

Kvalitetssikring av bunndyrbestemmelser i Norge



Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

Uni Research Miljø

Nygårdsgaten 112
5008 Bergen

Telefon: 55 58 22 28

ISSN nr: ISSN 1892-8889

LFI-rapport nr: 315

Tittel: Kvalitetssikring av bunndyrbestemmelser i Norge

Dato: 29.06.2018

Forfattere: Gaute Velle (Uni Research), Knut Andreas Bækkeli (NINA) Jo Vegard Arnekleiv (LFI, Trondheim), Terje Bongard (NINA), Trond Bremnes (LFI Oslo), Johnny Hall (NIVA), Godtfred Anker Halvorsen (Uni Research), Ida Dahl-Hansen (Akvaplan NIVA), Arne Johansen (Uni Research), Gaute Kjærstad (LFI Trondheim), Torunn Landås (Uni Research), Svein Jakob Saltveit (LFI Oslo), Trond Stabell (Fauna Naturforvaltning)

Geografisk område: Norge

Oppdragsgiver: Miljødirektoratet

Antall sider: 31

Emneord: ringtest, interkalibrering, vannforskriften, taksonomi, artsbestemmelse, økologisk tilstand

Sitatforslag:

Gaute Velle, Knut Andreas Bækkeli, Jo Vegard Arnekleiv, Terje Bongard, Trond Bremnes, Johnny Hall, Godtfred Anker Halvorsen, Ida Dahl-Hansen, Arne Johansen, Gaute Kjærstad, Torunn Landås, Svein Jakob Saltveit, Trond Stabell. 2018: Kvalitetssikring av bunndyrundersøkelser i Norge. Uni Research Miljø LFI rapport 315. Uni Research Bergen. ISSN 1892-8889

Sammendrag:

Bunndyr er viktige indikatororganismer i overvåkingen av ferskvann i Norge, og bunndyr er ett av fire kvalitetselementer i vannforskriften for vurdering av økologisk tilstand. Til tross for at bunndyr brukes i tilstandsvurdering, stilles det ikke formelle krav til kvalitetssikring av laboratorier eller aktører som utfører bunndyrundersøkelser, og de fleste deltar ikke i ringtester eller interkalibrering av metoder og artsbestemmelser. Vi har gjennomført den første sammenlikning av bunndyrbestemmelser i Norge som en ringtest der syv laboratorier bestemte de samme bunndyrene.

Testen viste at artsbestemmelser varierer mer enn forventet mellom laboratoriene. Flere rapporterte signifikant forskjellig antall taksa og artssammensetning. Forskjellene ble funnet i prøver fra ulike regioner og habitater. Ulikhetene førte til at klassifisering av økologisk tilstand til en viss grad var avhengig av aktøren som utførte artsbestemmelsene. For Forsuringsindeks 1 fikk 6 % av lokalitetene avvikende klassegrense sammenliknet med majoriteten av aktørene, 7 % av lokalitetene var avvikende for RAMI, 16 % avvikende for Forsuringsindeks 2, 24 % avvikende for Multiclear og 26 % avvik for ASPT. De fleste avvikene gikk over en tilstandsklasse, men variasjoner forekom opptil fire tilstandsklasser. Ringtesten gir ikke grunnlag for å rangere laboratoriene eller aktørene etter kvaliteten på sitt taksonomiske arbeide siden vi mangler en fasit.

Resultatene viser imidlertid tydelig viktigheten av interkalibrering av bunndyrbestemmelser i Norge. Vi anbefaler derfor at laboratorier og aktører som utfører bunndyrbestemmelser, og spesielt i forbindelse med vannforskriften, skal delta i regelmessige ringtester. Ringtesting er forventet å bidra til å øke kvaliteten på det taksonomiske arbeidet ved de involverte laboratoriene, redusere feil i tilstandsklassifiseringen, bidra til at resultater er sammenliknbare mellom laboratorier og mellom lokaliteter, og øke kvaliteten på bunndyrdatabasene. Videre anbefaler vi at det bør stilles krav til taksonomisk kompetanse hos den aktør som gjennomfører bunndyrundersøkelser knyttet til vurdering av økologisk tilstand, og at en liste over sentral bestemmelseslitteratur gjøres tilgjengelig for aktører som utfører bunndyrundersøkelser. Vi presenterer en slik liste i denne rapporten. Tid og kvalitet hører sammen. Som en siste anbefaling bør derfor oppdragsgiver påregne tilstrekkelige ressurser til grundig taksonomisk arbeid.

Innhold

1	Innledning.....	6
2	Metoder.....	7
3	Resultater	9
4	Diskusjon	21
5	Anbefalinger	22
6	Bestemmelseslitteratur for bunndyrundersøkelser i Norge	25
7	Referanser	30

1 Innledning

EUs rammedirektiv for vann gir føringer for en helhetlig vannforvaltning i Europa. Vanddirektivet skal fremme en helhetlig vannforvaltning med utgangspunkt i økologisk tilstand i ferskvann, kystvann og grunnvann. Direktivet er ratifisert i norsk lovgivning gjennom vannforskriften. Bunndyr er ett av fire kvalitetselementer i vannforskriften for vurdering og klassifisering av økologisk tilstand i vannforekomster. Det stilles ikke formelle krav til laboratorier eller aktører som utfører bunndyrundersøkelser i Norge. De fleste laboratoriene er ikke kvalitetssikret verken hva angår metoder eller artsbestemmelser, f.eks. gjennom ringtester. Dette er bekymringsfullt siden metoder og artsbestemmelser er avgjørende for klassifiseringen av økologisk tilstand. I tillegg rapporteres bunndyrdata som er fremskaffet under arbeid med vannforskriften til Vannmiljø. Mangel på kvalitetssikring gjør at man ikke kjenner kvaliteten til data for limniske bunndyr som er registrert i Vannmiljø, og kan føre til brudd/ avvik i tidsserier, for eksempel dersom en ny konsulent overtar overvåkingen av et vassdrag. Gode bunndyrdatabaser har også en merverdi utover arbeid med vannforskriften, for eksempel innen forskning, se for eksempel Velle m.fl. (2013, 2016), som benyttet bunndyrdatabaser fra basisovervåkingen til undersøkelser av biologisk mangfold.

Det har tidligere blitt vist at resultatene av bunndyrundersøkelser kan variere mellom laboratorier (Petrin m. fl., 2016). Resultatene kan variere, selv med standard protokoll for metoder for innsamling i felt og sortering i lab. Forskjellene kan skyldes at protokollen ikke følges, og/eller at den ikke er nok detaljert, og/ eller at forskjellene kan påvirkes av artsbestemmelser.

Målsettingen med den gjennomførte testen var derfor å finne om artsbestemmelser varierer mellom laboratorier, og om eventuelle forskjeller påvirker klassifisering av økologisk tilstand og biologisk mangfold. Basert på resultatene ønsket vi å finne om det er behov for å gjennomføre rutinemessig kvalitetssikring av artsbestemmelser i Norge. Det vil være lite hensiktsmessig å bruke ressurser på kvalitetssikring dersom bunndyrbestemmelsene allerede holder høy kvalitet og er samkjørte mellom ulike laboratorier og aktører. Ulikheter, derimot, bør gi grunn til bekymring og bør kreve videre oppfølging. Testen hadde også som delmål å øke den taksonomiske kompetansen blant deltakerinstitusjonene. Gjennom arbeidet ønsket vi å lære av hverandre, øke kvaliteten på det taksonomiske arbeidet og å harmonisere artsbestemmelser. Vi har også laget en oversikt over sentral bestemmelseslitteratur for bunndyr. Med mange års erfaring i tilsvarende interkalibrering gjennom det internasjonale samarbeidet i ICP-waters (se f. eks Raddum 1993, Fjellheim m. fl. 2011, Halvorsen m. fl. 2017) var Uni Research Miljø var ansvarlig for å gjennomføre testen.

2 Metoder

Allerede innsamlede og artsbestemte like prøver av bunndyr ble sirkulert mellom institusjonene som deltok i prosjektet (Tabell 1). Bunndyrene var innsamlet i ulike prosjekter og lokaliteter i Norge, og deretter artsbestemt av Uni Research Miljø. Prøvene er samlet i elver, littoralsonen i innsjøer og fra utløpselven i de samme innsjøene, og innsamlet som semi-kvantitative sparkeprøver ved hjelp av håv (maskevidde 250 µm) (Tabell 2).

Tabell 1. Deltakende institusjoner i ringtesten sortert etter rekkefølgen som institusjonene artsbestemte prøvene. Institusjonens forkortelse er også inkludert, samt kommentarer. Forkortelsene er brukt videre i rapporten.

Lab og rekkefølge på forsendelse	Forkortelse for lab	Kommentarer
Uni Research Miljø	A	Sorterte, artsbestemte og kvantifiserte dyrene
NINA	B	Artsbestemmelse
LFI Oslo	C	Artsbestemmelse og kvantifisering
LFI Trondheim	D	Artsbestemmelse og kvantifisering
Faun	E	Artsbestemmelse
Akvaplan NIVA	F	Artsbestemmelse og kvantifisering
NIVA	G	Artsbestemmelse og kvantifisering

Alle dyrene fra alle lokaliteter skulle i utgangspunktet artsbestemmes. Det vi så at deltakerne artsbestemte de samme individene. Etter at alle laboratorier hadde bestemt dyrene ble de sendt til Uni Research for å undersøke om kvaliteten på prøvene var degradert siden de samme individene var bestemt flere ganger. Det ble avholdt et arbeidsmøte for alle deltakere etter at prøvene var bestemt. Under arbeidsmøtet gjennomgikk vi resultater og diskuterte videre ringtesting. Det var også et mål å enes om artsbestemmelser for å komme fram til en felles fasit.

Dataene fra hver lab ble brukt til å beregne antall taksa, antall EPT-arter, antall indikatortaksa, ASPT-indeks, Forsuringsindeks 1, Forsuringsindeks 2, RAMI, LAMI og MultiClear. Siden det ikke var en målsetting å klassifisere vassdragene, ble det ikke tatt hensyn til vanntyper ved utregning av indeksene. Indeksene er basert på forholdet mellom sensitive og tolerante taksa, og feilbestemming av følsomme taksa kan gi utslag på indeksene. MultiClear fanger i tillegg opp andre aspekter ved bunndyrsamfunnet, taksonomisk sammensetning, diversitet og mengder av bunndyr, inkludert relative antall som kan ha påvirket resultatene mellom laboratorier.

Tabell 2. Lokalitetene der bunndyrene ble innsamlet med region og forkortelse, samt dato for innsamling og habitatet til lokaliteten. Forkortelsen til lokaliteten brukes videre i rapporten.

Region	Lokalitet	Forkortelse	Dato	Habitat
Trøndelag	Nidelva prøve 130 1/4 del	130 1/4	26.05.2015	Elv
Trøndelag	Nidelva prøve 130 3/4 del	130 3/4	26.05.2015	Elv
Trøndelag	Sagelva prøve 138 1/4 del	138 1/4	26.05.2015	Elv
Trøndelag	Sagelva prøve 138 3/4 del	138 3/4	26.05.2015	Elv
Trøndelag	Homla prøve 154 1/4 del	154 1/4	26.05.2015	Elv
Trøndelag	Homla prøve 154 3/4 del	154 3/4	26.05.2015	Elv
Buskerud	Simoa st. 11 Skjelåa	Skjel	23.05.2007	Elv
Buskerud	Simoa st. 17 Nesvollbekken	Nes	23.05.2007	Elv
Buskerud	Gåsebekk oppst. Sylling Fyllplass	Gås opp	18.11.2008	Elv
Buskerud	Gåsebekk nedst. Fuglerud Deponi	Gås ned	18.11.2008	Elv
Sogn og Fjordane	Nystølsvatn littoral	Nyst lit jul	07.07.2016	Litoral/ innsjø
Sogn og Fjordane	Nystølsvatn utløp	Nyst ut Jul	07.07.2016	Utløp/ innsjø
Sogn og Fjordane	Nystølsvatn littoral	Nyst lit okt	04.10.2010	Litoral/ innsjø
Sogn og Fjordane	Nystølsvatn utløp	Nyst ut okt	04.10.2010	Utløp/ innsjø
Hordaland	Markusdalsvatn littoral	Mark lit	05.10.2010	Litoral/ innsjø
Hordaland	Markusdalsvatn utløp	Mark ut	05.10.2010	Utløp/ innsjø
Hordaland	Svartetjern littotal	Svart lit	05.10.2010	Litoral/ innsjø
Hordaland	Svartetjern utløp	Svart ut	05.10.2010	Utløp/ innsjø
Vest-Agder	Saudlandsvatn littoral	Saudl lit	27.09.2016	Litoral/ innsjø
Vest-Agder	Saudlandsvatn utløp	Saudl ut	27.09.2016	Utløp/ innsjø
Rogaland	Ogna st.10 Helgåa v/riksveg	Ogn 10	26.09.2016	Elv
Rogaland	Ogna st.14 bekk fra Brynnesvatn	Ogn 14	09.06.2016	Elv

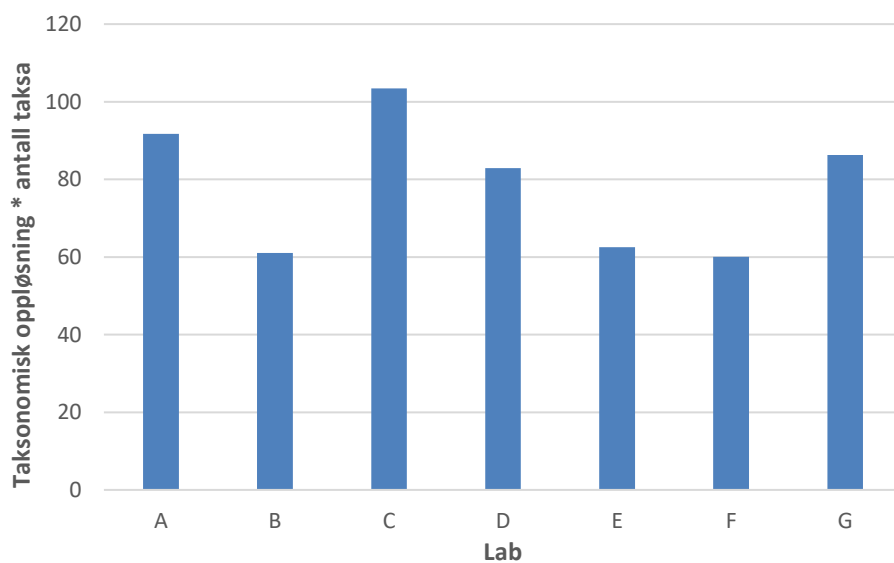
For å sammenlikne taksonomisk nivå på bestemmelsene ble alle taksa gitt en score fra 1 til 5; bestemmelse til art = score 5, slekt = 4, familie = 3, klasse = 2 og rekke = 1. Poengene fra en prøve ble lagt sammen og ganget med antall taksa i prøven. Poengsummen for en prøve var dermed avhengig av antallet taksa og det taksonomiske nivået til bestemmelsene.

I tillegg ble artslistene fra de ulike aktørene sammenliknet statistisk for å finne graden av avvik og for å identifisere habitater eller regioner som potensielt gir størst variasjon i artsbestemmelser. Artssammensetningen i prøvene ble sammenliknet statistisk ved hjelp av «permutational multivariate analysis of variance» (PERMANOVA; Anderson, 2001), med avstander målt med Jaccards likhetsindeks siden denne kan bruke binære data, 9999 permuteringer og signifikansnivå korrigerert for multiple tester ved hjelp av sequential Bonferroni (Holm, 1979). Lokaliteter som skilte seg ut og ga størst variasjon i artsbestemmelser mellom laboratoriene ble funnet ved hjelp av et clustering tree. Metoden bruker

algoritmen Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean (Sokal og Michener, 1958), og avstander målt med Jaccards likhetsindeks. I et slikt tre vil man forvente at prøver fra samme lokaliteter klassifiseres sammen. Prøver fra en lokalitet som ikke klassifiseres sammen indikerer forskjellig artssammensetning.

3 Resultater

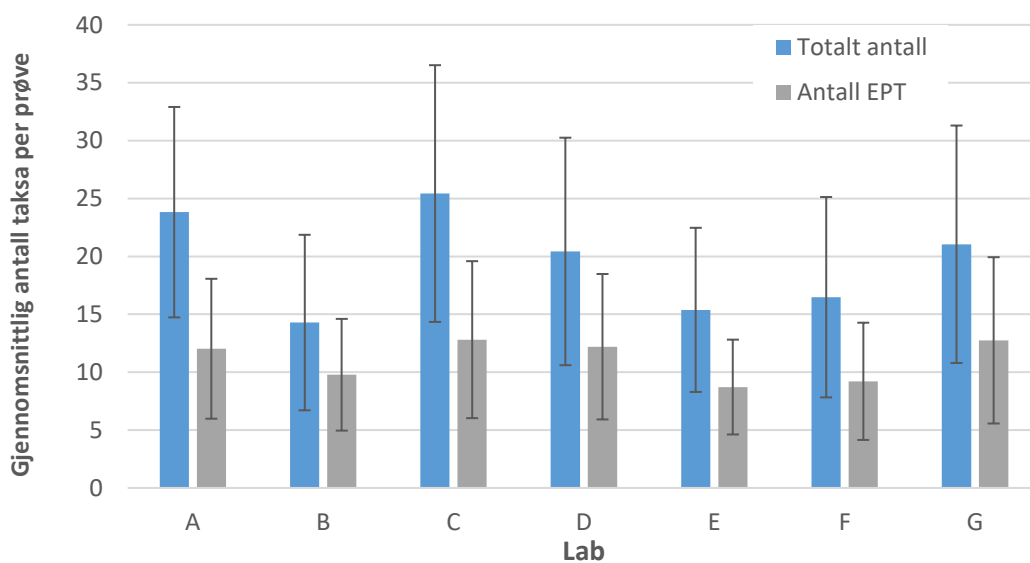
Resultatene var relativt like mellom laboratoriene for noen prøver, men for andre prøver var det markante forskjeller. Det taksonomiske nivået varierte mellom aktørene (Figur 1), indikert ved at enkelte bestemte flere taksa og med høyere taksonomisk oppløsning enn andre. Det gjennomsnittlige antallet taksa per prøve og antallet døgnfluer, steinfluer og vårfluer (EPT-taksa) per prøve varierte signifikant mellom flere av laboratoriene (Tabell 3 og Figur 2 - 3).



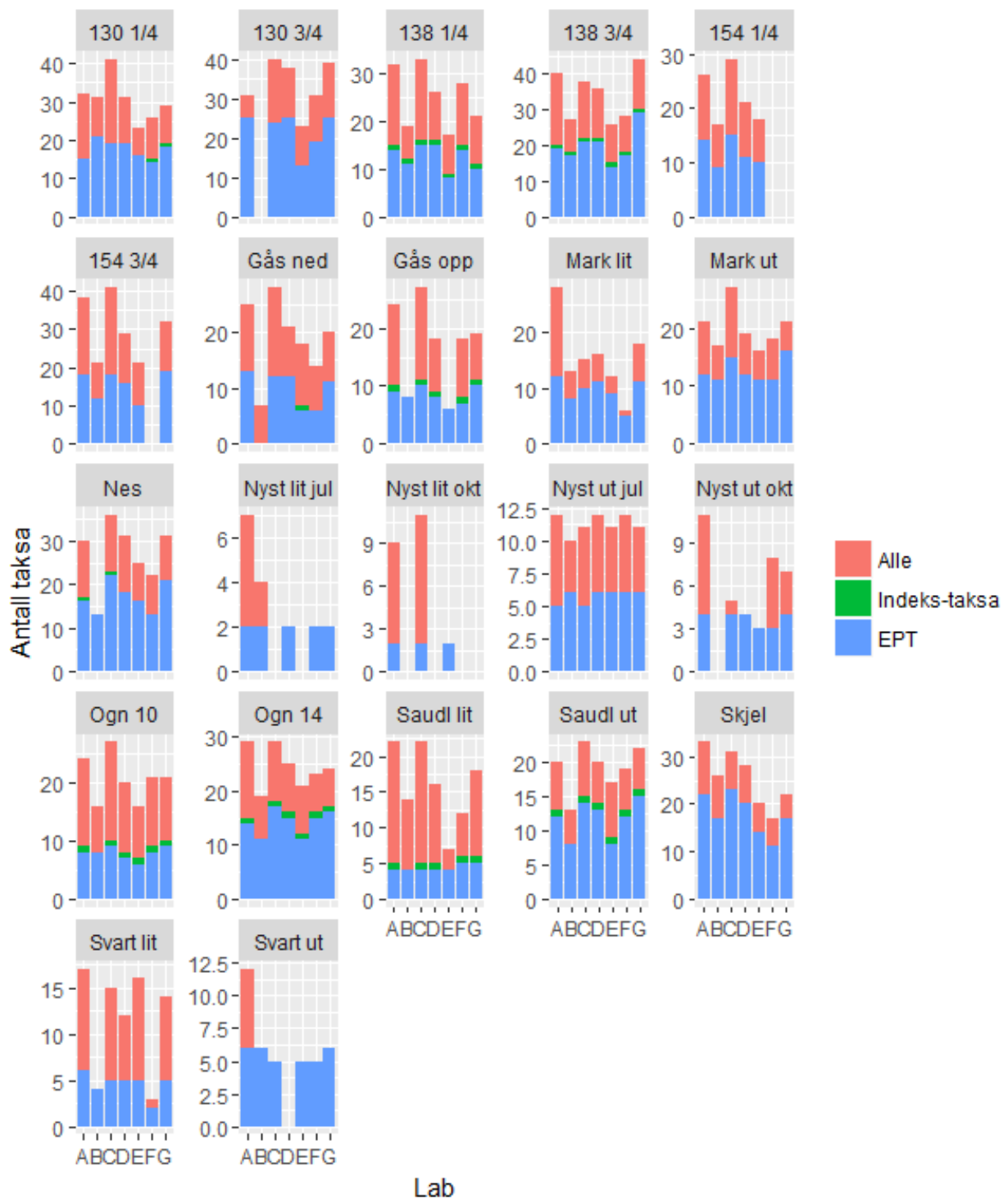
Figur 1. Gjennomsnittlig taksonomisk nivå for hver lab, angitt som gjennomsnittlig taksonomisk oppløsning for lokaliteten x antall taksa bestemt på samme lokalitet. Score for taksonomisk oppløsning: bestemmelse til klasse = 1, orden = 2, familie = 3, slekt = 4 og art = 5. Dyrene ble sendt i kronologisk rekkefølge fra lab A til lab G.

Tabell 3. Tabellen viser en sammenlikning (t-test) av det totale antallet taksa laboratoriene gjennomsnittlig har bestemt per prøve (øvre del av tabellen i blått) og en sammenlikning av antallet EPT-taksa som laboratoriene i gjennomsnitt har bestemt per prøve (nedre del av tabellen i grått). Signifikante forskjeller i antall taksa er angitt ved * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ og *** $p < 0,005$. Figur 1 viser om det er signifikant lavere eller høyere antall.

	A	B	C	D	E	F	G
A		***			***	*	
B			***	*			*
C					***	**	
D							
E	*		*	*			*
F							
G					*		



Figur 2. Figuren viser det totale antallet taksa laboratoriene gjennomsnittlig har bestemt per prøve, og antallet EPT-taksa (se Tabell 3 for signifikante forskjeller). Søylen angir standardavviket. Dyrene ble sendt i kronologisk rekkefølge fra lab A til lab G.



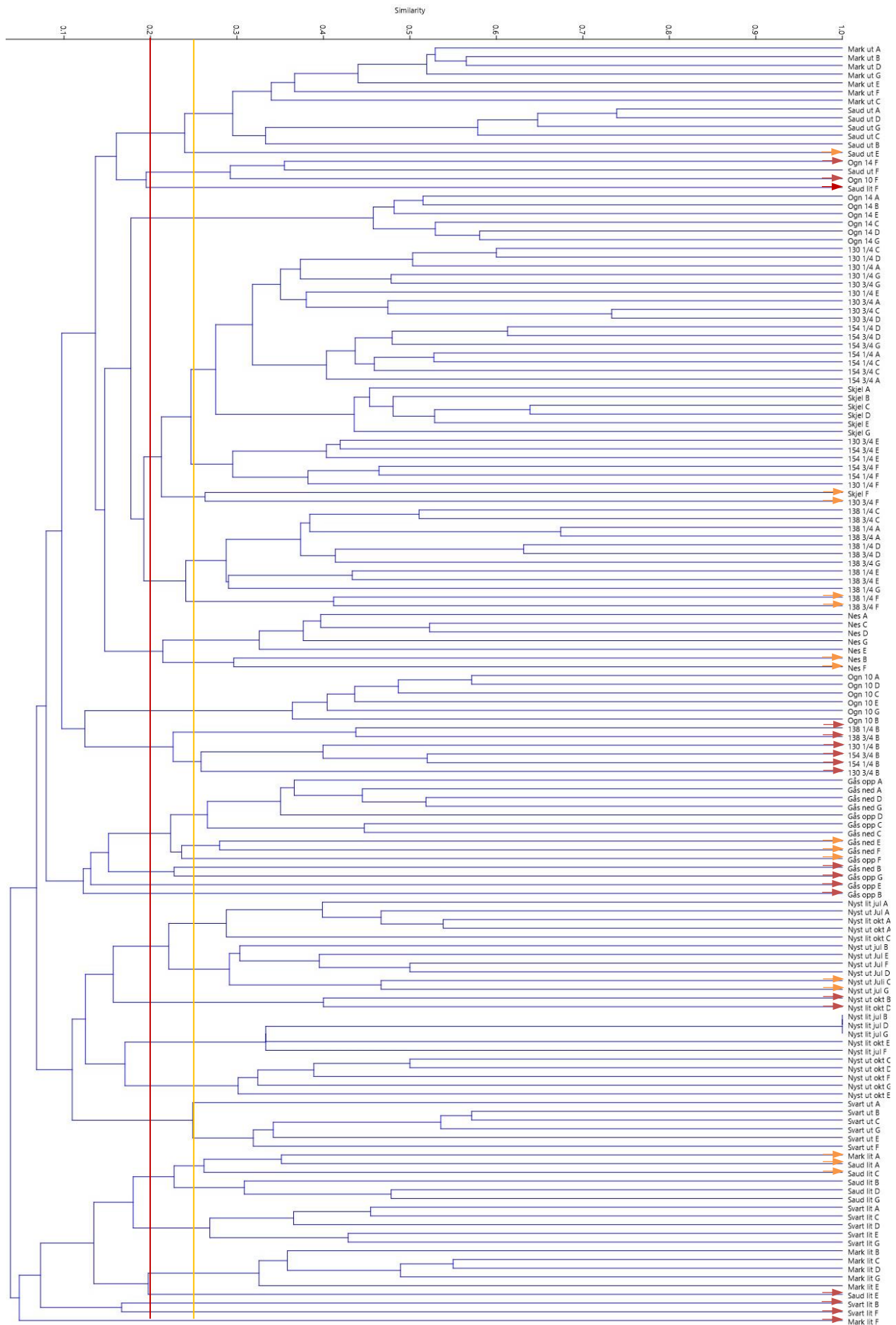
Figur 3. Antall taksa som laboratoriene bestemte ved lokalitetene. Se Tabell 2 for fulle navn på lokalitetene.

Sammenlikningen av gjennomsnittlig taksasammensetning, dvs. alle taksa i alle prøver, viste at resultatene fra de fleste laboratoriene var korrelerte (Tabell 4). Enkelte skilte seg likevel ut ved at resultatene ikke var korrelert med enkelte av de andre laboratorier. Når det gjelder taksasammensetningen i individuelle prøver, indikerte clusteranalysen forskjeller for flere lokaliteter fordelt på ulike regioner og ulike habitater (Figur 4 og Tabell 5). Lokalitetene 130, 138, Gås ned, Gås opp og Saud lit skilte seg ut ved at artsbestemmelsene var minst like mellom laboratoriene (Tabell 5).

Tabell 4. Tabellen viser en sammenlikning av den totale artssammensetningen fra de ulike laboratoriene. Signifikans er angitt ved * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, der mangel på signifikans viser at prøvene er tatt fra tilfeldige populasjoner (de er ikke like).

Lab	A	B	C	D	E	F	G
A		2,96**	2,75**	2,12**	1,77*	2,90**	3,14**
B	2,96**		2,48**	1,95**	1,89**	2,93**	2,39**
C	2,75**	2,48**		1,75	2,23**	3,40**	1,78*
D	2,12**	1,95**	1,75		1,45	2,31**	1,26
E	1,77*	1,89**	2,23**	1,45		1,79*	2,08**
F	2,90**	2,93**	3,40**	2,31**	1,79*		2,69**
G	3,14**	2,39**	1,78*	1,26	2,08**	2,69**	

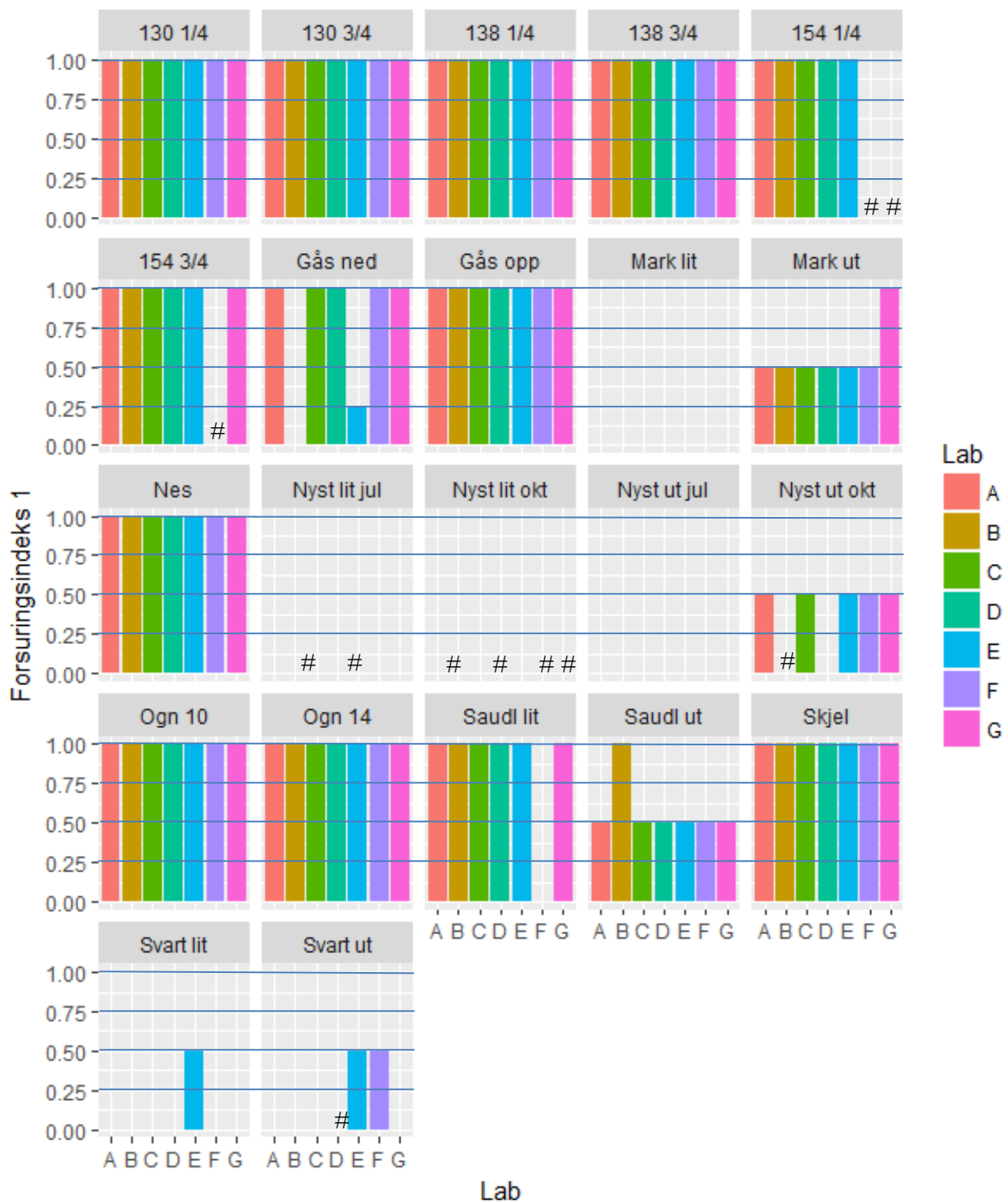
Ulikheter i artsbestemmelsene ga utslag i klassifisering av økologisk tilstand slik at tilstandsklasse til en viss grad var avhengig av hvem som utførte analysen (Figur 5-10). Dersom man antar at korrekt tilstandsklasse for en indeks var den som flertallet var enige om, var det 6 % avvik i klassifisering av Forsuringsindeks 1, 7 % avvik i klassifisering av RAMI, 16 % avvik i klassifisering av Forsuringsindeks 2, 24 % avvik klassifisering av Multiclear og 26 % avvik i klassifisering av ASPT. De fleste avvik gikk over en tilstandsklasse, men noen artsbestemmelser medførte i flere tilfeller variasjon opp til fire tilstandsklasser (se for eksempel Nes i Figur 7 og Svart ut i Figur 8).



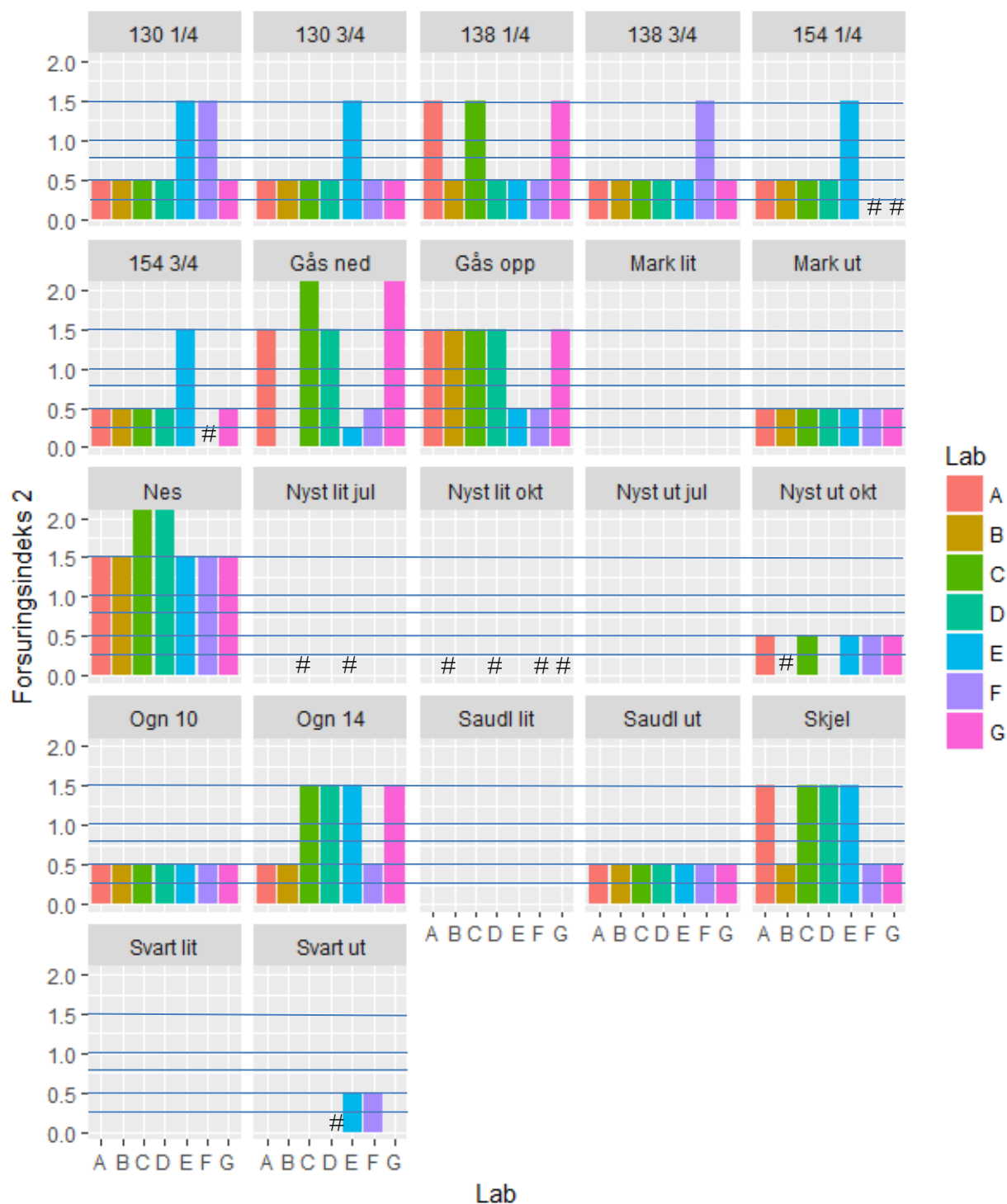
Figur 4. (forrige side). Figuren viser resultatene av en clusteranalyse. Pilene indikerer lokaliteter med størst forskjell (gule piler viser Jaccard-indeks med likhet >25 og røde piler viser Jaccard-indeks med likhet >20) i artsbestemmelser mellom laboratoriene.

Tabell 5. Lokaliteter med minst likhet (målt med Jaccard-indeks) i artsbestemmelser mellom laboratoriene.

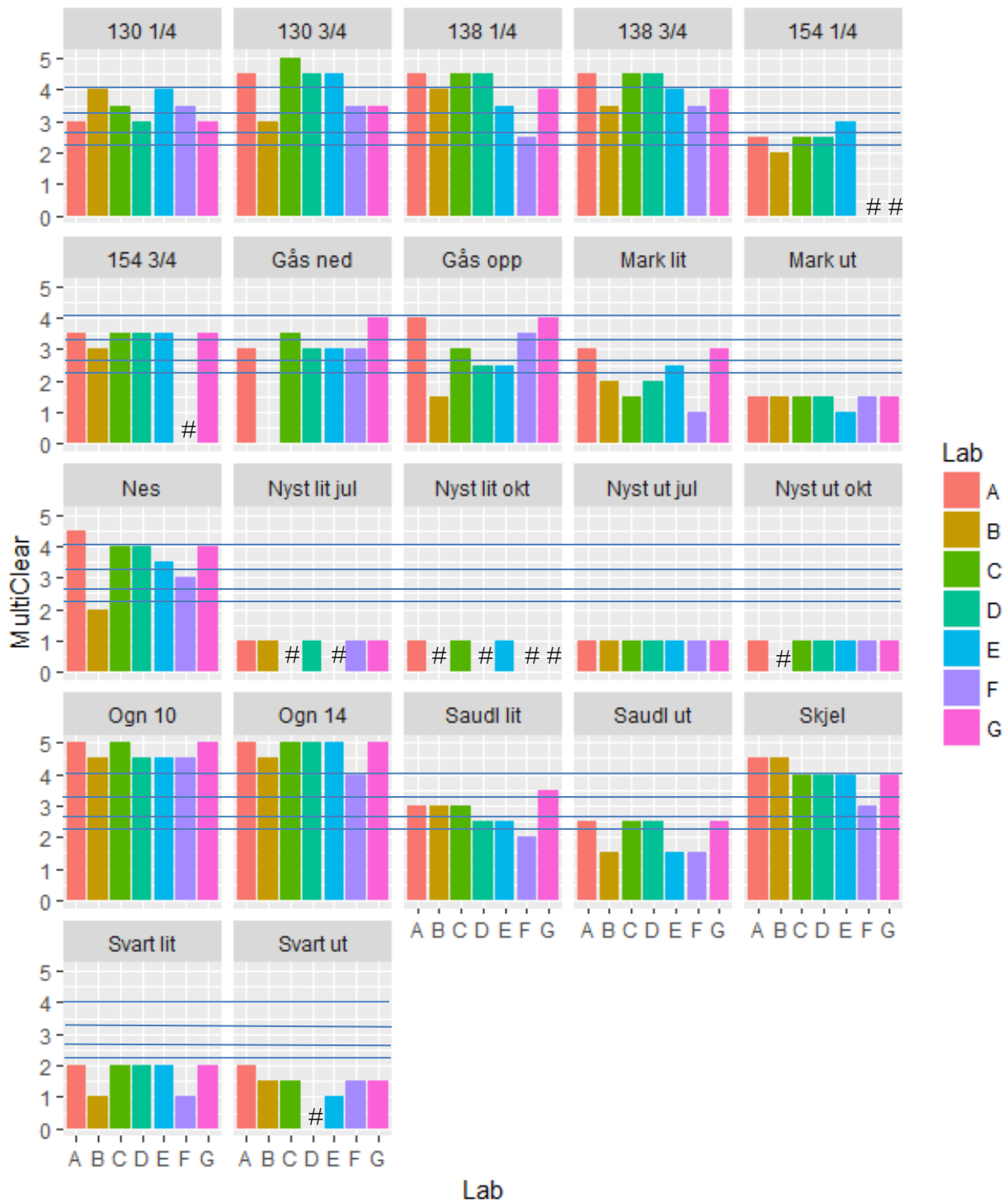
Prøver med likhet >25	Bestemt av lab	Region	Habitat	Likhet >20
130 1/4	B	Trøndelag	Elv	Ja
130 3/4	F	Trøndelag	Elv	
130 3/4	B	Trøndelag	Elv	Ja
138 1/4	F	Trøndelag	Elv	
138 1/4	B	Trøndelag	Elv	Ja
138 3/4	F	Trøndelag	Elv	
138 3/4	B	Trøndelag	Elv	Ja
154 1/4	B	Trøndelag	Elv	Ja
154 3/4	B	Trøndelag	Elv	Ja
Gås ned	E	Buskerud	Elv	
Gås ned	F	Buskerud	Elv	
Gås ned	B	Buskerud	Elv	Ja
Gås opp	F	Buskerud	Elv	
Gås opp	G	Buskerud	Elv	Ja
Gås opp	E	Buskerud	Elv	Ja
Gås opp	B	Buskerud	Elv	Ja
Mark lit	A	Hordaland	Littoral	
Mark lit	F	Hordaland	Littoral	Ja
NES	B	Buskerud	Elv	
NES	F	Buskerud	Elv	
Nyst lit okt	D	Sogn og Fjordane	Littoral	Ja
Nyst ut jul	C	Sogn og Fjordane	Utløpselv	
Nyst ut jul	G	Sogn og Fjordane	Utløpselv	
Nyst ut okt	B	Sogn og Fjordane	Utløpselv	Ja
Ogn 10	F	Rogaland	Elv	Ja
Ogn 14	F	Rogaland	Elv	Ja
Saud lit	F	Vest-Agder	Littoral	Ja
Saud lit	A	Vest-Agder	Littoral	
Saud lit	C	Vest-Agder	Littoral	
Saud lit	E	Vest-Agder	Littoral	Ja
Saud ut	E	Vest-Agder	Utløpselv	
Skjel	F	Buskerud	Elv	
Svart lit	B	Hordaland	Littoral	Ja
Svart lit	F	Hordaland	Littoral	Ja



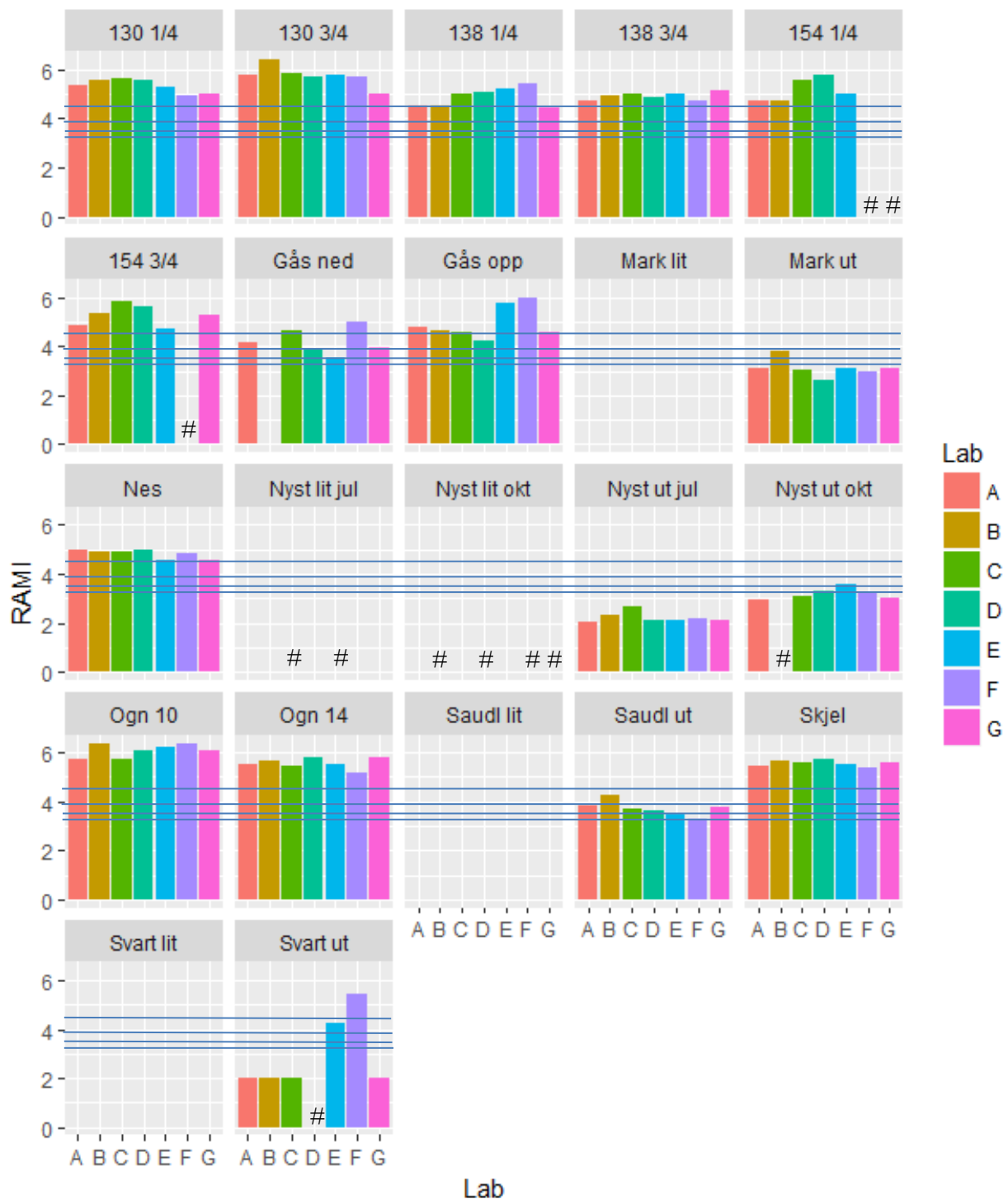
Figur 5. Lab- og lokalitetsspesifikke resultater i Forsuringsindeks 1 for rennende vann. # indikerer at laboratoriet mangler data for denne lokaliteten. Linjene angir klassegrensene fra God til Svært dårlig (referanseverdien Svært god tilstand defineres ikke for Forsuringsindeks 1). Se Tabell 2 for fullt navn på lokalitetene.



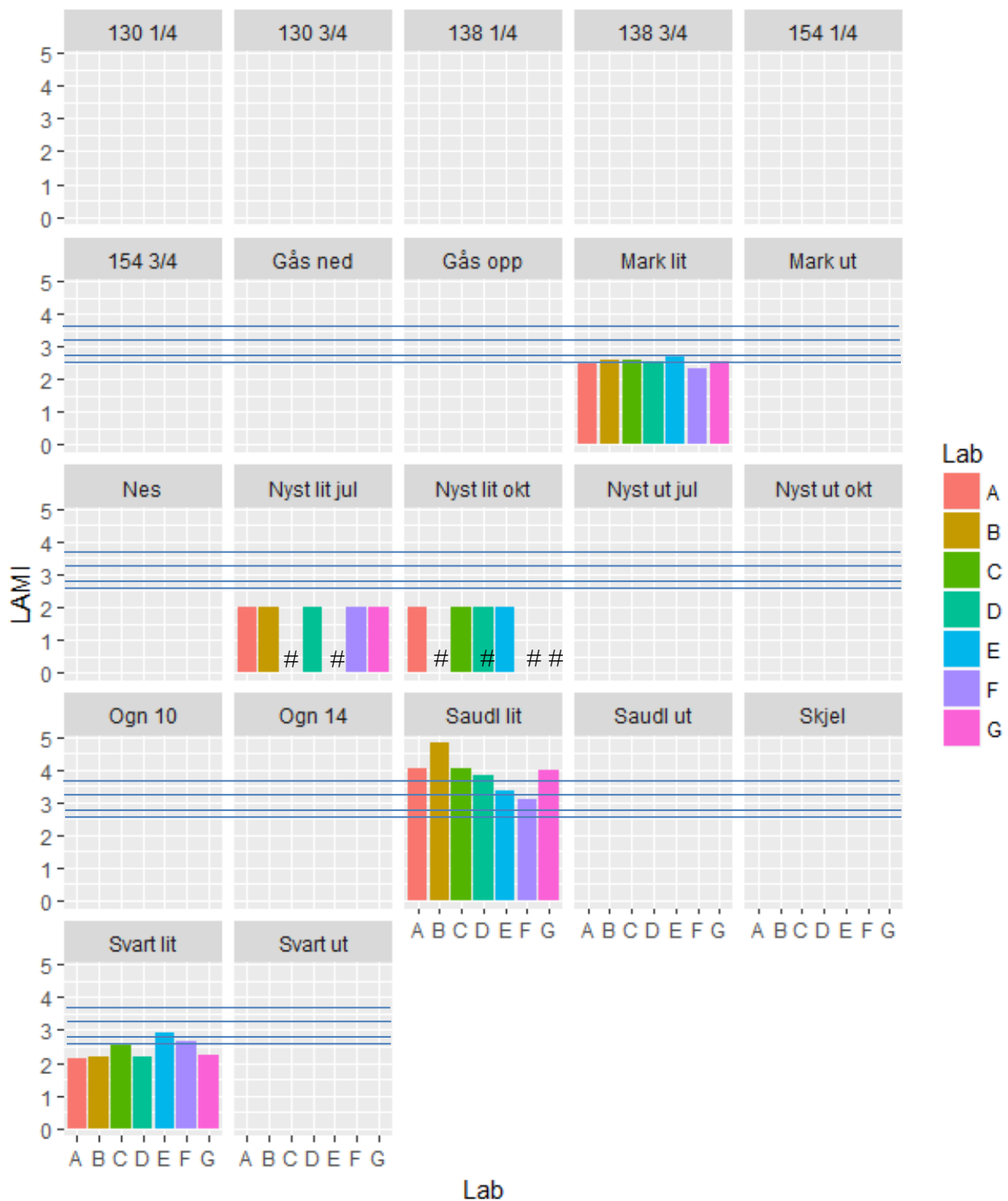
Figur 6. Lab- og lokalitetsspesifikke resultater i Forsuringsindeks 2 for rennende vann. # indikerer at laboratoriet mangler data for denne lokaliteten. Linjene angir klassegrensene fra Svært god til Svært dårlig. Se Tabell 2 for fullt navn på lokalitetene.



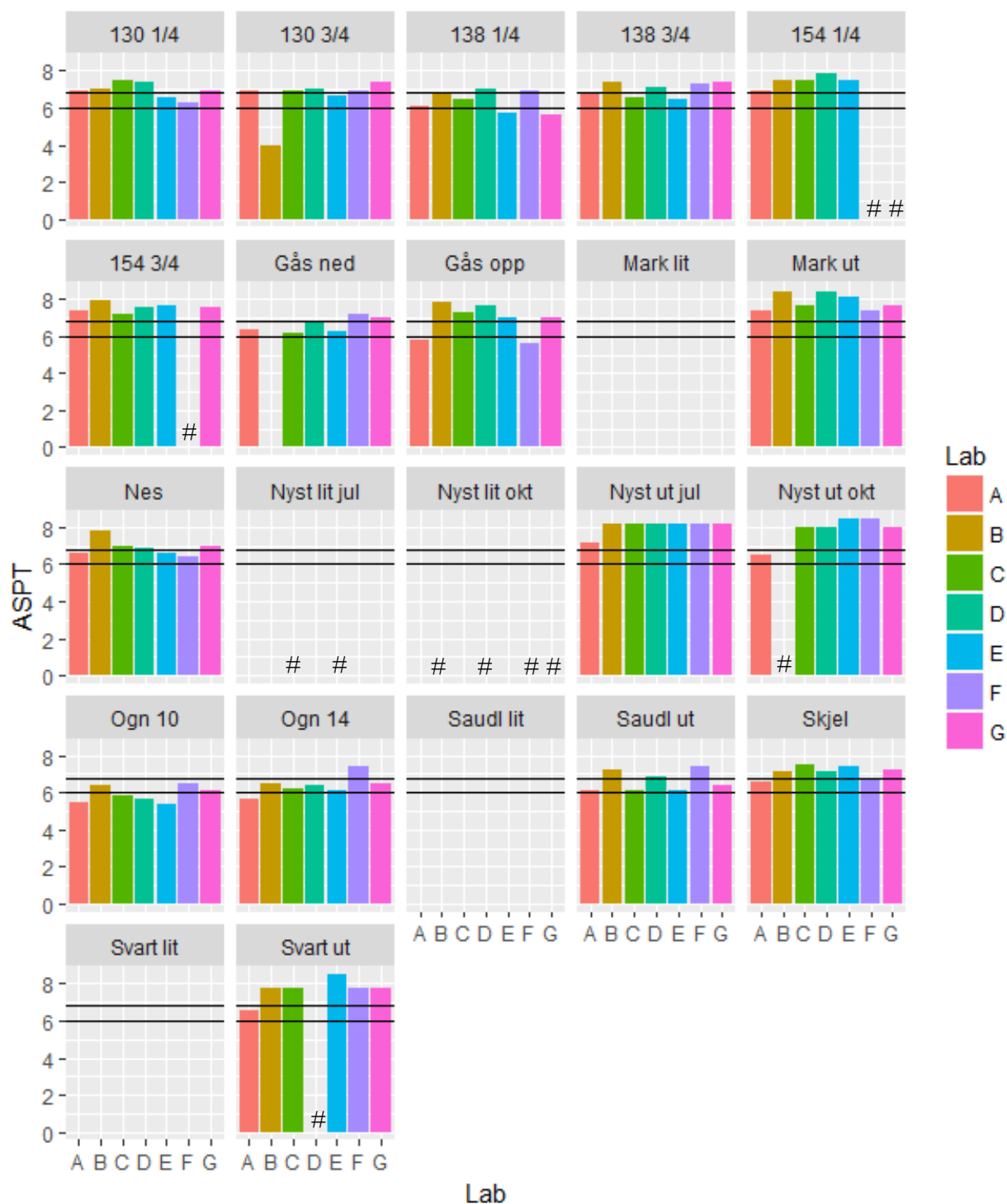
Figur 7. Lab- og lokalitetsspesifikke resultater i forsuringsindeksen MultiClear. # indikerer at laboratoriet mangler data for denne lokaliteten. Linjene angir klassegrensene fra Svært god til Svært dårlig. Se Tabell 2 for fullt navn på lokalitetene.



Figur 8. Lab- og lokalitetsspesifikke resultater i forsøringsindeksen RAMI for rennende vann. # indikerer at laboratoriet mangler data for denne lokaliteten. Linjene angir klassegrensene fra Svært god til Svært dårlig. Se Tabell 2 for fullt navn på lokalitetene.



Figur 9. Lab- og lokalitetsspesifikke resultater i forsøringsindeksen LAMI for innsjøer. # indikerer at laboratoriet mangler data for denne lokaliteten. Linjene angir klassegrensene fra Svært god til Svært dårlig. Se Tabell 2 for fullt navn på lokalitetene.



Figur 10. Lab- og lokalitetsspesifikke resultater i eutrofieringsindeksen ASPT for rennende vann. # indikerer at laboratoriet mangler data for denne lokaliteten. Linjene går ved grensen mellom Moderat og God, og God og Svært god. Se Tabell 2 for fullt navn på lokalitetene.

4 Diskusjon

Kilder til variasjon

Ved at alle deltakere i testen bestemte allerede sorterte like prøver fjernet vi variasjon i resultatene som kan skyldes innsamlingsmetoder i felt og sortering av prøvene. Alle bestemte de samme individene og ved god og lik taksonomisk kompetanse mellom aktørene burde det forventes nær identiske resultater. Resultatene varierte likevel betydelig mellom aktørene, noe som blant annet ga utslag i ulike artslistene, antall taksa og tilstandsklassifiseringen. Forskjellene ga størst utslag i tilstandsklasse for indeksen ASPT. Her hadde hele 25 % av aktørene avvikende resultat fra de øvrige. Det er tankevekkende siden ASPT krever grovere taksonomisk oppløsning og derved en mindre grad av kompetanse enn andre indekser. De fleste taksa medregnes i ASPT, i motsetning til en del andre indekser som kun bruker indikatortaksa. Dermed kan forskjellen forklares ved at noen laboratorier fokuserer mer på å bestemme indikatortaksa, mens andre bestemmer alle taksa.

Det var en målsetting å bli enige om en felles fasit under ei arbeidsmøtet vi arrangerte mot slutten av prosjektet. Resultatene var imidlertid såpass forskjellige at det ikke var mulig å gjennomgå alle taksa med avvikende bestemmelser og lage en felles fasit. I mangel på en fasit er det ikke grunnlag for å rangere laboratoriene etter kvalitet.

Det er minst tre sannsynlige kilder til variasjon i resultatene:

1. Kvaliteten ble redusert fordi de samme individene ble artsbestemt flere ganger. Under artsbestemmelse kan et dyr bli ødelagt dersom det dissekeres ut kroppsdelene, f.eks. munndeler. Ved en slik degradering kan det forventes en reduksjon i den taksonomiske oppløsningen og derved at antallet taksa reduseres fra første til siste aktør, og spesielt for taksa som kun er representert ved ett eller få individer. Det ble rapportert om ødelagte dyr. Dette samsvarer også med observasjoner av enkelte ødelagte dyr ved Uni Research etter at dyrene var bestemt av alle. Selv om vi ikke kan utelukke at ødelagte dyr reduserte kvalitet på artsbestemmelsene, indikerte ikke resultatene en systematisk endring i antallet arter eller taksonomisk oppløsning i løpet av ringtesten (Figur 1, Figur 3). Feilkilden vil også reduseres dersom en art er representert med flere individer i samme prøve. Dersom ett individ er ødelagt kan man da gå ut ifra at liknende individer som er komplette tilhører samme art.

2. Synonymer. Enkelte taksa kan ha flere navn, for eksempel var synonymene *Ephemerella ignita* og *Serratella ignita* å finne i resultatene. Vi gjennomgikk artslisten under arbeidsmøtet for å finne og slå sammen synonymer. Vi forventer derfor at synonymer ikke påvirker resultatene, eller gir ubetydelige utslag. For å unngå potensielle forskjeller på grunn av synonymer bør artslistene leveres med Latinsk Navn ID.

3. Feilbestemmelser og innsats. Det var forskjeller i artsbestemmelsene for prøver fra de fleste regioner og habitater. Ut ifra resultatene var det ikke mulig å identifisere habitater eller regioner med størst variasjon

i artsbestemmer. Generelt kan artsbestemmelsene påvirkes av at taksonomene er spesialisert på ulike artsgrupper eller på fauna ved ulike regioner i landet, ulik bestemmelseslitteratur, feilbestemmelser eller nedlagt innsats. En kombinasjon av faktorer kan også forekomme. Dersom man eksempelvis har samme art i ulike stadier i en prøve kan det slå ulikt ut ved at en lab med høy kompetanse på den aktuelle arten/gruppen bestemmer alle individene til en art, mens en lab med lavere kompetanse kun tar de største individene til art, og resten til slekt og familie. Eksempelet vil påvirke antallet taksa i prøven dersom alle taksonomiske nivåer inkluderes når man finner antall taksa. Ellers vil antallet taksa i prøvene også variere avhengig av spesialisering blant taksonomene. For eksempel hadde en deltaker 1-2 flere arter per prøve på grunn av mer detaljerte bestemmelser av fåbørstemark enn de andre deltakerne, noen deltakere bestemmer enkelte tovingegrupper som småstankelbein til art og noen bestemte ikke krepsdyr i prøvene. Dette påvirker antall taksa, men har lite å si for de fleste indekser.

Det var tydelig at deltakerne hadde en noe ulik innfallsvinkel til ringtesten. De fleste laboratoriene bestemte alle individer i prøvene, mens enkelte registrerte hvilke arter som var tilstede uten kvantifisering. Noen laboratorier mangler av uviss grunn også artsbestemmelser fra enkelte prøver (Figur 5-10). Resultatene viser at laboratoriene som artsbestemte uten å kvantifisere hadde lavest antall taksa (Figur 2). Dette kan indikere at laboratoriene har nedlagt ulik innsats, dvs tid, inn i artsbestemmelsene. Vi har ikke sammenliknet tidsbruk mellom laboratoriene, men tidsbudsjettet var likt. Det er uansett viktig å studere alle individer under lupe for å kunne skille mellom anatomisk like arter. For å fange opp slike rutinemessige forskjeller mellom laboratoriene ble det ikke gitt detaljert protokoll angående taksonomisk nivå eller antall individer som skulle bestemmes i prosjektet.

5 Anbefalinger

Resultatene viser tydelig viktigheten av videre arbeid med taksonomisk kvalitet og ringtesting av bunndyrbestemmelser i Norge. Det stilles i dag ingen formelle krav til laboratorier som utfører bunndyranalyser. Som følge av resultatene anbefaler vi at:

1. Det bør stilles krav til at laboratorier eller aktører som utfører bunndyrbestemmelser, spesielt i forbindelse med vannforskriften, og at disse skal delta i ringtesting. Ringtesting er forventet å bidra til å øke kvaliteten på det taksonomiske arbeidet til de deltagende laboratoriene, redusere feil i tilstandsklassifiseringen, bidra til at resultater er sammenliknbare mellom laboratorier og over tid og rom, og øke kvaliteten på bunndyrdatabasene. Bunndyrene som benyttes i en ringtest bør representerer en variasjon som gir en god taksonomisk test og som gjør at deltakerne kan forbedre seg. Som et konkret forslag kan ringtesten bestå av to ledd, en lab-spesifikk ringtest og en felles ringtest. Det bør utarbeides en detaljert protokoll for begge ledd. En slik ringtest skiller seg fra den som ble utført i dette prosjektet.

I den lab-spesifikke ringtesten fokuserer deltakeren på konsekvente bestemmelser av dyr samlet i egen region. Hver deltaker sender allerede bestemte bunndyrprøver og artslister til en organisator. Organisator blander dyr fra ulike prøver, som deretter skal bestemmes på nytt av deltakeren. Det kan også tilsettes nye dyr til prøvene. Det forutsettes at dyrene som er sendt inn er korrekt identifisert, men organisator kan verifisere enkelte bestemmelser. Denne prosedyren følger metoder som brukes i internasjonalt kvalitetssikringsarbeid i forbindelse med bunndyrundersøkelser, se detaljer for prosedyren i Raddum (1993), Fjellheim m.fl. (2011) og Halvorsen m.fl. (2017). Det er vanlig at hver deltaker bestemmer ca. 50 individer, og gis en kvalitetsscore som er avhengig av korrekt identifisering og taksonomisk nivå.

I en felles ringtest mottar alle deltakere identiske prøver der de samme artene sendes ut samtidig til deltakerne. Organisator lager et sett prøver som består av et bestemt antall individer og arter bunndyr. Prøvene sendes til deltakere, som deretter bestemmer dyrene og sender resultatet tilbake. Resultatene er sammenliknbare og ikke påvirket av at flere laboratorier bestemmer de samme individene. Hver runde av ringtesten kan gjerne fokusere på bestemte grupper av bunndyr, regioner eller habitater, og bør bestå av et begrenset antall dyr. Uenigheter kan diskuteres deltakerne i mellom. Prosedyren vil forventelig føre til harmonisering mellom laboratorier, og bevisstgjøring rundt styrker og svakheter på eget taksonomisk arbeid.

2. Det bør stilles krav til minimum taksonomisk nivå gjennom en standardisert taksaliste.

Taksonomisk nivå varierer mellom aktører (se Figur 1-3) og er til en viss grad også tilpasset bunndyrindeksen som skal benyttes. Enkelte indekser fokuserer på indikatoreksa, mens andre er basert på større deler av bunndyrsamfunnet. Indeksene er uansett under stadig utvikling. Det innebærer at man ikke kan forvente at resultater fra prøver basert på begrenset taksonomisk oppløsning kan benyttes til å klassifisere en vannforekomst på nytt dersom indeksen oppgraderes, spesielt dersom prøvene er artsbestemt av hensyn til en bestemt indeks. Dette gjøres av enkelte aktører i markedet i dag. Vi foreslår at det bør stilles krav til minimum taksonomisk nivå, noe som vil føre at undersøkelser er sammenliknbare over tid og rom, også når det gjelder antall taksa i en prøve. Dersom indeksen oppgraderes, kan det lette arbeidet med å klassifisere en lokalitet på nytt ved hjelp av eksisterende data (se for eksempel Schartau m.fl., 2016). Taksonomisk nivå bør være en del av kvalitetssikringsarbeidet. Minimum krav bør være taksa-spesifikt og kan defineres gjennom en standardisert taksaliste til bruk i arbeid relatert til vannforskriften, tilsvarende som «Den operative artslistan» som brukes i Sverige. En slik liste kan inkludere Latinsk Navn ID og vil fjerne avvik som skyldes synonymer. Her kan man også angi hvilke taksa som bør medregnes når man finner antall taksa i en prøve, og hvordan man skal rapportere taksa som mangler Latinsk Navn ID.

3. En liste over sentral bestemmelseslitteratur bør gjøres tilgjengelig for aktører som utfører bunndyrundersøkelser i Norge.

Vår erfaring er at artsbestemmelser kan påvirkes av bestemmelseslitteratur. For eksempel kan feilbestemmelser komme av mangel på gode nøkler eller bruk av nøkler som er tilpasset andre regioner. Vi har utarbeidet en liste over bestemmelseslitteratur for bunndyr i Norge (se neste kapittel). Listen bør oppgraderes jevnlig og vedlegges i protokollen for ringtesting av bunndyrundersøkelser i Norge. Listen bør også følge oppdrag som omfatter bunndyrundersøkelser. Det

kan gjerne utarbeides kommentarer til litteraturen som spesifiserer svakheter og styrker for den enkelte nøkkel, og evt. om bruk av nøkkelen bør begrenses til spesifikke regioner.

4. Oppdragsgiver må påregne tilstrekkelig ressurser til grundige artsbestemmelser. Godt taksonomisk arbeid krever høy grad av kompetanse. Kvaliteten på artsbestemmelsene er også korrelert med tidsbruk. Det er derfor viktig at oppdragsgiver og konsulent avsetter tilstrekkelige ressurser til grundig taksonomisk arbeid i sine prosjekter. Begrensede økonomiske ressurser eller betalingsvilje hos oppdragsgiver gjør at kvaliteten på arbeidet som gjennomføres reduseres. Vi taksonomer opplever at oppdragsgiver ofte ikke tillater tilstrekkelig tid til bestemmelser av strategiske grunner, for eksempel for å rekke rapporteringsfrister satt av eksterne revisorer, bytte av regnskapsår, eller av manglende kompetanse. Oppdragsgivere har også et ønske om å få gjennomført så mye som mulig for midlene de har tilgjengelig. Anbudene er derfor ofte mer omfattende enn hva de økonomiske rammene tillater. For å sikre at det er tilstrekkelig tid til grundig taksonomisk arbeid bør veilederen for vannforskriften gi en anbefaling i form av standardisert tid til bearbeiding per prøve, samt minimum antall individer per prøve.

6 Bestemmelseslitteratur for bunndyrundersøkelser i Norge

Crustacea

Gledhill, T. Sutcliffe, D.W. & Williams, W. D. 1993. British Freshwater Crustacea Malacostraca: A Key with Ecological Notes, Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 52. FBA, Ambleside.

Enckell, P.H.: Kräftdjur. Fältfauna, Signum, Lund, 1980. (dårlig på Gammarus?)

Økland K.A. (2011). Artsbestemmelse av krepsdyr (Crustacea, Amphipoda) i ferskt og brakt vann i Norge: slekten Gammarus og istidskreps. Fauna. - Vol. 64, nr. 1, side 9-17

Coleoptera

Foster, G.N, & Friday, L. E. (2011) Keys to the adults of the water beetles of Britain and Ireland (part 1), 2nd edition. Royal Entomological Society

Insecta Coleoptera (B. Klausnitzer). Scirtidae (Elodes sp. o.l)

Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1997).

Holland, D.G. 1972. A Key to the Larvae, Pupae and Adults of the British Species of Elminthidae. Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 26, FBA, Ambleside.

Friday, L.E. 1988. A Key to the Adults of British Water Beetles. FSC.

Holmwn (1987). The Aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, Volume I. Gyrinidae, Haliplidae, Hygrobiidae and Noteridae. Fauna entomologica Scandinavia 20

Nilsson and Holmen (1995). The Aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, Volume II. Dytiscidea. Fauna entomologica Scandinavia 32

Hansen (1987). The Hydrophiloidea (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna entomologica Scandinavia 18

Diptera

Merritt, R.W., Cummins, K.W. & Berg, M.B. 2008. An introduction to the Aquatic Insects of North America. Fourth Edition. Kendall Hunt. 1138s.

Smith, K.G.V. 1989. An Introduction to the Immature stages of British Flies. Diptera Larvae, with Notes on Eggs, Puparia and Pupae. Royal Entomological Society of London.

Nilsson, A. 1997. Aquatic Insects of North Europe, Volume 2: Odonata and Diptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1996).

Ephemeroptera

Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1997).

Bauernfeind, E. & Soldán, T. 2012. The Mayflies of Europe (Ephemeroptera). Apollo Books. 780 s.

Waringer & Graf 1997: Atlas Österreichischer osv. Ephemeroptera

Arnekleiv, J. V. 1994. Bestemmelsesnøkkel til Norske Døgnfluelarver (Ephemeroptera Larvae). Universitetet i Trondheim Vitenskapsmuseet.

Elliott, J. M & Humpesch, U. H. 2010. Mayfly Larvae (Ephemeroptera) of Britain and Ireland: Keys and a review of their Ecology. Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 66, FBA, Ambleside.

Tachet, T. et al. 2002. Invertébrés D'eau Douce. Systématique, Biologie, Écologie. CNRS Éditions, Paris

Svensson, B. S. 1986. Sveriges dagsländor (Ephemeroptera), bestämning av larver. Entomologisk tidskrift vol. 107 (3), s. 91-106.

Gastropoda

Økland, J. 1990. Lakes and Snails. Environment and Gastropoda in 1 500 Norwegian Lakes, ponds and rivers. Universal Book Services/ Dr. W. Backhuys, Oostgeest, The Netherlands. 516 s.

Glöer, P. 2002. Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas. Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. ConchBooks. 311 s.

Hubendick, B. 1949. Våra Snäckor: Snäckor I Sött och Bräckt Vatten. Stockholm – Albert Bonniers Förlag

Macan, T.T. 1977 A Key to the British Fresh and Brackish Water Gastropods. Scientific Publication of the Freshwater Association No. 13, FBA, Ambleside.

Heteroptera

Adults of British aquatic hemiptera Heteroptera (corixidae o.l.)

Norske insekttabeller nr. 4 Corixidae (Solem 1983)

Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1997).

Savage, A.A. 1989. Adults of the British Aquatic Hemiptera Heteroptera A Key with Ecological Notes. Scientific Publication of the Freshwater Association No. 50, FBA, Ambleside.

Savage, A. A. 1999. Key to the Larvae of British Corixidae. Scientific Publication No. 57. Freshwater Biological Association. Ambleside

Megaloptera

Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1997).

Elliot, J.M. 2009. Freshwater Megaloptera and Neuroptera of Britain and Ireland: Keys to Adults and Larvae, and a review of their ecology Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 65, FBA, Ambleside.

Neuroptera

Elliot, J.M. 2009. Freshwater Megaloptera and Neuroptera of Britain and Ireland: Keys to Adults and Larvae, and a review of their ecology Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 65, FBA, Ambleside.

Odonata

Nilsson, A. 1997. Aquatic Insects of North Europe, Volume 2: Odonata and Diptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1996).

Askew, R.R. 1988. The dragonflies of Europa. Harley Books. 222 s.

Miller. P.L. 1995. Dragonflies. 2nd Edition. Richmond Publishing Co. Ltd, Slough

Sahlen, G. 1996. Sveriges Trollsländor. Fältbiologerna Förlag. 164 s.

Odonata@sjekk

Oligochaeta

Brinkhurst, R.O. 1971. A Guide for the Identification of British Aquatic Oligochaeta. Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 22, 2nd edition, FBA, Ambleside.

Elliot, J.M. & Mann, K.H. 1979. A Key to the British Freshwater Leeches. Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 40. FBA, Ambleside

Kirkegaard, J.B. 1985. Ferskvandsigler. Danmarks Fauna, bd. 82.

Platyhelminthes

Reynoldson, T.B. & Young, J.O. 2000. A Key to the Freshwater Triclad of Britain & Ireland With Notes on Their Ecology. Scientific Publications of the Freshwater Biological Association No. 58, FBA, Ambleside

Plecoptera

Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1997)

Brinck, P. 1949. Bäcksländor. Plecoptera. Svensk insektfauna nr. 15.

Hynes, H.B.N. 1977. A Key to the Adults and Nymphs of the British Stoneflies. Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 17, 3rd edition, FBA, Ambleside

Lillehammer, A. 1988. Stoneflies (Plecoptera) of Fennoscandia and Denmark. E. J. Brill/Scandinavian Science Press Ltd. Leiden, The Netherlands. Vol 21. 165 s.

Tachet, T. et al. 2002. Invertébrés D'eau Douce. Systématique, Biologie, Écologie. CNRS Éditions, Paris

Trichoptera

Bongard, T. 1990. Key to the Fennoscandian larvae of Arctopsychoidea and Hydropsychidae (Trichoptera). Fauna norv. Ser B, 37: 91-100.

Edington, J.M. & Hildrew, A.G. 1995. A Revised Key to the Caseless Caddis Larvae of the British Isles. Scientific Publication of the Freshwater Biological Association No. 53, FBA, Ambleside

The identification of the German Hydropsychidae (P.J. Neu and W. Tobias) Trichoptera: Hydropsychidae

Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe, Volume 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Neuroptera, Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera. Apollo Books (Available only as a CD bundled with Nilsson, 1997)

Caddis larvae (N.E. Hickin)

Larva and pupae (S.G. Lepnea)

Atlas of Central European Trichoptera larvae (J.A. Waringer, W. Graf)

Wallace, I.D. Wallace, B. & Philipson, G. N. 2003. A Key to Case-bearing Caddis Larvae of Britain and Ireland. Freshwater Association Scientific Publication No. 61, FBA, Ambleside

Freshwater Biological Association: Trichoptera m/hus Trichoptera u/hus

Rinne, A. & Wiberg-Larsen, P. 2017. Trichoptera Larvae of Finland: Identification Key to the Caddis Larvae of Finland and Nearby Countries. Trificon books. 151 s.

Tachet, T. et al. 2002. Invertébrés D'eau Douce. Systématique, Biologie, Écologie. CNRS Éditions, Paris

Diverse taxa

Dall & Lindegaard 1995. En oversigt over danske ferskvandsinvertebrater til brug ved bedømmelse af forurening i søer og vandløb. Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet. 240 s.

Dobson et al. 2012 Guide to freshwater invertebrates. Scientific Publication No. 68. Freshwater Biological Association, Ambleside

Fitter, R. & Manual, R. 1986. Collins Field Guide to Freshwater Life. Collins, London

Macan, T.T. 1959. A Guide to Freshwater Invertebrate Animals. Longmans, London

Mellanby, H. 1963. Animal Life in Freshwater: A Guide to Freshwater Invertebrates. Methuen, London

Pawley, S. 2011. Guide to British freshwater macroinvertebrates for biotic assessment. Freshwater Biological Association Scientific Publication N0, 67.

7 Referanser

Anderson, M.J. (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32-46.

Fjellheim A, Johannessen A, Landås TS (2011) Biological intercalibration: Invertebrates 1511. ICP Waters report 109/2011.

Halvorsen GA, Johannessen A, Landås TS (2017) Biological intercalibration: Invertebrates 2017. ICP Waters report 133/2017.

Petrin, Z. Bækkelie, KA, Bongard, T, Bremnes, T., Eriksen, TE, Kjærstad, G., Saltveit, S.J., Schartau, AK og Velle, G. (2016) Innsamling og bearbeiding av bunndyrprøver – hva vi kan enes om. NINA rapport 1276.

Raddum G (1993) Intercalibration of Invertebrate Fauna 9301. Bergen: Zoological Institute, University of Bergen.

Sandlund, O. T., Pedersen, A. (2013) Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. p. 263. Direktorsgruppen Vannportalen.

Schartau, A.K., Fjellheim, A., Garmo, Ø., Halvorsen, G.A., Hesthagen, T., Saksgård, R., Skancke, L.B., Walseng, B. (2016) Effekter av langtransporterte forurensninger i norske innsjøer – forurensningstilstand og trender. Inkludert nye overvåkingsdata fra 2012-2014. Overvåkingsrapport M-503. Norsk institutt for naturforskning, Uni Research Miljø, Norsk institutt for vannforskning. 184 s.

Sokal R and Michener C (1958). A statistical method for evaluating systematic relationships. *University of Kansas Science Bulletin*. 38: 1409–1438.

Velle G, Telford R, Skjelkvaale BL, C.Curtis, L.Eriksson, A.Fjellheim, J.Fölster, G.A.Halvorsen, Hildrew A, Hoffmann A, Indriksone I, Kamasová L, Kopáček J, Orton S, Krám P, Monteith DT, Senoo T, Shilland EM, Stuchlík E, Wiklund M-L, Wit Hd, Skjelkvaale B-L (2013) 30 years of biodiversity trends in European fresh waters. Bergen: ICP Waters report 114/ 2013.

Velle, G. Mahlum, S. Monteith, D. de Wit, H., Arle, J., Eriksson, L. Fjellheim, A. Frolova, M., Fölster, J., Grudule, N., Halvorsen, G.A., Hildrew, A. Hruška, J., Indriksone, I. Kamasová, L., Kopáček, J., Krám, P., Orton, S., Senoo, T., Shilland, E.M., Stuchlík, E., Telford, R.J., Ungermanová, L., Wiklund, M-L., Wright R.F. (2016) Biodiversity of macro-invertebrates in acid-sensitive waters: trends and relations to water chemistry and climate. ICP Waters report 127/1016.

Ferskvannsekologi - laksefisk - bunndyr

LFI ble opprettet i 1969, og er nå en seksjon ved Uni Research Miljø, en avdeling i Uni Research AS, et forskningsselskap eid av universitetet i Bergen og stiftelsen Universitetsforskning Bergen. LFI Uni Research Miljø tar oppdrag som omfatter forskning, overvåking, tiltak og utredninger innen ferskvannsekologi. Vi har spesiell kompetanse på laksefisk (laks, sjøaure, innlandsaure) og bunndyr, og på hvilke miljøbetingelser som skal være til stede for at disse artene skal ha livskraftige bestander. Sentrale tema er:

- Bestandsregulerende faktorer
- Gytebiologi hos laksefisk
- Biologisk mangfold basert på bunndyrsamfunn i ferskvann
- Effekter av vassdragsreguleringer
- Effekter av fiskeoppdrett, lakselus og rømming
- Forsuring og kalking
- Habitattanalyser
- Vassdragsrestaurering
- Miljødesign og habitattiltak
- Effekter av klimaendringer
- Fiskepassasjer
- Gassovermetning

Oppdragsgivere er offentlig forvaltning, kraftselskap, forskningsråd og andre. Viktige samarbeidspartnere er andre nasjonale og internasjonale forskningsinstitusjoner og FoU miljø hos oppdragsgivere.

Våre nettsider finnes på <http://uni.no/nb/uni-miljo/> eller ved søk på Uni Research Miljø.