



Typanpassning av sjöar och vattendrag

En granskning av den föreslagna svenska typologin
med avseende på växtplankton och makrofyter

av

Eva Willén och Daniel Larson

Typanpassning av referenssjöar och vattendrag:
En granskning av den föreslagna svenska typologin
med avseende på växtplankton och makrofyter

av

Eva Willén och Daniel Larson

Tryckt: IMA februari 2004

ISSN 1403 – 977X

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	7
VÄXTPLANKTON	8
MATERIAL OCH METODER	8
RESULTAT	12
<u>Typklassning med TWINSPAN</u>	12
<u>Typklassning med annan klassningsmetod</u>	15
<u>Typklassning med Bedömningsgrunders kvalitetsfaktor</u>	15
ÖVERSIKT	17
MAKROFYTER	19
MATERIAL OCH METODER	19
RESULTAT	19
ÖVERSIKT	22
REFERENSER	24

SAMMANFATTNING

Anpassning av organismer mot en typologi av geografiska, geologiska och morfologiska faktorer kan vara svår då man i de flesta fall kan erfara att organismer och deras habitat följer en glidande skala av omvärldsfaktorer. I EUs vattendirektiv har ett ambitiöst arbete gjorts för att finna klassningar av sjöar och vattendrag som på ett praktiskt sätt skall avgränsa mångfalden.

I detta arbete (Naturvårdsverket Överenskommelse 261 0310, Dnr. 721-6626-03Mm) presenteras en anpassning av växtplankton från 62 svenska referenssjöar (vatten utan eller med mycket liten antropogen påverkan) och av makrofyter (undervattens-, friflytande- och flytbladsväxter) från 21 sjöar till typindelningar av sjöar efter ekoregioner, geologi, sjödjup, sjöstorlek och höjdlägen. Statistiska analyser av växtplankton och makrofyter grundar sig framför allt på artsammansättningar och för växtplankton av abundanser (biomassor) av arter. Tester har gjorts också med andra kvalitetsfaktorer som bl. a. totalbiomassor och artantal men tydligaste utslag har givits för förekomst av arter. En översikt över resultaten ges i slutet av de respektive kapitel som behandlar växtplankton och makrofyter. För båda dessa organismgrupper är vattnets humushalt (ljusklimat) av signifikant betydelse och för växtplankton också höjden över havet. Det lilla underlaget av sjöar med makrofytdata medgav ingen statistisk signifikans för höjddata men det är värt att testa med ett större material. Medeldjup och sjöstorlek hade ingen betydelse för sammansättningen av de testade organismgrupperna.

Här följer en översikt över de speciella referensförhållande (RF) som erhålles efter tester med det underliggande datamaterialet.

Växtplankton

Typspecifikt RF 1. Majoriteten av sjöarna i höjdklass <200 m.ö.h., ekoregion Centralslätten, humushaltigt vatten (absorbans f. >0,06, Ca <0,5 mekv/l). Medeldjup och sjöarea varierande.

Typspecifikt RF 2. Majoriteten av sjöarna i höjdklass 200–800 m.ö.h., ekoregion Fennoskadiska skölden, humushaltigt vatten (absorbans f. >0,06, Ca <0,5 mekv/l). Medeldjup och sjöarea varierande.

Typspecifikt RF 3. Blandad sjögrupp från alla höjdklasser och ekoregioner. Många fjällsjöar i höjdklass 200–800 och >800 m.ö.h. Flera geologiklasser. Extremt låga totalbiomassor. En tydlig ”outlier” med mycket kalkhaltigt vatten. Medeldjup och sjöarea varierande.

Makrofyter

Typspecifikt RF 1. Humushaltiga sjöar (absorbans f. >0,06, Ca < 0,5 mekv/l) främst i ekoregion Fennoskadiska skölden. Höjdklass <800 m.ö.h. i övrigt varierande. Medeldjup >3 m. Sjöarea varierande. Artrikedom i tillståndsklass 2 och 3 enligt Bedömningsgrunderna (artrikt–ganska artrikt).

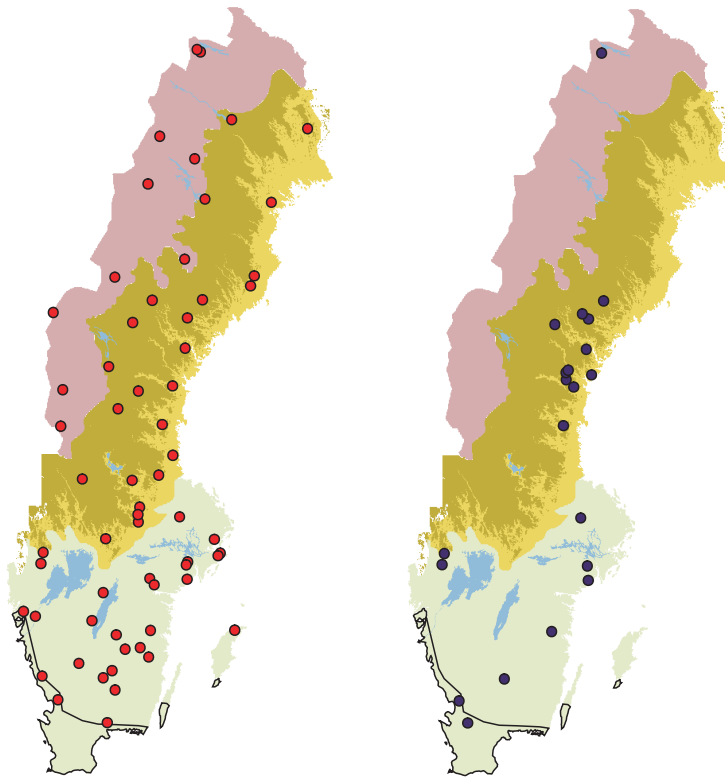
Typspecifikt RF 2. Ingen tydlig preferens för geologiklass och sjöarea. Majoriteten av sjöar i ekoregion Centralslätten. Höjdklass <200 m.ö.h. Medeldjup >3 m. Artrikedom i tillståndsklass 3 och 4 enligt Bedömningsgrunderna (ganska artrikt–ganska artfattigt).

INLEDNING

För att kunna fastställa referensförhållanden i sjöar och vattendrag som underlag för en statusklassbedömning i enlighet med EUs vattendirektiv, har klassificering av olika objekt gjorts med beaktande av i första hand geografiska, geologiska och morfologiska faktorer.

Ett förslag till typindelning av svenska vatten i enlighet med vad som föreskrivits i direktivet har tidigare rapporterats (Fölster m.fl. 2003). I ett senare projekt fastställdes referensförhållanden och påverkade objekt filtrerades bort. Hänsyn togs då till påverkan av jordbruk, skogsbruk, bebyggelse, punktkällor, metaller och försurning. Sedan analyserades biologiska kvalitetsfaktorer (makrofyter, växtplankton, bottenfauna) och referenser bedömdes vara sådana objekt som hade en påverkansklassning av 1-2 enligt Bedömningsgrunder för Miljö kvalitet (Johnson m.fl. 2003, Naturvårdsverket 1999). För kvalitetsfaktorn växtplankton erhöles då ett 60-tal sjöar från miljöövervakningens databas och för makrofyter, som inte i så hög utsträckning hittills har undersökts regionalt på ett systematiskt sätt, fanns bara 20-talet sjöar ur samma databas som kunde betraktas som referenser enligt de uppställda kriterierna. Endast sjömaterial har testats. Växtplankton är ingen lämplig kvalitetsfaktor att mäta i rinnande vatten om inte vattendraget är mycket brett och med synnerligen långsamflytande vatten som förhållandet kan vara i vissa centraleuropeiska floder sommartid. För makrofyter saknas helt material i miljöövervakningensdatabas från rinnande vatten

I föreliggande arbete görs på uppdrag av naturvårdsverket en typologianpassning av växtplankton med beaktande av artsammansättning och arternas biomassa samt av den totala växtplanktonbiomassan. För makrofyterna har antalet arter av undervattens-, flytblads- och friflytande karaktär använts d.v.s de vegetationstyper som är goda indikatorer på miljö kvalitet och som är valda i Bedömningsgrunderna. Arbetet har utförts på uppdrag av Naturvårdsverket.



Figur 1. Regional fördelning av referenssjöar som använts för typanpassning av växtplankton (62 st.) och makrofyter (21 st.). Fyra ekoregioner är markerade (Fölster m.fl. 2003) men också den nemorala delen av centralisletten.

VÄXTPLANKTON

MATERIAL OCH METODER

Antalet referenssjöar som använts för växtplankton är 62 och dessa härrör från olika övervakningsprogram, tabell 1 och fig. 1. Sjöarnas position, storskaliga ekoregionindelning samt bakgrundsvariabler för obligatorisk klassning har skett enligt WFD med smärre anpassningar efter svenska förhållanden (Fölster m.fl. 2003). Sjöarna har karakteriserats i höjdklasser, storleksklasser, djupklasser och geologiklasser i enlighet med vad som anges i tabell 2 och 3. Växtplanktonmaterialet från de 62 sjöarna omfattade i ett första skede 386 arter från augusti månad 1997–2002. Som augustiprover räknades också sådana som av praktiska skäl något år blev provtagna sista dagarna i juli eller första dagarna i september. Från ett mindre antal sjöar saknas prov från enstaka år men datasetet omfattar minst 5 augustimånader per sjö. Två regionala referenssjöar (Hamträsket och Kullaträsk i AB-län) har bara data från två års studier. Dessa sjöars speciella geologiska karaktär som kalkrika och humösa berättigar dock till införlivande i datasetet. Datamaterialet från helsäsongstudier är alltför litet för typologiarbetet och omfattar i stort sett bara vissa intensivsjöar.

Växtplanktonmaterialet likformades med avseende på namnsättning, där svårdefinierade arter sammanfördes till funktionella grupper eller till högre taxanivåer. Sammanslagningar har varit särskilt uttalade för vissa kvävefixerande blågrönalger, för arter som kräver särskild preparering för säker artupplösning, för flagellatgrupper samt för småcelliga kulkolonier bland grönalger och blågrönalger. Antalet taxa som användes i den slutgiltiga matrisen reducerades på det viset till 256. För varje taxon beräknades sedan ett medelvärde av dess biomassa (volym/l) över aktuellt antal år (5–6 år). Dessutom beräknades ett medelvärde av totala biomassan (totalvolymen/l) för varje sjö samma period.

I Bedömningsgrunderna finns möjlighet att bedöma 5 kvalitetsfaktorer. Här har valts en koncentration på totalvolymen (totalbiomassan) växtplankton samt på biovolymen (biomassan) av enskilda arter. Alla data hönför sig till augustiperioden.

Anledningen är att:

- de opåverkade/obetydligt påverkade sjöar som behandlas här inte har de traditionella eutrofiindikatorer som finns med i Bedömningsgrunderna. Så är t.ex. biomassan cyanobakterier inte signifikant särskiljande då små biomassor av potentiella vattenblommare finns i så gott som alla sjöar ända upp i fjällkedjan.
- vårutvecklande kiselalger faller självklart bort.
- biovolymen av *Gonyostomum* testades som klassningsvariabel men blev inte utslagsgivande
- artsammansättningen är en nyanserad och bra variabel för att karakterisera växtplanktons associationer under olika successionsstadier. Mycket tyder på att man får den största separeringen av arter och sjöar under juli–augusti vilket betyder att vår- och höstsituationen i många sjöar är mer likartad beroende på att endast vissa arter/grupper kan anpassa sig till den stora störning som en omrörd vattenmassa utgör.

Materialet har behandlats statistiskt på följande sätt:

- klassificering av sjöar och taxa har gjorts med programmet TWINSPAN (two-way indicator species analysis, Hill 1979) och för jämförelse också med en så kallad agglomerativ hierarkisk metod UPGMA (unweighted pair-group method using arithmetic averages, Sneath & Sokal 1973) efter en similaritetsberäkning med Czekanowskis index (Hajdu 1981).

- klassade data med växtplankton har jämförts med typologierna i en diskriminantanalys. Separeringen av sjöar efter typologivariabler kontrolleras statistiskt (Wilk's Lambda)
- I en multipel jämförelse användes numeriska värden (sjöarea, sjödjup, höjd över havet, Ca-halt och Abs f.) för typologivariablerna mot sjögrupperna för att kontrollera vilken/vilka variabler som var av signifikant betydelse för sjögrupperingen. I det avseendet användes ett Tukey-Kramer HSD test anpassat för prov av olika storlek (Sokal & Rohlf 2003).

Databearbetning och analys har genomförts i programmet JMP-3.2, SAS Institute 1997. Genomgående, för alla test, har en signifikansnivå av 0,05 använts.

Tabell 1. Referenssjöar (62) med ingen eller endast liten avvikelse från ett jämförvärde enligt Bedömningsgrunderna (1999) och använda vid typanpassning av växtplankton.

SjöNamn	X_SMHI	Y_SMHI	Ekoregion	H.ö.h. m	Sjöarea km ²	Medeldjupm	Ca, mekv /l	Absorbans f. 420/5
Abiskojaure, 1	758208	161749	boreala höglandet	488,7	2,98	10,9	0,21	0,016
Allgjuttern, 1	642489	151724	centralslätten	129,8	0,16	11,7	0,18	0,052
Bjännsjön, 2	713404	172465	fennoskand. skölden	179,8	0,41	1,4	0,10	0,182
Björken, 2	652707	159032	centralslätten	33,2	1,35	5,3	0,27	0,062
Bränträsket, 2	728095	175926	fennoskand. skölden	81,9	0,81	2,9	0,15	0,176
Bysjön, 2	658086	130264	centralslätten	125,5	1,18	5,3	0,13	0,081
Bästräsk, 2	642555	168553	centralslätten	6	6,52	0,7	2,30	0,028
Dagam, 2	664197	149337	fennoskand. skölden	133	1,67	5,3	0,19	0,068
Degervattnet, 2	708512	152086	fennoskand. skölden	212,6	1,6	5,3	0,19	0,093
Dunnervattnet, 2	713131	144608	boreala höglandet	455,2	2,67	10,9	0,10	0,087
Fiolen, 1	633025	142267	centralslätten	226	1,55	3,9	0,16	0,053
Fjärsjö, 2	638725	146677	centralslätten	237	0,32	4,3	0,27	0,086
Fjåtsjön Övre, 2	690617	134197	boreala höglandet	743,9	0,91	5,1	0,08	0,078
Fräcksjön, 1	645289	128665	centralslätten	62,5	0,27	4,1	0,18	0,131
Fyrjön, 2	704082	148125	fennoskand. skölden	298,7	18,9	10,9	0,74	0,097
Försjön, 3	641603	144848	centralslätten	266,3	1,56	5,7	0,28	0,083
Gipsjön, 2	672729	138082	fennoskand. skölden	382,2	0,75	4,9	0,06	0,306
Gosjön, 2	677506	156174	fennoskand. skölden	63	0,39	3,6	0,12	0,287
Granvattnet, 2	646293	126302	centralslätten*	57	0,2	1,6	0,15	0,087
Gryten, 2	652840	151589	centralslätten	46,7	1,06	5,3	0,38	0,242
Hagasjön, 2	635878	137392	centralslätten	170,3	0,11	3,7	0,16	0,141
Hampträsket, 3	657941	165710	centralslätten	15,3	0,06	2,6	0,54	0,080
Hinnasjön, 2	630605	144655	centralslätten	171,5	0,26	1,4	0,20	0,156
Holmeshultasjön, 3	634447	144024	centralslätten	210,1	0,62	4,4	0,28	0,108
Humsjön, 2	650061	142276	centralslätten	129,1	0,21	3,6	0,17	0,071
Hällsjön, 2	667151	149602	fennoskand. skölden	168,1	0,21	3,6	0,11	0,090

forts. tabell 1

Sjönamn	X_SMHI	Y_SMHI	Ekoregion	H.ö.h. m	Sjöarea km ²	Medeldjupm	Ca, mekv /l	Absorbans f. 420/5
Hällvattnet, 2	704955	159090	fennoskand. skölden	216,3	6,58	12,7	0,10	0,137
Hökesjön, 2	639047	149701	centralslätten	146,6	0,51	7,4	0,22	0,024
Jutsajaure, 1	744629	167999	fennoskand. skölden	420,8	1,11	5,3	0,09	0,097
Kullaträsk, 3	657424	165233	centralslätten	21,2	0,21	3,5	0,46	0,130
Latnjajaure, 2	758677	161050	boreala högländet	966,5	0,74	5,1	0,08	0,005
Limmingsjön, 2	660804	142742	fennoskand. skölden	234,1	1,08	5,3	0,16	0,071
Louvajaure, 2	736804	160569	boreala högländet	458,6	0,82	5,1	0,16	0,021
Långsjön, 2	673534	153381	fennoskand. skölden	239,3	0,07	2	0,15	0,240
Mäsen, 2	665654	149206	fennoskand. skölden	105,9	0,42	3,6	0,21	0,064
N. Yngern, 2	656206	159170	centralslätten	38,5	14,01	27,7	0,35	0,032
Njalakjaure, 2	741340	153576	boreala högländet	849,5	0,33	5,1	0,03	0,015
Pahajärvi, 2	742829	183168	fennoskand. skölden	248,5	1,21	3,6	0,10	0,056
Remmarsjön, 1	708619	162132	fennoskand. skölden	234	1,29	5	0,09	0,194
Sangen, 2	686849	145214	fennoskand. skölden	444,2	1,44	5,3	0,11	0,117
Siggeforasjön, 2	665175	157559	centralslätten	74	0,7	4,2	0,29	0,233
Skärgölen, 2	651573	152481	centralslätten	72,8	0,18	3,6	0,24	0,084
Skärsjön, 2	633344	130068	centralslätten*	48,7	2,98	9,3	0,20	0,025
Spiutsjön, 2	672467	148031	fennoskand. skölden	182,1	0,4	5,9	0,14	0,032
St Skärsjön, 3	628606	133205	centralslätten*	55	0,33	3,9	0,19	0,047
St. Lummersjön, 2	644463	139986	centralslätten	240,1	0,06	1,5	0,15	0,241
Stensjön, 1	683673	154083	fennoskand. skölden	268,7	0,53	4,3	0,07	0,115
Stor-Arasjön, 2	716717	158596	boreala högländet	543,7	7,13	5,3	0,06	0,098
Stor-Backsjön, 2	695220	143383	fennoskand. skölden	427,2	2,09	1,6	0,28	0,207
Stor-Björnsjön, 2	706083	132287	boreala högländet	567,9	0,43	5,1	0,19	0,091
Stor-Tjulträsket, 2	731799	151196	boreala högländet	543,9	5,25	21,2	0,30	0,028
Stora Envättern, 1	655587	158869	centralslätten	64,9	0,38	5	0,18	0,072
Tväringen, 2	690345	149315	fennoskand. skölden	307,6	1,61	5,3	0,12	0,120
Täftesträsket, 2	711365	171748	fennoskand. skölden	139,8	2,22	4,3	0,13	0,168
Tängersjö, 2	637121	151366	centralslätten	114,3	0,09	2,2	0,15	0,064
Tärnan, 2	660688	164478	centralslätten	41	1,06	4,3	0,43	0,079
V. Rännöbodsjön, 2	691365	156127	fennoskand. skölden	46,7	0,46	6,2	0,25	0,120
Valasjön, 2	698918	158665	fennoskand. skölden	100,6	1,98	5,3	0,15	0,189
Vuolgamjaure, 2	728744	162653	fennoskand. skölden	436,5	2,03	5,3	0,11	0,070
Västra Solsjön, 2	655863	129783	centralslätten	147,5	1,85	12,3	0,20	0,032
Ö. Särnamannasjön, 1	683337	133785	boreala högländet	953,4	0,41	3,6	0,01	0,010
Örsjön, 2	624038	143063	centralslätten*	89,3	0,19	3,5	0,15	0,076

Efter sjönamnet anges det övervakningsprogram sjön tillhör: 1) intensivsjö, 2) referens nationell 3) referens regional.

Tabell 2. Typologivariabler och gränsvärden använda för anpassning av växtplankton- och makrofytdata.

Klass	H.ö.h. m.	Sjöarea km ²	Medel- djup m.	Geologi					
				Organisk	Kalkhaltig	Kiselhaltig		Organisk+kalkrik	
				Abs f. 420/5	Ca mekv/l	Ca mekv./l	Abs f.	Ca mekv./l	Abs f.
1	<200	<0,5	<3	>0,06	>0,5	<0,5	<0,06	>0,5	>0,06
2	200–800	0,5–2	>3						
3	>800	2–10							
4		>10							

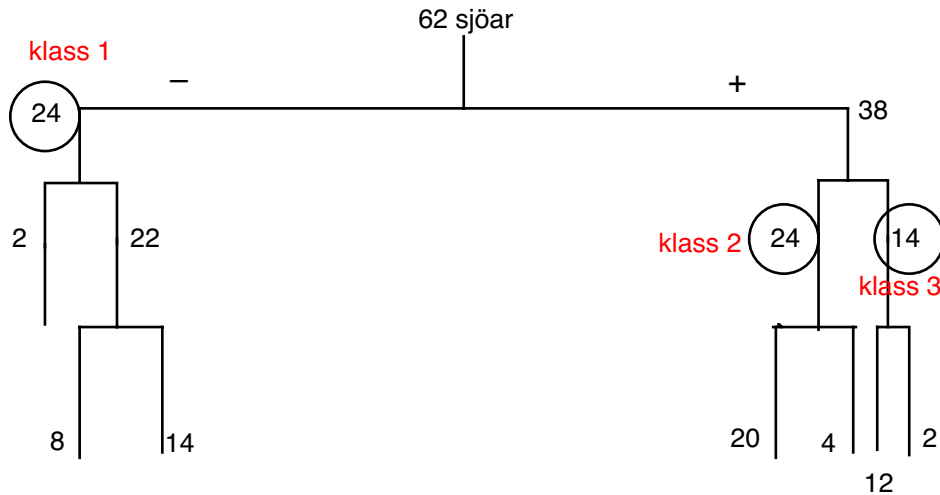
Tabell 3. Fördelning av antalet referenssjöar med växtplankton arrangerad efter typologi.

Typologi	Indelning	Antal sjöar
Region	Centralslätten	28
	Fennoskandiska skölden <200 m.ö.h.	7
	Fennoskandiska skölden >200 m.ö.h.	17
	Boreala höglandet	10
Höjd över havet	<200 m.	33
	200–800 m.	26
	>800 m.	3
Sjöarea	<0,5 km ²	25
	0,5–2 km ²	25
	2–10 km ²	10
	>10 km ²	2
Kalkrike- dom	> 0,5 mekv/l Ca	3
Humushalt	>0,06 Abs. F 420/5	46

RESULTAT

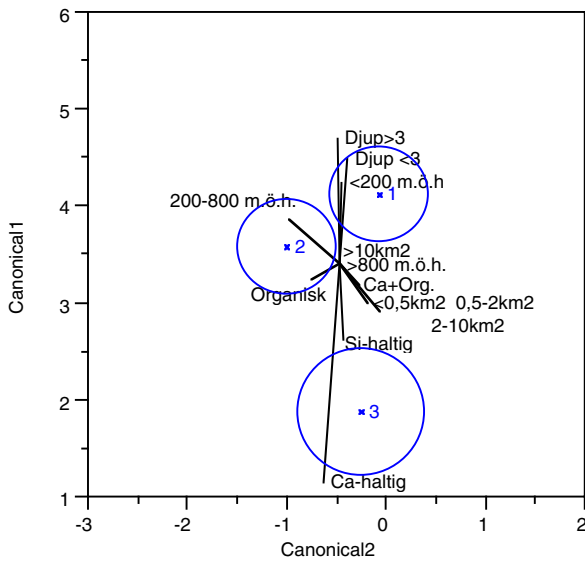
Typklassning med TWINSPAN

Klassningen av växtplanktonmaterialet med TWINSPAN resulterade i en första separering av 24 sjöar i en grupp och 38 i en annan, fig. 2. Både på dendrogrammets negativa och positiva sida fanns ”outlier”grupper – sjöar med vissa specifika taxa. I materialet finns bara en enda sjö med riktigt hög kalkhalt, jmf. tab. 1, och det är Bästeträsk på Gotland vilket också visade sig i en ”borderline” karaktär. Först gjordes en så detaljerad separering av sjögrupper som kunde anses rimlig med tanke på antalet sjöar per grupp. Det blev då nio stycken, vilka alla inte framgår av fig. 2. Med utgångspunkt från upprepade tester med allt färre och bredare grupper erhöles en avgränsning först när bara tre grupperingar återstod.



Figur 2. Hierarkisk klassificering av sjöar med växtplanktondata baserad på TWINSPAN.

De grupper som bäst separerade sig har markerats med ringar i figur 2 och den väl avgränsade separeringen illustreras i figur 3.



Figur 3. Centroiddiagram av väl separerade sjögrupper med växtplankton från 62 referenssjöar testade mot klasser av höjddata, sjöareadata, djupdata och geologidata.

Arter av betydelse för separeringen av de tre Twinspan-grupperna presenteras i tabell 4. Kriteriet för listningen av dessa ”indikatorer” är att de förekommer i >65% av sjöarna inom gruppen eller att de endast finns i en grupp.

Tabell 4. Arter som indikerar skillnader mellan de olika Twinspangrupperna.

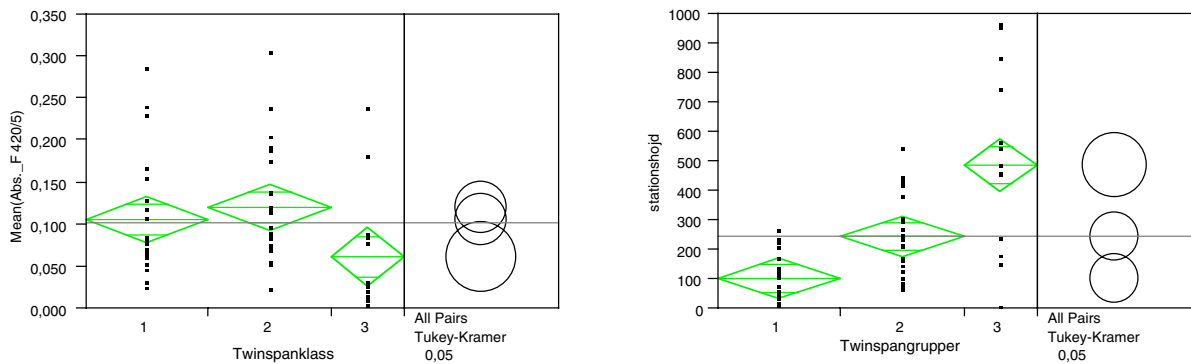
TWINSpan-grupp 1	TWINSpan-grupp 2	TWINSpan-grupp 3
<i>Scenedesmus armati</i> -gruppen	<i>Dinobryon bavaricum</i>	<i>Chrysolykos skujae</i>
<i>Tetrastrum triangulare</i>	<i>Mallomonas punctifera</i>	<i>Monoraphidium contortum</i>
<i>Pediastrum privum</i>	<i>Cryptomonas 20–40 µm</i>	
<i>Quadrigula pfitzeri</i>	<i>Staurodesmus</i>	
	<i>Asterionella formosa</i>	
	<i>Aulacoseira alpigena</i>	
	<i>Chrysidiastrum catenatum</i>	

Vid en parvis test mellan de tre olika grupperna i figur 3 erhålles emellertid ingen tydlig signifikans mellan grupp 1 och 2, medan grupp 2 och 3 är väl skilda liksom klass 1 och 3. Att det är stora variationer i sjömaterialet och deras artsammansättning med många överlappningar framgår också av tabell 5 där 33% av sjöarna i grupp 2 klassas med tillhörighet i grupp 1.

Tabell 5. Klassning av sjögrupper (enl. Twinspan) mot typologivariabler

Twinspan-grupp	Predikerad grupp			Antal sjöar
	1	2	3	
1	19 (79%)	3	2	24
2	8	13 (54%)	3	24
3	2	3	9 (64%)	14

En test av de oklassade värdena (reella tal) visar dock på signifikanta skillnader mellan alla grupperna i figur 3 när det gäller höjd över havet, fig. 4. För vattenfärg (absorbans filtrerad) är skillnaden signifikant mellan grupp 2 och 3 men inte mellan grupp 1 och 2, tab. 6. Inga av de övriga variablerna som används för klassning särskiljer grupperna.



Figur 4. Test av medelvärden och spridning av Twinspangrupper mot vattenfärg (absorbans f) och stationshöjd i 62 referenssjöar.

Tabell 6. Medelvärden och variationskoefficienter för de två typologi-variabler som signifikant skiljer Twinspangrupperna.

Twinspangrupp	Höjd över havet m	CV	Absorbans f 420/5	CV
1	102,5	0,71	0,11	0,63
2	247,4	0,55	0,12	0,58
3	484,5	0,64	0,06	1,16

Typklassning med annan klassningsmetod

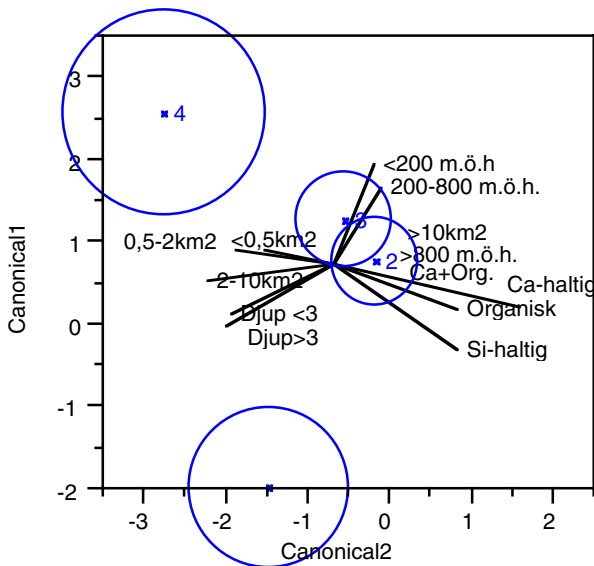
En klassning av sjögrupper separerade med UPGMA (jmf. Material och metoder) efter behandling med ett similaritetsindex gav betydligt trubbigare utslag än TWINSPAN-klassningen. Även här erhöles tre grupper varav 2 fick ett sjöantal per grupp som ≤ 10 och sjöar i fjällområdet blev tydligast separerade. Övriga skogssjöar skulle kunna sammanföras till en enda grupp. Inga vidare bearbetningar har utförts med klassade data enligt denna metod.

Typklassning med Bedömningsgrundernas kvalitetsfaktorer

Följande totalvolymklasser användes vilka följer Bedömningsgrundernas tillståndsklassning: $\leq 0,1$ (ultraoligotrofi), 0,1–0,5; 0,5–2; $> 2 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$.

De högsta volymklasserna 4 och 5 i tillståndsklassningen kunde inte användas eftersom så höga värden inte fanns bland referenssjöarna. Istället separerades klassen ”mycket liten biomassa” i en klass som i bedömningsgrunderna karakteriseras som ultraoligotrofiklassen. Totalvolymklassningen separerar särskilt grupp 1 och 4, fig. 5, tab. 7. Dessa klasser innehåller dock mycket få sjöar och den stora massan av sjöar hamnar i klass 2 och 3 men dessa klasser skiljer sig inte åt signifikant. Så man kan säga att även vid klassning med totalvolym

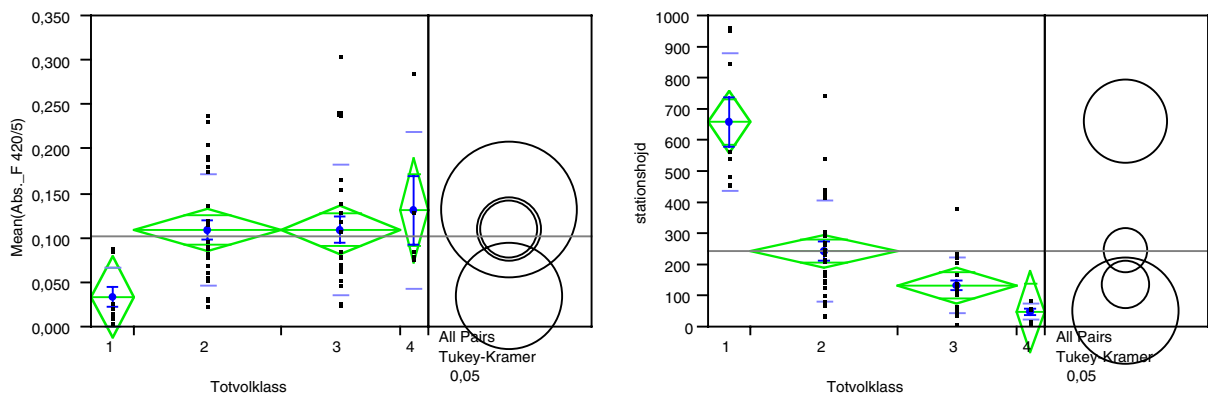
erhölls tre klasser som endast skiljer sig åt med avseende på höjd över havet fig. 6, tab. 8. När det gäller vattenfärg (absorbans) är det bara en grupp (nr. 1) som signifikant skiljer ut sig och den gruppen innefattar 8 fjällsjöar. Grupp 4 utgörs av ett fåtal *Gonyostomum*sjöar belägna i låglandsområden. Genom totalvolymerna separeras tydligast ytterligheterna i referenssjömaterialet och i detta material är dessa huvudsakligast skogssjöar med kraftig dominans av en invasiv art och ett antal fjällsjöar. Den stora massan av totalvolym i storleksordningen $0,1-2 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ förekommer i typklass 2 och 3 medan de mycket näringsfattiga fjällsjöarna hamnar i klass 1 och sjöar med de i det här materialet högsta totalvolymerna i klass 4.



Figur 5. Centroiddiagram av sjögrupper separerade i fyra totalvolymklasser, enligt Bedömningsgrunderna, mot höjddata, sjöareadata, djupdata och geologidata.

Tabell 7. Klassning av sjögrupper (med växtplanktons totalvolym) mot typologivariabler

Totalvolymklass	Predikterad grupp				Antal sjöar
	1	2	3	4	
1	5 (65%)	2	1	0	8
2	0	19 (70%)	8	0	27
3	0	6	16 (73%)	0	22
4	0	0	3	2 (40%)	5



Figur 6. Test av medelvärden och spridning av totalvolymgrupper mot vattenfärg (absorbans f) och stationshöjd i 62 referenssjöar.

Tabell 8. Medelvärden och variationskoefficienter för typologivariablerna höjd och absorbans baserat på totalvolymklasser

Totalvolym- grupp	Höjd över havet, m	CV	Absorbans f	CV
1	660	0,34	0,03	1,00
2	247	0,68	0,11	0,54
3	136	0,67	0,11	0,64
4	49	0,63	0,13	0,69

Övriga kvalitetsvariabler, som biomassan vattenblommande cyanobakterier och biomassan *Gonyostomum*, särskiljer inte sjöarna signifikant. Nästan hälften av alla sjöar innehåller större eller mindre mängder av *Gonyostomum*. Sjöar med med låga absorbansvärden saknar *Gonyostomum*.

ÖVERSIKT

Gruppering av sjöar efter typologivariabler separeras bäst av artsammansättningen och de enskilda arternas biomassor. TWINSpan var den tydligast separerande klassningsmetoden av två jämförda. Höjden över havet och vattnets halt av organiskt material var de två typologivariabler som signifikant särskiljde sjöarna. När det gäller halten organiskt material (mätt som absorbansvärde) var det bara så kallade klarvattenssjöar som skilde ut sig. Den stora massan av mer eller mindre bruna skogssjöar skiljs inte ut tydligt. I det här materialet av 62 sjöar betyder boreala höglandets klara sjöar mycket för utgången av färgklassningen. Riktigt kalkrika sjöar saknas i materialet med undantag av Bästeträsk på Gotland som har en kalciumkoncentration som överstiger 2,3 mekv/l medan medeltalet av alla sjöar är 0,2 mekv/l, och medeltalet i TWINSpan-grupp 3 dit Bästeträsk klassats, 0,3 mekv/l. Ett rikligare

sjömaterial med kalkrika referenssjöar skulle nog peka på en artsammansättning av eget slag. En grupp sjöar som totalt saknas i det testade sjömaterialiet är naturligt eutrofa sjöar om man då tar en totalfosforhalt av $\geq 25\mu\text{g}$ som utgångspunkt. Det är att förvänta sig att dessa ligger i den lägsta höjdklassen med varierande absorptionsvärden men artsammansättningen borde vara särskiljande och i viss mån i linje med de kalkrika sjöarna. Sjöarea och medeldjup har uppenbarligen inte så stor betydelse för vare sig artsammansättning eller totalbiomassor. Sjöarea kan däremot vara betydelsefullt för artrikedom där riktigt stora objekt är artrikare än små men då bör storleken på sjön vara betydande. Medeldjupet på en sjö som inte särskiljer de testade referenssjöarna har däremot betydelse för utfallet av totala biomassor i näringsrika sjöar vilket också påpekats i Bedömningsgrundernas bakgrundsdokument (Naturvårdsverket 1999). En sammanfattande översikt över växtplanktons sjögrupper mot separerande typologivariabler presenteras i tabell 9.

Tabell 9. Översikt över kombinationer av typologivariabler där höjdklass och humushalt bland geologiklasserna är särskiljande för växtplanktons artsammansättning.

TWINS PAN grupp	Antal Sjöar	% av total	Ekoregion	Höjdklass m.ö.h.	Geologiklass	Totalvolymsklass
1	5	8	FS	<200	humushaltig	1, 4
1	1	2	CS	200–800	kiselhaltig	3
1	3	5	CS	200–800	humushaltig	2, 3
1	3	5	CS	<200	kiselhaltig	2, 3
1	10	16	CS	<200	humushaltig	2, 3, 4
1	2	3	CS	<200	kalk- +humushaltig	4
<i>Grupp 1 Totalt</i>	<i>24</i>	<i>39</i>	<i>3 regioner</i>	<i>2 höjdklasser</i>	<i>3 geologi-klasser</i>	<i>4 totalvolymsklasser</i>
2	1	2	BH	200–800	humushaltig	2
2	12	19	FS	200–800	humushaltig	2, 3
2	1	2	FS	200–800	kiselhaltig	2
2	1	2	FS	200–800	kalk- +humushaltig	2
2	3	5	FS	<200	humushaltig	2
2	4	6	CS	<200	humushaltig	2, 3, 4
2	2	3	CS	<200	kiselhaltig	2
<i>Grupp 2 Totalt</i>	<i>24</i>	<i>39</i>	<i>3 regioner</i>	<i>2 höjdklasser</i>	<i>3 geologiklasser</i>	<i>3 totalvolymsklasser</i>
3	3	5	BH	>800	kiselhaltig	1
3	3	5	BH	200–800	kiselhaltig	1
3	3	5	BH	200–800	humushaltig	1, 2
3	1	1	FS	<200	kiselhaltig	2
3	1	1,5	FS	<200	humushaltig	2
3	1	1,5	CS	<200	kiselhaltig	2
3	1	1,5	CS	<200	humushaltig	2
3	1	1,5	CS	<200	kalkhaltig	3
<i>Grupp 3 Totalt</i>	<i>14</i>	<i>22</i>	<i>3 regioner</i>	<i>3 höjdklasser</i>	<i>3 geologi-klasser</i>	<i>3 totalvolymsklasser</i>

BH boreala höglandet, FS fennoskandiska skölden, CS centralslätten

VÄXTPLANKTON

Typspecifikt RF 1. Majoriteten av sjöarna i höjdklass <200 m.ö.h., ekoregion CS, humushaltigt vatten (absorbans $f. >0,06$, $Ca <0,5$ mekv/l). Medeldjup och sjöarea varierande.

Typspecifikt RF 2. Majoriteten av sjöarna i höjdklass 200–800 m.ö.h., ekoregion FS, humushaltigt vatten (absorbans $f. >0,06$, $Ca <0,5$ mekv/l). Medeldjup och sjöarea varierande.

Typspecifikt RF 3. Blandad sjögrupp från alla höjdklasser och ekoregioner. Många fjällsjöar i höjdklass 200–800 och >800 m.ö.h. Flera geologiklasser. Extremt låga totalbiomassor. En tydlig "outlier" med mycket kalkhaltigt vatten. Medeldjup och sjöarea varierande.

MAKROFYTER

MATERIAL OCH METODER

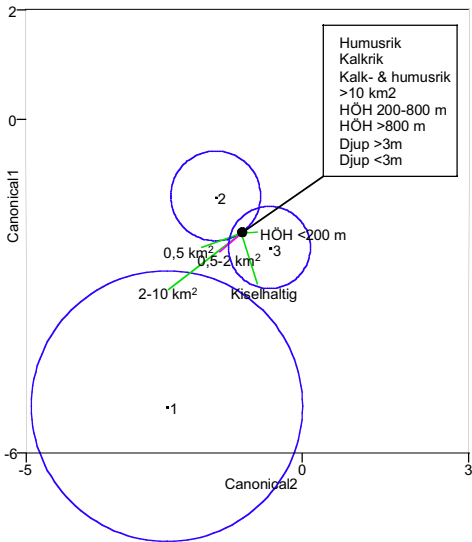
Antalet sjöar av referenskaraktär med makrofytundersökningar som finns i miljöövervakningens databas är 21. Deras läge i landet återges i fig. 1, där det tydligt framgår en koncentration av sjöar i Västernorrlands län och en vid spridning över centralslätten samt förekomst av en enda fjällsjö. Den nemoral zonen finns markerad på kartan och två sjöar ligger där. Makrofytdata hänför sig till juli-augustiperioden. Nio sjöar har inventerats 2000–2002. I övriga sjöar är inventeringar gjorda före 1990.

Sjöarnas artsammansättning av submersa, friflytande och flytbladsväxter har klassificerats med programmet Twinspan och i en diskriminantanalys har sedan alla typologiklasser jämförts med artklassningen. Klassningen av arter har gjorts på förekomst – icke förekomst-data eftersom kvantitativa analyser saknas för många sjöar. Artrikedom har också testats mot typologivariablerna. Artantalet klassades efter Bedömningsgrundernas tillståndsklasser 2 (14–18 spp.), 3 (9–14 spp.) och 4 (4–9 spp.). Test av artantal som separerande faktor har också gjorts med ett Mann-Whitney U-test på de Twinspangrupper som erhöles vid klassifikationen av artsammansättning. Den statistiska behandlingen följer i övrigt den som genomförts för växtplankton.

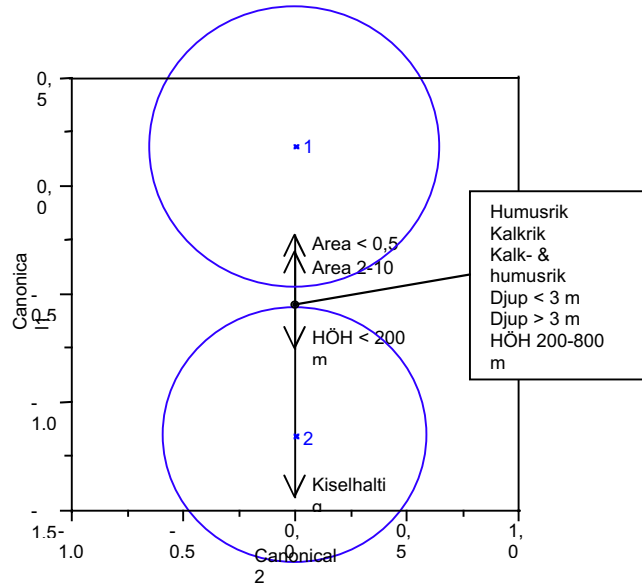
RESULTAT

Klassningen resulterade först i en separering av tre klasser, fig. 7. Eftersom en klass utgjordes av en enda fjällsjö, Abiskojaure, gjordes klassningen om utan det objektet. Resultatet blev att

de resterande 20 sjöarna fortfarande separerades i två grupper med rätt stor variation inom varje grupp, fig. 8.

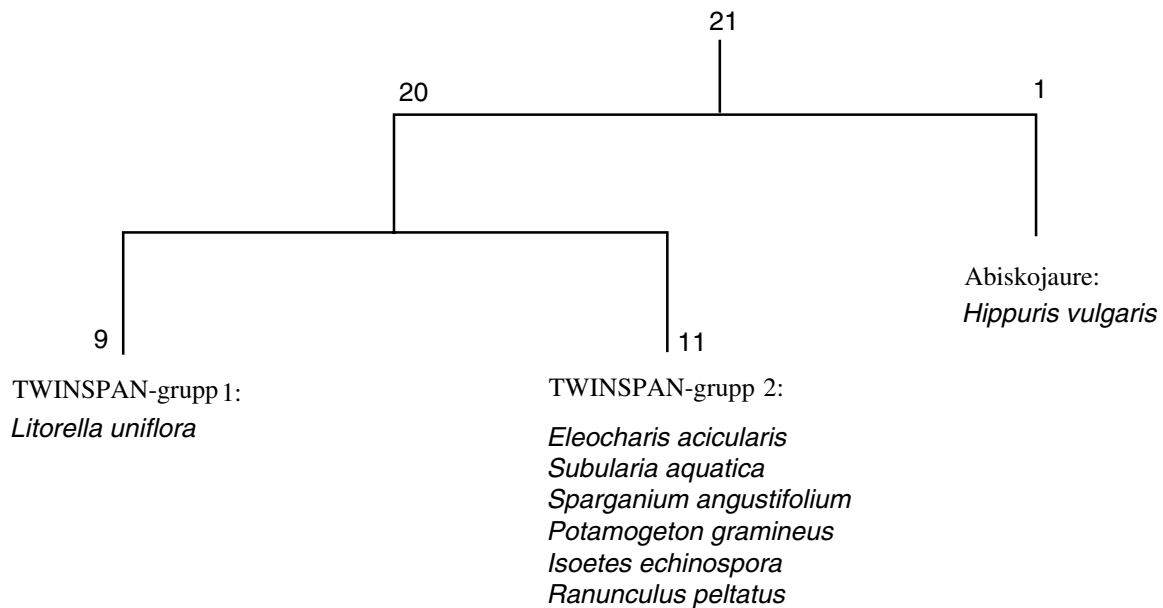


Figur 7. TWINSPAN-klassning av makrofyter i 21 sjöar, med en enda fjällsjö som "outlier"



Figur 8. TWINSPAN-klassning av makrofyter i 20 sjöar sedan en "outlier" tagits bort.

Den hierarkiska klassificeringen illustreras i figur 9 , och där framgår Abiskojaures särställning.



Figur 9. Hierarkisk klassificering av sjöar med makrofytdata baserad på TWINSPAN.

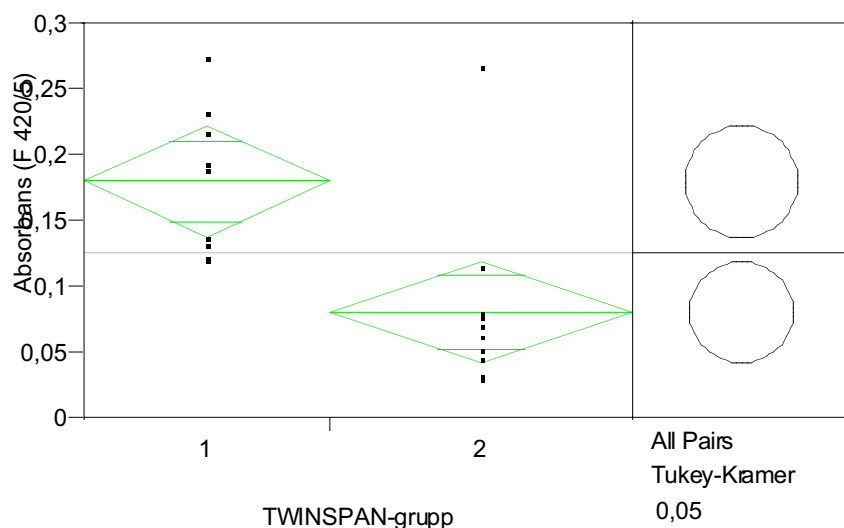
Abiskojaure separeras ut genom sin förekomst av *Hippuris vulgaris* (hästsvans). Grupp 1 särskiljs genom att *Littorella uniflora* (strandpryl) finns i ett dominerande antal sjöar. Särskiljande arter för grupp 2 är *Elocharis acicularis* (nålsäv), *Subularia aquatica* (sylört), *Sparganium angustifolium* (plattbladig igelknopp), *Potamogeton gramineus* (gräsnete), *Isoetes echinospora* (vekt braxengräs) och *Ranunculus peltatus* (sköldmöja). Kriteriet för särskiljande arter i klassificeringen är att arterna ska förekomma i minst 60% av sjöarna inom gruppen eller att de inte alls finns i andra grupper.

De två Twinspan-grupperna separeras väl med de klassade typologivariablerna även om reservation måste göras för den osäkerhet som ett litet antal sjöar utgör, tab.10.

Tabell 10. Klassning av sjögrupper med makrofyter mot typologivariabler. % anger andel sjöar med överensstämmande klassificering.

TWINSPAN-grupp	Predikterad grupp		
	1	2	
1	7 (78%)	2	9
2	3	8 (73%)	11

En test av oklassade värden på typologivariabler visar här att humushalten är den enda särskiljande typologivariabeln, fig. 10, tab. 11.



Figur 10. Test av medelvärden och spridning av makrofytergrupper (Twinspan) mot absorbans f.420/5).

Tabell 11. Medelvärden och variationskoefficienter för absorbansvärdet (abs f 420/5) som signifikant särskiljer Twinspangrupperna 1 och 2 (jmf. fig. 8).

Twinspan-grupp (makrofyter)	Absorbans f. 420/5	CV
1	0,18	0,31
2	0,08	0,83

Ingen av de övriga typologivariablerna särskilde makrofytgrupperna signifikant. I tabell 12 redovisas antalet arter i de 21 sjöarna. Artantalet är signifikant skilt mellan Twinspan-grupp 1 och 2, men när artantal klassas efter Bedömningsgrundernas (jmf. Material och metoder ovan) artfrekvensklasser mot typologivariablerna erhålls ingen skillnad i sjökaraktär mellan dessa frekvensgrupper, möjligen med undantag av absorbansvärdet. Det vill säga ett högre absorbansvärde ger i det här sjömaterialet ett artrikare makrofytsamhälle. Ett större sjömaterial att testa skulle ge tydligare utslag troligen också när det gäller höjdklasser, vilket kan anas i testen utan att ge signifikans. Ett lägre artantal gäller för sjöar >200 m.ö.h.

Tabell 12. Artrikedom av makrofyter (medelvärde och variationskoefficient) mellan Twinspan-gruppernas sjöar

TWINSpan-grupp	Antal sjöar	Antal arter (medel)	CV
0 (Abiskojaure)	1	6,0	-
1	9	13,0	0,34
2	11	8,8	0,26

ÖVERSIKT

Grupperingen av 21 sjöar med makrofytdata (submerser, flytblads- och friflytande växter) resulterade i tre klasser, där en av klasserna innehöll en enda fjällsjö. En ny modell med 20 sjöar separerade dessa i två klasser där absorbansvärdet var den signifikant särskiljande typologivariabeln. Den variabeln används för att särskilja humushaltiga vatten. Ljusmiljön är av mycket avgörande betydelse för fotosyntetiserande växter varför resultatet inte är förvånande. Olika arter har olika reaktion på ljusstillgänglighet. I tabell 13 grupperas sjöarna i TWINSpan-klasserna i kombinationer av klasser för ekoregioner, djup, sjöarea, höjd över havet och geologi.

Tabell 13. Matchning av TWINSPAN-grupperna mot den föreslagna svenska typologin (Fölster m. fl. 2002). TWINSPAN-grupp 0 innehåller endast referenslokalen Abiskojaure som inte har använts i modelleringsarbetet p.g.a. dess avvikande karaktär.

TWINSPAN-grupp	N	Ekoregion	Djup (m)	Sjöarea (km ²)	Altitud (m.ö.h.)	Geologi
0	1	BH	>3	2-10	200-800	Kiselhaltig
1	1	CS	>3	0,5-2	<200	Humushaltig
1	1	FS	>3	<0,5	<200	Humushaltig
1	2	FS	>3	<0,5	200-800	Humushaltig
1	2	FS	>3	0,5-2	<200	Humushaltig
1	1	FS	>3	0,5-2	200-800	Humushaltig
1	1	FS	>3	2-10	<200	Humushaltig
1	1	FS	>3	2-10	200-800	Humushaltig
2	1	CS	>3	<0,5	<200	Humushaltig
2	1	CS	>3	<0,5	<200	Kiselhaltig
2	1	CS (NZ)	>3	<0,5	<200	Kiselhaltig
2	1	CS (NZ)	>3	0,5-2	<200	Humushaltig
2	2	CS	>3	0,5-2	<200	Humushaltig
2	1	CS	>3	0,5-2	<200	Kiselhaltig
2	1	CS	>3	0,5-2	200-800	Kiselhaltig
2	1	FS	>3	0,5-2	200-800	Humushaltig
2	1	FS	>3	2-10	200-800	Humushaltig
2	1	FS	>3	>10	200-800	Kiselhaltig

BH boreala höglandet, FS fennoskandiska skölden, CS centralslätten NZ nemoral zonen.

MAKROFYTER

Typspecifikt RF 1. Humushaltiga sjöar (abs f. >0,06, Ca < 0,5 mekv/l) främst i ekoregion FS. Höjdklass <800 m.ö.h. i övrigt varierande. Medeldjup >3 m. Sjöarea varierande. Artrikedom i tillståndsklass 2 och 3 enligt Bedömningsgrunderna (artrikt–ganska artrikt).

Typspecifikt RF 2. Ingen tydlig preferens för geologiklass och sjöarea. Majoriteten av sjöar i ekoregion CS. Höjdklass <200 m.ö.h. Medeldjup >3 m. Artrikedom i tillståndsklass 3 och 4 enligt Bedömningsgrunderna (ganska artrikt–ganska artfattigt).

REFERENSER

- Fölster, J., Sandin, L. & Wallin, M. 2003. A suggestion to a typology for Swedish inland surface waters according to the EU Water Framework Directive. *SLU, Institutionen för Miljöanalys, Uppsala*.
- Hajdu, L. 1981. Graphical comparison of resemblance measures in phytosociology. *Vegetatio* 48: 47–59.
- Hill, M.O. 1979. TWINSpan, a FORTRAN program for analysing multivariate data in an ordered two-way sample by classification of individuals and attributes. *Ecology and Systematics. Cornell university. Ithaca. New York*.
- Johnson, R., Goedkoop, W., Willén, E. & Larson, D. 2003. Typanpassning av referenssjöar och vattendrag: Kritisk granskning av biologiska kvalitetsfaktorer med bedömningsgrunder. *SLU, Institutionen för Miljöanalys, Uppsala*.
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för Miljökvalitet. *Rapport 4913. Naturvårdsverkets förlag*.
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för Miljökvalitet. Sjöar och vattendrag. *Naturvårdsverket rapport 4913*.
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för Miljökvalitet. Sjöar och vattendrag, Bakgrundsrapport 2. Biologiska parametrar. *Naturvårdsverket rapport 4921*.
- Sneath, P. & Sokal, R. 1973. Numerical taxonomy. *W.H. Freeman and Co. San Francisco*.
- Sokal, R. & Rohlf, F.J. 2003. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. *W.H. Freeman and company, New York*.