondere på fysisk forstyrrelse, og der vil derfor ikke umiddelbart kunne forventes en rigtig god overensstemmelse mellem DVFI-værdien og et fysisk indeks. På trods af at der i udvælgelsen af stationerne er lagt vægt på, at de skal være uden kemisk forurening, kan der være nogle stationer, som er påvirkede af spildevand fra spredt bebyggelse e.l. Dette vil være med til at sløre eventuelle sammenhænge. Datasættet for ørredtætheder på teststationerne er så spinkelt, at der ikke kan siges noget generelt herom.



Figur 5.1 Sammenhæng mellem Århus-indekset og DMU's fysiske indeks, vandløbsindeks og strækningssindeks.

Figur 5.2 Århus-indekset og DMU's indeks afbildet sammen med DVFI-værdier og ørredtætheder.



Der er stort set ikke konstateret nogen forskel mellem de to indices' evne til at skelne mellem de forskellige DVFI-værdier og fysiske kvalitetsklasser. Dog viser Århus-indekset sig at være lidt bedre end DMU's indeks (tabel 5.1 og 5.2). Især ved opdelingen i fem kvalitetsklasser er Århus-indekset generelt bedre. Når der kigges på hvilket interval, der dækkes, ser det også ud til, at Århus-indekset adskiller de enkelte kvalitetsklasser og DVFI-grupper lidt bedre end DMU-indekset. Der indgår stort set de samme parametre i de to indices. Forskellen mellem dem kan derfor henføres til enten vurderingen af parametrene og/eller beregningen af indekssværdien. På baggrund af de indsamlede data fra de 84 vandløb i af-testningen kan det konkluderes, at strukturen i Århus-indekset umiddelbart er den mest hensigtsmæssige i forhold til at skelne mellem forskellige grader af fysisk kvalitet, og ydermere er beregningen af indekset mere ligefrem. Det fremtidige indeks bør således struktureres sådan, at opbygningen tilnærmes Århus-indekset (tabel 5.1 og 5.2).

Tabel 5.1 Sammenligning for teststationerne af indekssværdierne fordelt på 5 prædefinerede fysiske kvalitetsklasser (1 svarer til høj kvalitet og 5 svarer til dårlig kvalitet). I parentes er nagivet variationsredden for hver klasse

Klasse	N	Århus-indeks	DMU-indeks	Strækningssindeks	Vandløbsindeks
1	6	30 ^a (23 – 43)	152 ^a (87 – 179)	105 ^a (55 – 126)	47 ^a (32 – 56)
2	7	24 ^a (9 – 37)	139 ^b (91 – 167)	94 ^b (52 – 119)	45 ^a (39 – 54)
3	7	20 ^b (3 – 26)	116 ^{bc} (70 – 147)	79 ^{bc} (49 – 104)	37 ^b (21 – 47)
4	5	8 ^{bc} (-4 – 18)	84 ^c (30 – 141)	56 ^c (16 – 106)	28 ^b (12 – 37)
5	4	3 ^c (-8 – 10)	22 ^c (2 – 38)	9 ^c (-4 – 15)	13 ^b (6 – 23)

Tabel 5.2 Sammenligning for teststationerne af indekssværdierne fordelt på DVFI-værdier.

DVFI	N	Århus-indeks		DMU-indeks		Strækningssindeks		Vandløbsindeks	
3	2	3 ^a	(0 – 6)	41 ^a	(20 – 61)	20 ^a	(0 – 40)	21 ^a	(20 – 21)
4	21	11 ^a	(-8 – 32)	68 ^a	(2 – 189)	43 ^a	(-4 – 128)	25 ^a	(6 – 61)
5	30	18 ^b	(-4 – 34)	109 ^b	(24 – 167)	72 ^b	(5 – 114)	38 ^b	(10 – 53)
6	11	20 ^{bc}	(2 – 33)	123 ^{bc}	(59 – 165)	84 ^{bc}	(34 – 109)	39 ^b	(21 – 56)
7	20	26 ^c	(8 – 43)	137 ^c	(31 – 179)	93 ^c	(-3 – 126)	44 ^b	(30 – 56)

5.1 Opstilling af et nyt dansk indeks

På baggrund af resultaterne af testen var det ikke umiddelbart muligt at anbefale ét af de to aftestede indices. Begge indeholder parametre, som er yderst relevante for vurdering af de fysiske forhold i mindre vandløb, og disse parametre skal der bygges videre på. Århus-indekset indeholder parametre (nylig opgravning), som i sig selv beskriver et indgreb i vandløbets fysiske forhold. Ved at inddrage denne type parameter risikerer man at begå en ringslutning, når den fysiske kvalitet bedømmes, dvs. at det bliver umuligt at skelne mellem årsag og virkning. DMU's fysiske indeks indeholder parametre, der tager for lang tid at bestemme i felten. Dette gælder specielt for parametrene i vandløbsindekset. Scoringssystemet, der anvendes ved udregningen af indekssværdien, er desuden for kompliceret og svært at gennemskue.

Opdelingen af alle parametre i 4 intervaller (intensiteter) samt vægte til beskrivelse af de enkelte parametres relative betydning viste sig hensigtsmæssig, idet vurderingerne af de enkelte parametre og den efterfølgende beregning var overskuelig. Ydermere viste resultaterne af testen, at på trods af ønsket om at få en detaljeret beskrivelse af substratforholdene - som i DMU's vandløbsindeks - så kunne vurderingen lige så vel foregå i brede intervaller og på længere strækninger.

På baggrund af ovenstående konklusioner og erfaringer kunne der opstilles følgende krav til et nyt nationalt indeks:

Indekset skal opbygges som Århus-indekset, dvs. med vurdering af parametre i 4 intensiteter (0-3) og en vægtning af de enkelte parametre. Vægtningen kan være 1 eller 2 og enten positiv eller negativ.

Alle parametre skal være relevante for vurdering af den fysiske kvalitet

Alle parametre - eller kombinationer heraf - skal kunne relateres til de biologiske forhold (makroinvertebrater, planter, fisk)

Vurderingen af hver parameter skal kunne ske entydigt i felten

Valget af parametre skal ske under hensyntagen til, hvor lang tid en vurdering vil tage i felten

Med udgangspunkt i ovenstående punkter blev resultaterne fra testen i de 84 vandløb og resultaterne fra de 472 stationer i Århus Amt revurderet.

5.2 Parameterudvælgelse

Antallet af huller og stryg i forhold til det optimale antal er en klar indikator for naturligheden af vandløbet (billede 1). I PCA-analyserne vægter denne kraftigt på førsteaksen sammen med slyngningsgrad, under-skårne brinker, rødder og grove substrater (sten og grus). Der er også god sammenhæng (korrelation) med de biologiske parametre i PCA-plottet (DVFI og ørredtæthed). Mudder eller blød bund, som det benævnes i Århus-indekset, vægter modsat de ovennævnte parametre og er oftest til stede ved lave ørredtætheder og DVFI-værdier samt i vandløb uden nævneværdig slyngningsgrad og få eller ingen høl/strygsekvenser. Sammenligningen af fordelingen af intensiteter på de forskellige DVFI-værdier (figur 4.10) viste store forskelle i fordelingerne for rødder, grus, sten, huller/stryg, slyngningsgrad og blød bund. Strømhastigheden kan være svær at bedømme i vandløbet uden brug af et egentligt måleinstrument. Det viste sig dog, at den vurdering, der blev brugt i DMU's vandløbsindeks, i et vist omfang kunne relateres til den biologiske kvalitet (figur 4.4). Ved at udbygge beskrivelsen af de forskellige hastighedstyper, således at der klart kan skelnes mellem høje og lave hastighedstyper, kan vurderingen af denne parameter gøres mere sikker. Ydermere supplerer oplysninger om hastigheden substratvurderingen og kan bidrage til en mere fyldestgørende beskrivelse i de tilfælde, hvor vandløbet er domineret af én type substrat, som fx i de øvre skovvandløb. Som supplement til beskrivelsen af bundforholdene benyttes også parameteren "anden fysisk variation" fra Århus-indekset. Med denne parameter kan man angive, om der er naturlige elementer (træstammer, store sten e.l.) til stede i vandløbet - elementer som ellers ikke tildeles nogen score i indekset. Det vil typisk være i skovvandløb, at denne parameter benyttes. Ydermere vil der i regulerede vandløb med god vandkvalitet kunne findes høje DVFI-værdier alene på grund af tilstedeværelsen af få sten, hvor de dyr, der tæller positivt i DVFI, vil befinde sig.

Billede 1 Ladegård Bæk



Store mængder sand er oftest at finde i vandløb, der hverken er domineret af mudder/blød bund eller groft substrat. I PCA-analyserne optræder sand-vektoren næsten vinkelret på de andre substraters vektorer. Sand-vektoren er desuden den dominerende vektor på PCA 2-aksen. I de tilfælde, hvor planterne er vurderet, optræder sand og høj dækning af planter i vandløbet sammen. Okker er ikke særligt dominerende i analyserne, hvilket indikerer, at parameteren ikke optræder særligt hyppigt i vurderingerne i de benyttede datasæt. Okker vides dog at kunne have stor betydning for de biologiske forhold i visse, især Syd- og Vestjyske, vandløb, hvorfor det medtages som parameter i indekset (billede 2)

Billede 2 Stampestrømmen



Et vandløbs bredde ændres ofte fra forløbet i skov til forløbet i det åbne land. Forskellen i vegetationens evne til at holde på brinkmaterialet gør, at vandløbet naturligt vil være smallere i det åbne land end i skoven (Jacobsen & Bojsen, 2002). En vurdering af bredden i forhold til arealanvendelsen på de vandløbsnære arealer vil skabe mulighed for at belyse betydningen heraf. Der findes i dag ingen generelle data, som fortæller, hvor meget bredden skal være ændret for, at der er tale om en egentlig

fysisk forstyrrelse. Vi ved dog fra vandløbsopmålinger i forbindelse med regulativudarbejdelsen i amterne, at en del vandløb er blevet 'overbrede' som følge af mange års intensiv vedligeholdelse. Variationen i vandløbs bredde er desuden en god indikator for, om der er sket en kanalisering af forløbet (Pedersen et al., 2004) (billede 3). Den maksimale dybde på strækningerne korrelerede ikke umiddelbart med tætheden af ørreder, og denne parameter kommer derfor ikke til at indgå direkte i det fremtidige indeks, men kan angives som supplerende oplysning. Der er fundet en nær sammenhæng mellem variationen i dybden og variationen i bredden. Da målingerne af bredden er mindre tidskrævende, vil det være en fordel at lade breddevariationen alene indgå i indekset.

Billede 3 Gindeskov Bæk.



For at balancere indekset, så det kan bruges både i lysåbne vandløb med planter og i skovvandløb, er det vigtigt, at de parametre, der knytter sig specifikt til den ene eller den anden type, balanceres, således at indeksværdierne tilnærmelsesvis bliver identiske i lysåbne og skovdækkede vandløb. I PCA-analysen af parametrene fra Århus-indekset på de 84 teststationer (figur 4.7) var både antallet af vegetationstyper i vandløbet og dækningen af betydning. Der var dog nogle problemer med at vurdere antallet af forskellige typer, der var til stede på strækningerne. I det fremtidige indeks indgår derfor dækningen af neddykkede planter sammen med dækningen af emergente planter. På denne måde adskilles to forskellige væksttyper; de opretstående emergente og de fleksible neddykkede planter. Begge parametre kan være påvirkede af grødeskæring, og derfor er der som udgangspunkt valgt en skala, hvor optimum (dvs. maksimal score) findes ved 40-80 % og 11-30 % for henholdsvis neddykkede og emergente planter. Disse intervaller vil kunne justeres, når der foreligger data fra vandløb i referencetilstand. I skovvandløb vil planterne oftest være fåtallige, mens andre elementer vil kunne dominere. Trærødder vil kunne udgøre et væsentligt fysisk element i vandløbskanten, både som skjul for fisk og som levested for makroinvertebraterne.

Tilstedeværelsen af underskårne brinker og nedhængende vegetation kan udgøre et væsentligt skjul for fisk. Ud fra analyserne (figur 4.10 og 4.11) er betydningen af disse parametre ikke særlig væsentlig. Dog udgør de elementer, som ikke umiddelbart er dækket af nogle af de andre parametre. Da begge parametre kan være påvirket af fysisk forstyrrelse og

ændret arealanvendelse på de vandløbsnære arealer, inddrages de, men kun med en vægt på 1. Når der foreligger data fra referencevandløb, vil det være muligt at revurdere begge parametres betydning, og vægten vil eventuelt kunne justeres. I mange tilfælde kan det være svært at vurdere, hvorvidt et vandløb er påvirket, blot ved at bestemme parametre, der er knyttet til vandløbsbunden. Derfor inddrages en vurdering af tværsnitsprofilernes udseende og arealanvendelsen på de vandløbsnære arealer. Ved at definere eksakte tværsnitstyper fra naturligt til kanaliseret profil kan det lade sig gøre at foretage en ensartet bedømmelse af forholdene. Et naturligt tværsnit vil supplere vurderingen af høl/stryg-sekvenser og slyngningsgraden. Ved at vurdere hvor stor en del af det vandløbsnære areal, der er upåvirket/svagt påvirket af menneskelig aktivitet, er det muligt at tilføje information om forstyrrelsesgraden i den korridor, som vandløbet gennemstrømmer. Strukturen og sammensætningen af denne korridor kan have afgørende betydning for dele af de biologiske og fysiske processer i og omkring vandløbet (Ward et al., 2001).

Den tætte korrelation mellem de biologiske parametre og substratforholdene, sammenholdt med vandløbsbundens generelle og afgørende betydning for de biologiske forhold, gør, at substraterne tillægges stor vægt i indekset. Groft substrat (grus og sten) skaber et varieret udbud af levesteder for bundlevende makroinvertebrater, og i de fleste naturlige vandløb vil der være en relativ høj dækning af disse substrater (Resh & Rosenberg, 1984). I modsætning hertil er mudder / blød bund ofte en indikator på forstyrrede forhold enten gennem udledninger af fint materiale eller langsomt strømmende vand som følge af reguleringer af vandløbet. Grus og sten vægtes med en faktor 2 og mudder / blød bund med en faktor (-2) i indekset. Mudderdækninger på op til 5 % vil ofte forekomme langs kanten af vandløbet og bag makrofytterne og regnes derfor ikke for noget negativt. Stor dækning af sand kan naturligt forekomme i vandløb, der gennemløber oplande uden groft materiale i jordbunden, men vil dog ofte forekomme, fordi der tilføres mere materiale til vandløbet, end der kan transporteres væk. Sand vægtes med 1 i indekset - dog vil dækninger over 75 % af vandløbsbunden ikke øge indekxsværdien, da dette kan være tegn på unaturlig stor sandvandring.

6 Nyt nationalt fysisk indeks

I nedenstående figur 6.1 er forslaget til et nyt dansk fysisk indeks præsenteret. I teorien går skalaen i det fysiske indeks fra -12 til 63, men i praksis vil der være meget få tilfælde, hvor man når ud i yderpunkterne på skalaen. Man vil normalt kunne forvente, at reference vandløb vil have værdier på mindst ca. 40, mens de mest fysisk forarmede vandløb vil have værdier på 5 og derunder (se i øvrigt afsnit 7.6). Forslaget er som udgangspunkt indarbejdet i det nationale overvågningsprogram NOVANA, og det er håbet, at det vil fungere som officiel metode til vurdering af fysisk kvalitet i vandløb i forbindelse med det regionale tilsyn og andre relaterede opgaver. Det er yderligere hensigten, at det nye indeks skal indgå som kvalitetselement ved implementering af Vandrammedirektivet.

Strækingsparametre:	Intensitet (i: 0-3)	Faktor (F)	Værdi (= i x F)
Høller og stryg – % af optimalt antal (0: Ingen, 1: 1-25%, 2: 26-75%, 3: >75%)		+2	
Slyngningsgrad (0: Lige, 1: Svagt sinuøst, 2: Sinuøst, 3: Mæandrerende)		+1	
Tværsnitsprofil (0: Kanaliseret, 1: Semi-naturligt (dybt), 2: Semi-naturligt, 3: Naturligt)		+2	
Bredde variation (0: CV=0-10%, 1: CV=11-25%, 2: CV=26-50%, 3: CV>50%)		+2	
Underskårne brinker – % af strækning (0: Ingen, 1: 1-25%, 2: 26-50%, 3: >50%)		+1	
Bredde af upåvirket vandløbsnært areal (0: 0-2 m, 1: 2-5 m, 2: 5-10 m, 3: >10 m)		+1	
Vandløbsparametre:			
Nedhængende vegetation – % af brink (0: Ingen, 1: 1-25%, 2: 26-50%, 3: >50%)		+1	
Højenergi hastighed – % af vandløb (0: Ingen, 1: 1-10%, 2: 11-25%, 3: >25%)		+1	
Rødder i vandløbet – % af strækning (0: Ingen, 1: 1-10%, 2: 11-25%, 3: >25%)		+1	
Emergent vegetation – % af tværsnit (0: 0-10%, 1: >60%, 2: 31-60%, 3: 11-30%)		+1	
Undervandsvegetation (0: 0-10%, 1: >80%, 2: 11-40%, 3: 40-80%)		+1	
Anden fysisk variation % af strækning (0: Ingen, 1: 0-10%, 2: 11-20%, 3: >20%)		+2	
Okkerbelastning – % af strækning (0: Ingen, 1: Svag, 3: Udbredt)		-2	
Substratparametre:			
Stendækning – % af strækning (0: Ingen, 1: 1-10 %, 2: 11-25%, 3: >25%)		+2	
Grusdækning – % af strækning (0: Ingen, 1: 1-10%, 2: 11-25%, 3: >25%)		+2	
Sanddækning – % af strækning (0: >75%, 1: 51-75%, 2: 26-50%, 3: 0-25%)		+1	
Dækning af mudder/slam – % af strækning (0: 0-5%, 1: 6-10%, 2: 11-25%, 3: >25%)		-2	
Supplerende parametre:			
Dybe partier (d >40 cm) på strækningen (0: Ingen, 1: 0-10%, 2: 11-25%, 3: >25%)			
Er der udviklet et sekundært profil i vandløbet (ja/nej)			
Strækningen er ét langt stryg (groft substrat, stort fald, hurtig strøm) (ja/nej)			
Indeksværdi (sum af værdikolonne)			

Figur 6.1 Forslag til Dansk fysisk indeks – april 2004.

Indekset beskriver som omtalt tidligere andre aspekter af den økologiske tilstand end faunaklassen og er derfor et vigtigt supplement til at vurdere, om de fastlagte mål om mindst god økologisk tilstand kan opfyldes. Fremover vil der i medfør af Vandrammedirektivet skulle anvendes endnu flere kvalitetselementer, bl.a. indices for planter og fisk (Baattrup-Pedersen et al., 2005).

6.1 Fremtidigt arbejde med det fysiske indeks

Det foreslåede indeks dækker stort set behovet for en standardiseret metode til vurdering af fysisk kvalitet i danske vandløb. Der vil dog i fremtiden skulle udvikles et indeks til brug i store vandløb, hvor dybden gør, at forhold på bunden ikke kan vurderes.

Det opstillede indeks, parametrene og de vægte, der er tilknyttet, skal igennem en fase, hvor de bliver testet, dels på regionalt niveau og dels gennem brug i forbindelse med NOVANA. Det vil derfor være nødvendigt at følge op på det foreliggende arbejde, når der er samlet data ind både fra referencevandløb og fra fysisk påvirkede vandløb. Erfaringerne vil herefter kunne bruges til at justere de vægte, der er tilknyttet de enkelte parametre, samt til at udvikle beskrivelsen af parametrene, så vurderingen kan blive standardiseret. Når indekset i fremtiden ændres, eller der justeres på sammensætningen af parametrene, er det vigtigt at sikre, at der kan omregnes mellem de forskellige versioner af indekset.

Når der er indsamlet tilpas mange data fra både fysisk påvirkede vandløb og vandløb i referencetilstand, vil det desuden være muligt endeligt at opstille egentlige kvalitetsklasser i henhold til Vandrammedirektivet. Sammen med det fysiske indeks bør der indsamles supplerende oplysninger om forholdene på prøvetagningslokaliteten og i oplandet. Dette skal sikre, at det er muligt at identificere de forskellige påvirkninger af vandløbet, herunder at vurdere om den evt. fysiske forstyrrelse er den eneste påvirkning.

7 Anbefalinger vedrørende det videre arbejde med fysisk indeks

7.1 Videreudvikling af det foreslåede indeks

Det opstillede indeks, parametrene og de vægte, der er tilknyttet, skal testes dels på regionalt niveau og dels gennem brug i forbindelse med NOVANA-overvågningsprogrammet. Det vil derfor være nødvendigt at følge op på det foreliggende arbejde, når der er samlet data ind både fra referencevandløb og fra fysisk påvirkede vandløb. Erfaringerne vil herefter kunne bruges til at justere de vægte, der er tilknyttet de enkelte parametre, samt til at udvikle beskrivelsen af parametrene, så vurderingen kan blive standardiseret. Efter en analyse af de første års data kan man vurdere, om det er nødvendigt at tilføje eller fjerne parametre. Når indekset i fremtiden ændres, eller der justeres på sammensætningen af parametrene, er det vigtigt at sikre sig, at der kan omregnes mellem de forskellige versioner af indekset. Dette kunne gøres ved at have et fast net af stationer, hvor indekset testes løbende og ved ændringer. Nettet skal i givet fald omfatte vandløb med forskellig fysisk kvalitet og dække de forskellige vandløbstyper, der findes i Danmark.

7.2 Fastlæggelse af den fysiske naturtilstand (referencetilstand)

Indekset er afprøvet på en række strækninger, der repræsenterer en gradient i fysisk kvalitet fra dårlige forhold til forhold, der minder om naturtilstanden. Det har ikke været en del af projektet at opdele vandløbene i typer eller at fastlægge variationen i de fysiske forhold for vandløb, der er i naturtilstand (referencetilstand).

Det er arbejdsgruppens vurdering, at en fastlæggelse af den naturlige variation i de fysiske forhold i vandløbene vil være en nødvendighed for at kunne bruge det fysiske indeks optimalt, bl.a. i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet. Variationen i de fysiske forhold er stærkt styret af den mængde vand, der løber gennem vandløbet, geologien i oplandet og det fald, der er til rådighed ved vandets bevægelse. Derfor kunne det overvejes, om fastlæggelsen af den fysiske referencetilstand skulle foregå efter en typologi baseret på følgende tre parametre:

- Størrelse (bredde eller oplandsstørrelse som mål for vandføring)
- Geologi (sandet eller leret jordbund)
- Fald (lille / stor vandspejls- og bundhældning)

Når variationen i referencetilstanden fastlægges, er det vigtigt, at dette sker både for den enkelte parameter i indekset og for indekssværdien. I teorien kan der være store variationer i de enkelte parameterværdier fra sted til sted, men når den samlede indekssværdi beregnes, kan variationen vise sig at være væsentligt mindre end for parametrene. Når variationen i de enkelte parameterværdier og indekssværdier er fastlagt, kan det

derfor vise sig nødvendigt at inkludere supplerende eller fjerne enkelte parametre i indekset for at gøre indekssværdierne mere reproducerbare og tage højde for den naturlige variation i de enkelte typer.

7.3 Supplerende indeks

Det foreslåede indeks kan bruges i cirka 75 % af alle danske vandløb og dækker derfor stort set behovet for en standardiseret metode til vurdering af fysisk kvalitet i danske vandløb, der kan undersøges ved vadning i selvet vandløbet. Der vil dog i fremtiden skulle udvikles et indeks til brug for de typer af vandløb, hvor indekset ikke er velegnet. Disse vandløb kan groft deles i tre grupper:

- Vandløb med naturligt ringe fald på hævet havbund eller sandede jorder
- Kildevandløb / kildebække
- Store og dybe vandløb (typisk vandløb der er bredere end 10 m)

Disse tre grupper af vandløb er alle karakteriseret ved naturligt at have mindre variation i de parametre, som indgår i det fysiske indeks. Det er derfor nødvendigt enten at undlade at vurdere dem ud fra det nuværende fysiske indeks eller alternativt at opstille indeks, der tager højde for den fysiske struktur i disse vandløb.

7.4 Indsamling af supplerende oplysninger

Sammen med det fysiske indeks bør der indsamles supplerende oplysninger om forholdene på prøvetagningslokaliteten og i oplandet. Dette skal sikre, at det er muligt at identificere de forskellige påvirkninger af vandløbet, herunder at vurdere om den evt. fysiske forstyrrelse er den eneste påvirkning. Et bud på hvilke supplerende oplysninger, der kan være nødvendige, er vist i Bilag 1.

7.5 Sammenhæng mellem fysisk indekssværdi og vandløbets målsætning – eksempel fra Århus Amt

I amternes hidtidige regionplaner er der fastsat en målsætning for vandløbene (jf. Miljøstyrelsens vejledning nr. 1, 1983). Ifølge disse planer skal vandløbene være egnede til særligt naturvidenskabeligt interesseområde (A), gyde- og opvækstområde for laksefisk (B1), laksefiskevand (B2), karpefiskevand (B3), eller der kan være tale om, at vandløbene af forskellige grunde har en lempet målsætning (C-F). Grundliggende er det imidlertid de naturgivne fysiske forhold, som er afgørende for, om vandløbene kan være egnede til gyde- eller opvækstområder for forskellige fisk, ligesom disse forhold også er afgørende for livsvilkårene for planter og smådyr. Helt generelt bør det tilstræbes, at den fysiske kvalitet er så tæt på vandløbets naturlige tilstand som muligt, men da de naturgivne fysiske forhold varierer, er det en fordel, hvis der for de enkelte målsætninger kan stilles nogle generelle minimumskrav til den aktuelle fysiske vandløbskvalitet.

I det følgende er der som eksempel gennemgået, hvilke krav der vil kunne stilles til den fysiske kvalitet for opfyldelse af de målsætninger, der er anvendt for vandløbene i Århus Amt. De angivne værdier for det fysiske indeks kan betragtes som en slags "oversættelse" af de tidligere værdier fra Århus-indekset.

De generelle krav skal som nævnt angive, hvornår det normalt forventes, at vandløbet har en tilfredsstillende fysisk kvalitet. I vandløb, der skal være hjemsted for laksefisk (B1-B2), lægges der vægt på en forholdsvis høj grad af fysisk variation med tilstedeværelse af fx høller og stryg, sten- og grusbund og skjul i form af fx underskårne brinker og grøde. Omvendt vil et vandløb med lille dybde- og breddevariation og eventuelt med blød, ustabil bund normalt ikke tilfredsstille krav til ørredvandløb. I vandløb, som er målsat med en generel målsætning, men uden fiskeinteresser (betegnes i Århus Amt B0), vil der som regel naturligt være en mindre fysisk variation i forhold til laksefiskevand, bl.a. fordi disse vandløb ofte er meget små. Imidlertid er sten- og grusbund, grøde og andre former for substrat også her vigtige for smådyrene. I vandløb, som er målsat som karpefiskevand (B3), accepteres normalt en noget mindre fysisk variation. I vandløb, som er tildelt en lempet målsætning (C,D,F), accepteres normalt en ret lille fysisk variation. Dette er fx tilfældet for afvandringsgrøfter og pumpekanaler.

På baggrund heraf er der for målsatte vandløb i Århus Amt opstillet en matrix, hvor den aktuelt fundne indeksværdi for et givet vandløb kan sammenholdes med de indeksværdier, som udtrykker den kvalitet, der normalt forventes, når vandløbet opfylder sin målsætning. Ud fra bedømmelsen kan det således afgøres, om de fysiske forhold er tilfredsstillende set i forhold til vandløbets målsætning. Det kan her angives, om tilstanden er 1 - God, 2 - Acceptabel, 3 - Ikke acceptabel eller 4 - Dårlig i relation til målsætningen. Denne inddeling i fire klasser svarer til den inddeling, der hidtil er anvendt for Århus-indekset. Kravene til indeksværdier bør være forskellige afhængig af vandløbets målsætning, idet der - som ovenfor beskrevet - er forskellige krav til den fysiske variation.

Målsat	God	Acceptabel	Ikke acceptabel	Dårlig
A*/B1	> 35	[28-34]	[20-27]	< 20
B2	> 28	[20-27]	[13-19]	< 13
A**/B0	> 22	[14-21]	[7-13]	< 7
B3	> 20	[12-19]	[5-11]	< 5

*A: A-målsatte vandløb med fiskeinteresse

**A: A-målsatte vandløb uden fiskeinteresse

I et B1-vandløb, der opnår en indeksværdi på mere end 35, vil de fysiske forhold således blive bedømt som værende gode. I et B3-vandløb, der opnår en indeksværdi på mindre end 5, vil de fysiske forhold derimod blive bedømt værende dårlige. På tilsvarende vis kan andre vandløb indplaceres. Der er ikke angivet værdier for lempet målsatte vandløb, idet disse vandløb er omfattet af en betydelig menneskelig påvirkning, hvis omfang og indvirkning på de fysiske forhold er vanskelig at fastlægge generelt.

Det bør understreges, at vurderingen af sammenhængen mellem det fysiske indeks og målsætningen kun gælder for Århus Amts vandløb.

Skemaet kan ikke umiddelbart bruges i andre amter, medmindre der i regionplanerne ligger samme kriterier til grund for fastlæggelsen af målsætningerne og vurdering af målopfyldelsen.

7.6 Opdeling i fysiske kvalitetsklasser

På baggrund af data indsamlet i NOVANA overvågningsprogrammet og i specialeprojekter er det muligt at opstille en skala til klassificering af den fysiske kvalitet. Der er valgt en inddeling i fem klasser som i EU's Vandrammedirektiv, og det skal understreges, at den valgte opdeling er forfatterens vurdering på baggrund af de indsamlede data. Det er nødvendigt at justere denne skala, dels når der foreligger data fra referencevandløb, og dels når der er samlet tilstrækkeligt med data fra vandløb langs hele gradienten af fysisk påvirkning. På den foreslåede skala er der et overlap i parameterværdier mellem de enkelte klasser. Dette viser, at en fastlæggelse ikke er mulig på nuværende tidspunkt, men at grænsen sandsynligvis ligger i intervallet, der overlapper mellem to klasser. Den højeste værdi som indekset kan antage er 63, og minimumsværdien er -12. Indeks værdien når dog sjældent over 40-45, fordi der indgår parametre, der udelukkende knytter sig til skovvandløb og udelukkende til planterige vandløb. I praksis kan en strækning altså ikke opnå maksimal værdi.

Kvalitetsklasse	Fysisk Indeks værdi
Høj	>38
God	25 – 40
Moderat	13 – 30
Ringe	0 – 15
Dårlig	-12 – 5

8 Referencer

Baatrup-Pedersen, A., Friberg, N., Pedersen, M.L., Skriver, J., Kronvang, B. & Larsen, S., 2004. Anvendelse af Vandrammedirektivet for danske vandløb. Faglig Rapport fra DMU nr. 499.145 s.

Dansk Standard, 2005. Vandundersøgelse - Vejledningsstandard til bedømmelse af de hydromorfologiske egenskaber i vandløb. DS/EN 14614:2005.

Hall Jr., L. Morgan II, R.P, Perry, E.S. & Waltz, A., 2002. Development of a provisional physical habitat index for Maryland freshwater streams. *Environmental Monitoring and Assessment*, 77, 265-291.

Jacobsen, D. & Bojsen, B., 2002. Macroinvertebrate drift in Amazon streams in relation to riparian forest cover and fish fauna. *Archiv Für Hydrobiologie* 155(4), 177-197.

Jeffers, J. N. R., 1998. Characterization of river habitats and prediction of habitat features using ordination techniques. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 8(4): 529-540.

Kaarup, P., 1999. Indeks for fysisk variation i vandløb. *Vand og Jord* 6(4): 136-139.

Kern, K., Fleischhacker, T., Sommer, M. & Kinder, M., 2002. Ecomorphological survey of large rivers – Monitoring and assessment of physical habitat conditions and its relevance to biodiversity. *Archiv Für Hydrobiologie* 141 (Supplement 1/2), 1-28.

Parsons, M., Thoms, M.C. & Norris, R.H., 2004 Development of a standardised approach to river habitat assessment in Australia. *Environmental Monitoring and Assessment* 77 (1-3), 109-130.

Pedersen, M.L. & Baatrup-Pedersen, A.(red.), 2003. Økologisk overvågning i vandløb og på vandløbsnære arealer under NOVANA 2004-2009. Teknisk Anvisning fra DMU nr. 21.

Pedersen, M.L., Friberg, N. & Larsen, S.E., 2004. Physical habitat structure in Danish lowland streams. *River Research and Applications* 20 (6), 653-669.

Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Dawson, F.H., Fox, P.J.A, Everard, M., Fozzard, I.R. & Rouen, K.J., 1998a. River Habitat Quality - the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man. Bristol, Environment Agency: 85.

Raven, P. J., Holmes, N. T. H., Dawson, F.H. & Everard, M., 1998b. Quality assessment using River Habitat Survey data. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 8(4): 477-499.

Resh, V.H. & Rosenberg, D.M. (red.), 1984. The ecology of aquatic insects. Preager Scientific, New York.

Ward, J.V., Malard, F. & Tockner, K., 2001. Landscape ecology: a framework for integrating pattern and process in river corridors. *Landscape Ecology* 17 (suppl. 1), 35-45.

Bilag 1.

Forslag til supplerende oplysning ved brug af fysisk indeks

Stationsidentifikation

1. Vandløb	2. Lokalitet	3. Vandløbssystem
4. Amt	5. Prøvetager	6. Dato
7. UTM Northing	8. UTM Easting	9. Stationstype
10. Skitse af strækning:		

Oplands- og lokalitetskarakteristika

11. Vandløbsorden (Strahler)	12. Oplandsareal (km ²)	13. Afstand til kilde (m)	14. Vandløbsbredde (m)
15. Arealanvendelse (%-fordeling) Bebyggelse og tekniske anlæg Dyrket land Skov Plantage / nåleskov Naturarealer Vådområder Ferskvand		16. Jordtyper i opland (%-fordeling) Grovsandet jord (F1) Finsandet jord (F2) Grov lerblandet sandjord (F3) Grov sandblandet lerbland (F4) Lerjord (F5) Svær lerbland (F6) Humusholdig jord (F7) Speciel jordtype (F8)	
17. Topografi Højeste punkt i oplandet (m. DNN) Laveste punkt i oplandet (m. DNN) Differens (m) Kote på målestation (m DNN)		18. Organisk belastning Spredt bebyggelse (PE) Kloakerede områder (PE) Dyreenheder (DE)	

Ådal og vandløbsnært areal

19. Ådalsudformning

Smal V-form

[]



Ingen tydelig ådal

[]



Smal U-form (<100 m bred)

[]



Bred U-form (>100 m bred)

[]



20. Arealanvendelse i ådalen indenfor 50 m fra vandløbet (10% intervaller)

Mose

Græsset eng

Ugræsset eng

Plantage

Hede

Krat

Skov

Veje

Brakmark

Rørsump

Dyrket mark

Have

Vandløbets form

21. Vandløbets form

Lige naturligt

[]



Kanaliseret



Sinuiøst

[]



Mæandrerende



22. Dominerende tværsnitsprofil type

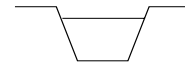
Naturligt

[]



Dyb kanaliseret

[]



Flad kanaliseret

[]



Overhængende brinker

[]



Påvirkninger af vandløbet

23. Nedtrådte brinker Ingen ☐ 1 sted ☐ 2-5 steder ☐ Udbredt (dvs. >5 steder) ☐			
24. Hegning Højre side (ja/nej) ☐ Hvis (ja) afstand fra vandkant ☐ m Længde ☐ m		Venstre side (ja/nej) ☐ Hvis (ja) afstand fra vandkant ☐ m Længde ☐ m	
25. Tydelige tegn på nylige indgreb			
Kanalisering (ja/nej) ☐	Udgravning (ja/nej) ☐	Fiksering af profil (ja/nej) ☐	
Vandløbets vegetation fjernet (ja/nej) ☐		Brink vegetation fjernet (ja/nej) ☐	
26. Grødeskæringspraksis i måleåret			
Skæring i fuld bredde ☐		Netværksskæring ☐	
Strømrendskæring mindre end ½ bredde ☐		Strømrendskæring mere end ½ bredde ☐	
Frekvens:	1 gang pr år ☐	2 gange pr år ☐	> 2 gange pr år ☐
Materiel:	Le ☐	Grødeskæringsbåd ☐	Mejekurv ☐
27. Ændringer i grønbeskæringspraksis indenfor de seneste 5 år (ja/nej) ☐			
Hvis JA, hvori består ændringer (benyt termer fra ovenstående opgørelse i punkt 26)			
Fra metodetil metode.....			
Fra frekvenstil frekvens.....			
Fra materieltil materiel.....			
28. Tegn på kemisk belastning			
Okker (ja/nej) ☐		Spildevand (ja/nej) ☐	
Spredt bebyggelse (ja/nej) ☐		Anden (ja/nej) ☐ hvilken.....	
29a. Påvirkning fra søer		29b. Påvirkning fra søer	
Sø opstrøms (ja/nej) ☐	Afstand ☐ km	Sø nedstrøms (ja/nej) ☐	Afstand ☐ km
30a. Påvirkning fra dambrug		30b. Påvirkning fra dambrug	
Dambrug opstrøms (ja/nej) ☐	Afstand ☐ km	Dambrug nedstrøms (ja/nej) ☐	Afstand ☐ km
31. Spærringer i vandløbet			
Antal spærringer i vandløbet:		Opstrøms ☐	Nedstrøms ☐
Afstand til nærmeste spærring		Opstrøms ☐ km	Nedstrøms ☐ km
32. Spærringer i vandløbssystemet			
Antal spærringer i vandløbssystemet:		Opstrøms ☐	Nedstrøms ☐
33a. Passageforhold ved opstrøms spærring			
Er der etableret fiskepassage ved spærringen? (ja/nej):		☐ hvis ja,	
Er passagen funktionsdygtig?	Ikke fungerende ☐	Delvist fungerende ☐	Velfungerende ☐
33b. Passageforhold ved nedstrøms spærring			
Er der etableret fiskepassage ved spærringen? (ja/nej):		☐ hvis ja,	
Er passagen funktionsdygtig?	Ikke fungerende ☐	Delvist fungerende ☐	Velfungerende ☐
34. Påvirkning af hydrologisk regime			
Er det hydrologiske regime på strækningen påvirket? (ja/nej)		☐	
Hvad forårsager påvirkningen?			
Kunstig sø (kraftværk, mølledam) ☐	Dræning i opland ☐	Grundvandsindvinding ☐	
Andet, angiv påvirkning ☐			

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.	På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.	Her kan du også finde en database over alle DMU's udgivelser fx videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 4000 Roskilde Tlf.: 4630 1200 Fax: 4630 1114	Direktion Personale- og Økonomisekretariat Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Systemanalyse Afdeling for Atmosfærisk Miljø Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi Afdeling for Arktisk Miljø
Danmarks Miljøundersøgelser Vejløsvej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf.: 8920 1400 Fax: 8920 1414	Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Terrestrisk Økologi Afdeling for Ferskvandsøkologi
Danmarks Miljøundersøgelser Grenåvej 14, Kalø 8410 Rønde Tlf.: 8920 1700 Fax: 8920 1515	Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No. 2006

- 589 Denmark's National Inventory Report – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1990-2004. Emission Inventories. By Illerup, J.B. et al. 554 pp.
- 588 Agerhøns i jagtsæsonen 2003/04 – en spørgebrevundersøgelse vedrørende forekomst, udsætning, afskydning og biotoppleje. Af Asferg, T., Odderskær, P. & Berthelsen, J.P. 47 s.
- 586 Vurdering af de samfundsøkonomiske konsekvenser af Kommissionens temastrategi for luftforurening. Af Bach, H. et al. 88 s.
- 585 Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i vandmiljøet. Tilstand og udvikling, 1998-2003. Af Boutrup, S. et al. 140 s.
- 584 The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2005. By Kemp, K. et al. 40 pp.
- 582 Arter 2004-2005. NOVANA. Af Søgaard, B., Pihl, S. & Wind, P. 145 s.
- 580 Habitatmodellering i Ledreborg Å. Effekt af reduceret vandføring på ørred. Af Clausen, B. et al. 58 s.
- 579 Aquatic and Terrestrial Environment 2004. State and trends – technical summary. By Andersen, J.M. et al. 136 pp.
- 578 Limfjorden i 100 år. Klima, hydrografi, næringsstoftilførsel, bundfauna og fisk i Limfjorden fra 1897 til 2003. Af Christiansen, T. et al. 85 s.
- 577 Limfjordens miljøtilstand 1985 til 2003. Empiriske modeller for sammenhæng til næringsstoftilførsler, klima og hydrografi. Af Markager, S., Storm, L.M. & Stedmon, C.A. 219 s.
- 576 Overvågning af Vandmiljøplan II – Vådområder 2005. Af Hoffmann, C.C. et al. 127 s.
- 575 Miljøkonsekvenser ved afbrænding af husdyrgødning med sigte på energiudnyttelse. Scenarieanalyse for et udvalgt opland. Af Schou, J.S. et al. 42 s.
- 574 Økologisk Risikovurdering af Genmodificerede Planter i 2005. Rapport over behandlede forsøgsudsætninger og markedsføringssager. Af Kjellsson, G., Damgaard, C. & Strandberg, M. 22 s.
- 573 Monitoring and Assessment in the Wadden Sea. Proceedings from the 11. Scientific Wadden Sea Symposium, Esbjerg, Denmark, 4.-8. April 2005. By Laursen, K. (ed.) 141 pp.
- 572 Søerne i De Vestlige Vejler. Af Søndergaard, M. et al. 55 s.
- 571 VVM på husdyrbrug – vurdering af miljøeffekter. Af Nielsen, K. et al. 52 s.
- 570 Conservation status of bird species in Denmark covered by the EU Wild Birds Directive. By Pihl, S. et al. 127 pp.
- 569 Anskydning af vildt. Konklusioner på undersøgelser 1997-2005. Af Noer, H. 35 s.
- 568 Vejledning om godkendelse af husdyr. Faglig rapport fra arbejdsgruppen om ammoniak. Af Geels, C. et al. 87 s.
- 567 Environmental monitoring at the Nalunaq Gold Mine, south Greenland, 2005. By Glahder, C.M. & Asmund, G. 35 pp.
- 566 Begrænsning af fosfortab fra husdyrbrug. Metoder til brug ved fremtidige miljøgodkendelser. Af Nielsen, K. et al. 41 s.
- 565 Dioxin in the Atmosphere of Denmark. A Field Study of Selected Locations. The Danish Dioxin Monitoring Programme II. By Vikelsøe, J. et al. 81 pp.
- 564 Styringsmidler i naturpolitikken. Miljøøkonomisk analyse. Af Schou, J.S., Hasler, B. & Hansen, L.G. 36 s.

2005

- 563 Scientific and technical background for intercalibration of Danish coastal waters. By Petersen, J.K. & Hansen, O.S. (eds.) et al. 72 pp.
- 562 Nalunaq environmental baseline study 1998-2001. By Glahder, C.M. et al. 89 pp.
- 561 Aquatic Environment 2004. State and trends – technical summary. By Andersen, J.M. et al. 62 pp. (also available in print edition, DKK 100)
- 560 Vidensyntese indenfor afsætning af atmosfærisk ammoniak. Fokus for modeller for lokal-skala. Af Hertel, O. et al. 32 s.

[Tom side]

Rapporten beskriver opstillingen af et nationalt fysisk indeks til vurdering af den fysiske kvalitet i vadbare vandløb. Opstillingen af indekset er baseret på en aftestning af to forskellige fysiske indeks på en række forskellige vandløb. På baggrund af resultaterne fra aftestningen samt inddragelse af supplerende data fra ca. 900 stationer i Århus Amt, vurderes det hvilke parametre, der har betydning for den fysiske kvalitet i danske vandløb. Sammenhænge mellem de enkelte fysiske variable og biologiske indikatorer som Dansk Vandløbsfauna Indeks (DVFI) og ørredtætheder blev brugt til at vurdere den biologiske relevans af de enkelte parametre. Ved brug af regressionsanalyser, korrelationsanalyser og multivariate metoder blev der identificeret 17 parametre, som blev inkluderet i det foreslåede fysiske indeks, samt 3 supplerende parametre, som ikke indgår i selve indekset, men som har betydning for vurderingen af vandløbets potentiale som ørredhabitat. Rapporten sluttet af med en række anbefalinger for det videre arbejde med et nationalt fysisk indeks. Ydermere beskrives det nødvendige arbejde, der skal udføres for, at indekset kan bruges i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet og i den lokale administration af vandløbene.