

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 397.

ÅRSBOK 30 (1936) N:o 4.

SJÖARNAS TRANSPARENS,
FÄRG OCH AREAL

AV

G. LUNDQVIST

Zusammenfassung:

*TRANSPARENZ, FARBE UND AREAL
DER BINNENGEWÄSSER*

Pris 0,50 kr.

STOCKHOLM 1936

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

360718

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING

SER. C.

Avhandlingar och uppsatser.

N:o 397.

ÅRSBOK 30 (1936) N:o 4.

SJÖARNAS TRANSPARENS,
FÄRG OCH AREAL

AV

G. LUNDQVIST

Zusammenfassung:

*TRANSPARENZ, FARBE UND AREAL
DER BINNENGEWÄSSER*

STOCKHOLM 1936

KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

360718

Innehåll.

	Sid.
Metodiska anmärkningar	4
Sambandet mellan transparens och färg	7
Sambandet mellan transparens och areal	17
Geografiska synpunkter på de optiska vattentypernas utbredning	23
Zusammenfassung	26
Litteraturförteckning	28

Till de faktorer som bestämma sjöarnas naturförhållanden, icke minst deras livsbetingelser, hör sjöns ljushushållning eller med andra ord vattnets färg och genomskinlighet. Då dessa företeelser äro ganska olika från sjö till sjö har uppmärksamheten sedan länge varit fästad därpå. Det färgintryck en viss sjö på avstånd ger, växlar givetvis med belysnings- och vindförhållandena, vågrörelser etc. Sålunda skriver Schlagintweit (1874, s. 171): »Ohne physikalische Apparate beurtheilt, ist die Farbe auf Seen am deutlichsten bei einem etwa 1 Fuss hohen Wellenschlage.»

I utlandet ha visserligen en hel del undersökningar över sjöarnas färg och transparens utförts, men synpunkterna synas alltid ha varit fysikaliska (jfr v. Aufsess 1905, Halbfass 1923, Welch 1935). Trots alla de undersökningar som utförts över sjöarnas ljushushållning skriver sålunda Welch (1935, s. 67). — — —, »and this subject is still among the least satisfactorily known of the important limnological influences». Och något försök att åstadkomma en regionalt användbar utgångspunkt för t. ex. biologiska problemställningar i förening med kartbilder ha, så vitt jag vet, ej företagits. Naumann (1932) diskuterar inte ens frågan.

De observationer som föreligga över svenska sjöars färg och siktdjup ha utförts i samband med de allmänna undersökningar av sjöarna som i regel företagits ur fiskeribiologisk synpunkt. Utöver detta ha de dock ej ägnats någon vidare uppmärksamhet eller bearbetning. Än mindre har någon granskning av materialet efter regionala synpunkter försökts. En sådan granskning måste vara synnerligen kritisk, då den bygger på mycket subjektiva företeelser. I själva verket är materialet så heterogent, att — ehuru en regional översikt över sjötyperna ur anförda synpunkt nu kan ges — man icke kan framställa den i kartform. Ett första angrepp på frågan skall här göras och jag hoppas, att därigenom få en del principer för fördelningen av sjöarna ur färg- och transparensynpunkt klarlagda. Förutsättningen därför är emellertid, att man utgår från ett så likformigt och enhetligt material som möjligt. Först sedan detta medgivit ett fastare grepp på problemet, kan man våga en granskning av det föreliggande stora men heterogena materialet.

Metodiska anmärkningar.

Bestämningen av sjöarnas transparens kan utföras på flera mer eller mindre exakta sätt. Tidigast utfördes sådana undersökningar i havet, men först på 1860-talet överfördes den därvid använda metoden till sötvattnen. Man använde en vitlackerad skiva som nedsänktes i vattnet till just då den försvann. Detta djup var siktdjupet. Redan tidigare hade dock en likartad idé tillämpats av bröderna Schlagintweit under deras stora resa till Asiens höjdområde N om Indien åren 1854—1858. Därunder vunna erfarenheter tillämpade de efter hemkomsten även i europeiska sjöar. Då Schlagintweits metod ej nämnes, varken i *Halbfass'* (1923) eller någon annans historik synes det mig lämpligt att här framdraga deras insats i utforskandet av sjöarnas optiska egenskaper. Schlagintweits (1874, s. 161) egen beskrivning lyder sålunda: »— — — als Diaphanometer wälte ich flache Cylinder aus weissem Marmor. — — — Für Beobachtungen in Wasser mit geringer Durchsichtigkeit genügt eine Kreisfläche von 8 bis 10 Zoll Durchmesser, gewöhnlich aber wandte ich Cylinder an, welche Kreisflächen von $2\frac{1}{2}$ Fuss Durchmesser boten. Die Höhe des Cylinders, am besten z. B. $\frac{3}{4}$ Fuss bei den grossen, bedingt die Spannung der auf die Kreisfläche rechtwinklig gestellten Schnur.» Denna marmorcylinder nedsänktes i vattnet tills den försvann och det sålunda funna värdet betecknade sjöns siktdjup.

Denna marmorcylinder torde ha varit ganska tung (i vissa fall belastades den med bly) och måste ha varit besvärlig att transportera. Den föll snart i glömska och ersattes av runda eller rektangulära plåtskivor. I dagligt tal kallas de Secchiskivor, efter sin upphovsman Pater Secchi.

Storleken växlade i början mellan 1 m och 30 cm, men är nu standardiserad till 25 cm. Men även denna storlek gör skivan ganska besvärlig att medföra och förorsakar sålunda en begränsning av observationsmaterialet. För mig var »fyndmassan», alltså ett stort antal observationer, av utslagsgivande betydelse och jag använde därför en 14 cm stor skiva. Den går ned i en vanlig rockficka och kan alltid medföras under andra fältarbeten än egentliga sjöundersökningar. I detta sammanhang må anföras, att Thunmark 1935 utfört parallelobservationer (opublicerade) med min skiva och med en 25 cm:s. Resultaten äro praktiskt taget lika åtminstone för siktdjup under 5 m. Erfarenheter av samma slag gjorde Sten Vallin och jag under mätningar på Mälaren våren 1935. Viktigare än skivans storlek är säkerligen färgens vithet. Ty enligt min erfarenhet influeras såväl siktdjupet som uppfattningen om vattnets färg i hög grad därav.

Tack vare att apparaturen gjorts så portativ har det varit mig möjligt att genom flera vänner erhålla observationsmaterial från olika delar av landet. De till vilka jag sålunda står i tacksamhetsskuld äro fil. dr E. Granlund, apotekaren J. W. Hamner, kand. C. Larsson, fil. dr O. Nybelin och fil. dr S. Vallin samt i all synnerhet fil. lic. Sven Thunmark med hans assistenter, främst kand. Bengt Collini och Thomas Herstad, vilka lämnat ett lika omfattande som noggrant material.

Av metodisk vikt är följande. Känt är, att siktdjupet i en och samma sjö är växlande såväl under olika år som med årstiderna (Forel 1901, Blomgren och Naumann 1925, s. 7, Thunmark 1931, s. 23). Och man gör snart den erfarenheten, att olika värden erhållas inom olika delar av samma sjö beroende på observationsplatsens läge i förhållande till till- och avlopp, angränsande myrar, kraftigt be vuxna litoralområden m. m. (jfr även Forel 1901, s. 144). Men dessutom växlar siktdjupet med väderleksförhållandena (blåst, molnighet etc.) vid observationstillfället. Givetvis är det alldeles omöjligt, att vid regionala arbeten invänta lämplig belysning för varje sjö: man måste göra observationen vid det tillfälle man kan. Och i regel kan man erhålla endast ett värde för varje sjö. Materialet blir naturligtvis därigenom trots alla försiktighetsmått ganska heterogent; men det måste behandlas och diskuteras i enlighet därmed. Det understrykes, att det är fyndmassorna som här äro av vikt. Jag skulle vilja säga, att det ofta är utmärkande för de regionala problemen, att man vid deras behandling måste släppa på precisionen och se saken i stort.

Då jag som sagt endast disponerar ett värde för varje sjö, har det icke varit möjligt, att med empiriska diagram visa variationen inom samma sjöar vid olika belysning. Jag har därför fått gå en annan väg. Man vet, att siktdjupet ökar vid solsken — något som f. ö. är ganska självklart. Men mina observationer för de båda ljusgrupperna »mulet» (och likvärdigt) och »solsken» fördela sig tämligen likformigt blandade längs abscissorna i mina följande diagram, d. v. s. ge oförändrade spridningsbilder. Detta innebär sålunda, att samtidigt som siktdjupet minskas, ter sig färgen mörkare (inom den bruna-gula serien). Resultatet därav är, att man åtminstone vid en orienterande undersökning som den föreliggande icke behöver kassera värden erhållna under sämre belysningsförhållanden, då spridningsbilden i ett koordinatdiagram är tämligen oberoende av de sistnämnda. Konsekvensen får naturligtvis ej dragas in absurdum.

Den här anförda metoden att bestämma transparensen har ersatts av mera exakta fotometriska metoder (jfr t. ex. Naumann 1927, Welch 1935), men dessa falla givetvis utom ramen för mina problemställningar.

Det är ingen nyhet, att ett samband råder mellan transparens och färg även om åsikterna därom varit olika (jfr Forel 1901, s. 146, och v. Aufsess 1905, s. 78). Och för det regionala problemet gällde det därför att även finna ett icke alltför subjektivt uttryck för färgen. Redan från början använde man sig helt enkelt av vitskivan (jag använder ej termen Secchiskivan annat än för standardtypen) på så sätt, att färgen mot skivan antecknades. Samma idé tillämpade Schlagintweit men dessutom en annan som likaledes förtjänar att räddas undan glömskan. Han använde ett glasprisma och beskriver förfarandet sålunda (Schlagintweit, 1874, s. 170): »Das Glasprisma wird am besten ziemlich gross gewählt, z. B. mit einem gleichseitigen Dreiecke von 2 Zoll Seite als Basis und einer Höhe ebenfalls von 2 Zoll; es bietet sich so zur Beobachtung 4 Quadrat Zoll Fläche, was bei der geringen Tiefe, die nöthig ist, ganz genügt. Das Prisma wird unter die Oberfläche des Wassers gehalten

und so gedreht, dass es dem Beobachter die intensivste, die deutlichste Farbe zeigt.»

För bestämning av den färg som erhöills mot vitskivan användes vanligen en färgskala, den Forel-Uleska skalan som omfattar 23 färger från mörkblått över grönt och gult till brunt (Ule 1892). Skalan passar dock ej så väl för bruna vatten utan har där ersatts av en serie spädningar av platina-kobolt (Leighton 1905). Apparaturen för denna metod ställer sig rätt dyrbar, varför jag ej kunnat använda den. Dess partiella ersättning, »karamellskalan» (Sondén) är icke lämplig, då färgen i denna ej är resistent och den har därför ej vunnit efterföljd. Slutligen må anföras, att utom de nämnda metoderna även exakta spektroskopiska finnas (v. Aufsess 1905, Pietenpol and Birge 1918).

Då min undersökning måste omfatta ett stort och mycket heterogent material, nödgades jag återgå till de subjektiva färgbestämningarna och en granskning av dem. En utmärkt utgångspunkt fann jag i Holmgren (1916), som förutsättningslöst undersökt 638 sjöar i Dalsland och publicerat sitt material sjö för sjö utan spekulationer. Det är därför mycket allmänt användbart. Han uppger vanligtvis vattnets färg, ofta i kombination med siktdjupsobservationer. Den skenbart ganska variabla och godtyckliga färgskalan ger en god uppfattning om, hur folk i allmänhet handskas med färgbestämningar. Det har därför synts mig tacksamt att granska hans skala närmare och ordna den i en serie. Efter upprepad hyfsning av »ekvationen» delvis i samråd med en färgexpert, kartredaktör M. Lundqvist, har jag nått fram till en ganska enkel, lätthanterlig och effektiv färgskala. Översikten ter sig, jämförd med mina egna fälterfarenheter, sålunda:

Holmgrens färgskala

Min färgskala

sotbrun	}	svartbrun	} Ofta dragning i grönt
beckbrun			
kaffebrun	}	mörkbrun	
mörkbrun			
rödbrun	}	brun	
brun			
ljusbrun	}	gulbrun	
brunaktig			
något brun			
gulbrun	}	gul	
ljusgulbrun			
gul			
ljusgul			
gulaktig	}	gulgrön	
gulgrön			
grön	}	grön	} Ofta dragning i gult
ljusgrön			
grönaktig			
			Någon gång dragning i blått
			blågrön (+ mörkgrön)
			mörkt blågrön

Denna sistnämnda färgskala, som huvudsakligen är en systematisering av ett osystematiskt material, är praktiskt taget lika de grupper Forel 1901, och v. Aufsess 1905 framkommit till. Detta synes mig vara ett kriterium på, att dessa färggrupper äro något påtagligt och lättidentifierbart även om färgerna i och för sig äro ganska subjektiva och av rätt stor omfattning. Denna förenklade färgskala har jag därför bifogat de förutnämnda utlämnade vitskivorna.

Vid granskningen av färgskalan fäster man sig genast vid, att färgerna äro rätt distinkt angivna. Man frågar sig därför, om det t. ex. ej finnes några mellanfärger. Svaret blir: min avsikt är icke att på detta sätt lämna en fullständig analys av sjöarnas typer ur färgsynpunkt. Därtill fordras effektivare metoder. Avsikten är att ur det komplex färgtyper sjöarna visa sortera ut de huvudgrupper, vilkas färgtyper kunna återföras på kända och begripliga orsaker. Endast på denna väg kan man ännu så länge få fram en regional karta över färg- och siktdjupsfördelning hos Sveriges över 100,000 sjöar.¹

Sambandet mellan transparens och färg.

Man torde kunna utgå ifrån, att sjöarnas vattentyp är ganska olika inom olika delar av landet. Det är min plan att senare belysa detta med kartbilder men först skola några områden granskas, så att arbetsprinciperna för ett sådant arbete klarna. Materialet bör inom de olika områdena vara så enhetligt som möjligt. Därför väljer jag Dalsland (Holmgrens material), Bergslagen och inre Norrland med fjällområdet (egna observationer) samt Småland med angränsande områden (Thunmarks material).

Dalsland. Holmgrens siktdjupsobservationer omfatta dels klara, dels grumliga sjöar. Då det är vattnets beskaffenhet som skall granskas, kan hänsyn icke tagas till de sist nämnda, och samma princip har bibehållits inom de andra områdena. Skillnaden mellan klara och grumliga sjöar såsom den framträder vid siktdjupsobservationer har Forel (1901, s. 142) utrett. I korthet kan den refereras så, att i klara sjöar vitskivan kontinuerligt försvinner, medan den i grumliga synes ganska tydligt, tills den plötsligt helt skymmes av det uppslammade, grumlande materialet.

Holmgrens djupbestämningar äro endast gjorda på $\frac{1}{4}$ m när. För att få en klarare bild över de olika siktdjups frekvens har jag fördelat dem på halvmetrar och uttryckt frekvensen i procent på antalet användbara observationer. Diagrammet är fig. 1. Det visar, att största antalet siktdjup, över 20 %, är 3 m, men därifrån fördela de sig överraskande regelbundet uppåt och nedåt och ligga mellan 1 m och 9 m.

Med hänsyn till färgen fördela sig observationerna enligt diagrammet fig. 1. Största antalet sjöar, 42 %, ha sålunda brunt vatten. Om man bortser från

¹ Betydelsen av denna siffra, > 100,000 sjöar (Alm 1933), kan belysas med Welchs (1935) uppgift, att sjöarnas antal i »Nordamerika» är c:a 40,000. Sjöarealen är där 2 % av landarealen, medan motsvarande siffra i Sverige är c:a 8 % (Alm 1933). Siffrorna kanske icke äro fullt kommensurabla, då begreppet »sjö» kan uppfattas något olika.

det låga värdet för de gulgröna, måste kurvan sägas förlöpa oväntat regelbundet.

Dessa båda diagram säga oss nu, att inom det undersökta området dominera de bruna humussjöarna. Känt är emellertid, att ett samband råder mellan transparens och färg, på så sätt att de bruna sjöarna ha mindre siktdjup. Detta samband bör därför bäst belysas genom en kombination av de båda granskade diagrammen. Och därigenom skall man kunna erhålla en expressiv

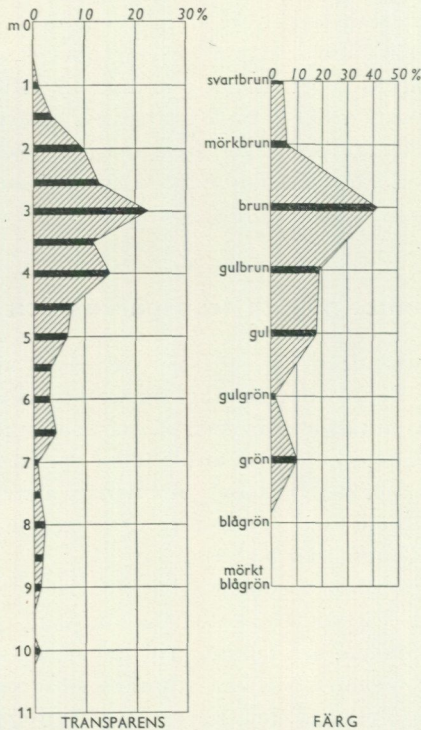


Fig. 1. Fördelning av transparens och färg i Dalälvens sjöar uttryckt i procent av hela antalet observationer (Holmgrens, 1916, material). Färgdiagrammet placerat så, att dess olika färger ungefär motsvara sina siktdjup.

Fig. 1. Verteilung von Transparenz und Farben der Seen in Dalälven dargestellt in Prozenten von allen Observationen (Material von Holmgren, 1916). Das Farbendiagramm ist so gestellt, dass die verschiedenen Farben etwa ihren Sichttiefen entsprechen. Die Farben sind von oben nach unten: schwarzbraun, dunkelbraun, braun, gelbbraun, gelb, gelbgrün, grün, blaugrün und dunkelblaugrün.

bild av hela områdets vattentyper ur optisk synpunkt. Resultatet framgår av fig. 2. Vid läsningen av detsamma bör man emellertid ihågkomma materialets heterogenitet, denna förklarar till en del den stora spridningen på ordinatorna. Den matematiska medeltalskurvan — som i och för sig är av föga värde — visar dock ett ganska regelbundet förlopp (i figuren har den utjämnats). Den nedåtböjning såväl medeltalskurvan som hela spridningsfältet visar be-
tingas av, att de använda färgerna i optiskt hänseende icke ligga på så regel-

bundna avstånd från varandra som på min abscissa. Böjningen ger sålunda en uppfattning om dessa färgernas reella lägen i förhållande till varandra, givetvis tillskärpt — eller omvänt — genom valet av ordinataskala.

De nu visade diagrammen, ha upp gjorts över ett område, varav jag saknar fälterfarenhet. Det kan då vara av intresse att granska ett material, som jag känner väl ur alla synpunkter. Början göres med ett som ur vattensynpunkt bör vara snarlikt Dalsland.

Bergslagen. Den del av Bergslagen som avses ligger inom de geologiska kartbladen Malingsbo, Grängesberg och Smedjebacken och tillhör Kolbäcks-

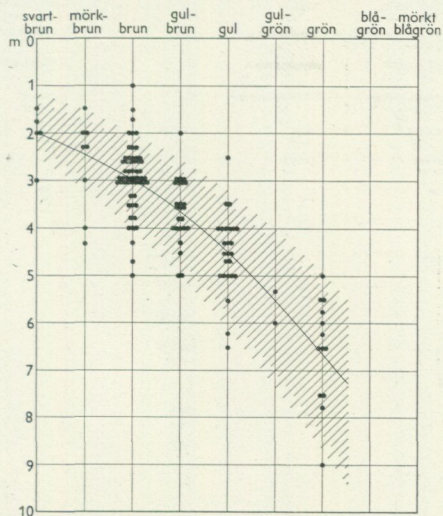


Fig. 2. Sambandet mellan transparens och färg i Dalslands sjöar (Holmgrens, 1916, material). Det huvudsakliga spridningsfältet streckat; den inritade medeltalskurvan är matematiskt beräknad men därefter utjämnad (samma gäller för diagrammen från de övriga områdena). Orsaken till spridningsfältets vertikala bredd, alltså längs ordinaterna, är att de angivna färgerna egentligen omfatta stora grupper. Orsaken till att bredden ökar nedåt (mot det blågröna området) torde delvis bero på, att Holmgren ej noga urskiljt de blå nyanserna.

Fig. 2. Korrelation zwischen Transparenz und Farben in den Seen von Dalsland (Material von Holmgren, 1916). Die allgemeine Streufläche ist schraffiert; die eingezeichnete Durchschnittskurve ist mathematisch berechnet, danach aber ausgeglichen (dasselbe gilt auch von den Diagrammen von den übrigen Gebieten). Die Ursache der vertikalen Breite der Streufläche, also längs die Ordinaten, ist, dass die angegebenen Farben eigentlich grosse Gruppen umfassen. Die Vergrößerung der Breite der Streufläche nach unten (gegen das blaugrüne Gebiet) dürfte zum Teil davon abhängen, dass Holmgren nicht die blauen Nuancen unterschieden hat.

åns och Hedströmmens vattenområden. Materialet kan kvantitativt icke jämföras med Holmgrens men torde ändå vara ganska representativt, då jag i största utsträckning fördelat observationerna längs vattensystemen, alltså från passpunkten eller översta sjön ned till de större samlingsbäckena.

Transparenskurvan (fig. 3) går från 1 till 10 m och ligger högst på 3—4 m. Den visar en mycket stor likhet med Dalslandskurvan men har en tendens till djupare liggande maximum. Bergslagssjöarna skulle sålunda i genomsnitt vara klarare än Dalslands.

Färgfördelningskurvan (fig. 4) visar största antalet observationer (nära 40 %) för gulbruna vatten. Därifrån sjunka värdena ganska regelbundet både mot de mörkare och ljusare sidorna. Några svartbruna sjöar ha dock ej anträffats.

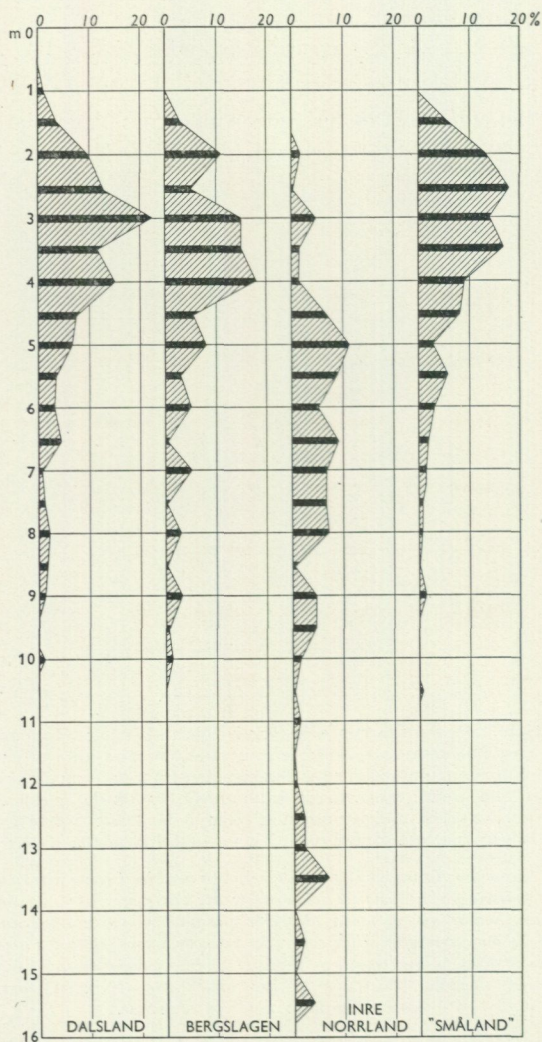


Fig. 3. Fördelningen av sjöarnas transparens inom de under staplarna angivna områdena (Bergslagen och inre Norrland eget material, »Småland» Dr Thunmarks material). Uttryckt i procent av hela antalet observationer inom varje område. Till jämförelse har det å fig. 1 visade Dalslandsmaterialet medtagits här. Även inom de övriga områdena ha observationerna fördelats på halvmetrar. Bilden visar omedelbart, att Smålandssjöarna äro minst och Norrlandssjöarna mest transparenta.

Fig. 3. Verteilung von den Transparenzen innerhalb der unter den Diagrammen angegebenen Gebieten (»Bergslagen» und »inre Norrland» eigenes Material, »Småland» Material von Thunmark), dargestellt in Prozenten von sämtlichen Observationen jedes Gebiets. Vergleichsweise ist das im Fig. 1 gezeigte »Dalsland» hier mitgegeben. Auch innerhalb der übrigen Gebieten sind die Observationen auf Halbmeter verteilt. Die Diagramme zeigen augenblicklich, dass die Smålandseen am geringsten und die von Norrland am stärksten transparent sind.

Sambandet mellan transparens och färg (fig. 5) bestyrker den uppfattning de båda föregående diagrammen gav: att Bergslagens sjöar äro mera transparenta och ha ljusare vatten än Dalslands. Kurvornas förlopp visa, att skillnaden icke kan förklaras enbart med, att Holmgren och jag skulle ha olika uppfattning om färgvalörer.

Man kan vid arbeten av föreliggande art icke undgå att observera, att en viss lagbundenhet i siktdjupens fördelning efter vattensystem, marktyp etc. förefinnes. Jag har därför granskat områdets sjöar även ur lägesynpunkt och vill bland dessa grupper anföra följande: 1) samlingsbäcken, d. v. s. de större på de lägre dalbottenarna belägna sjöarna, 2) åsgropssjöar och liknande belägna

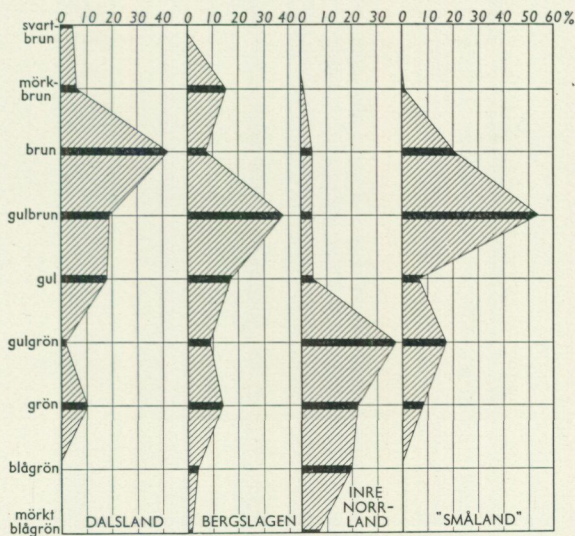


Fig. 4. Fördelningen av sjöarnas färger inom de vid staplarna angivna områdena (jfr fig. 3), uttryckt i procent av hela antalet observationer inom varje område. Bilden visar, att inom Dalsland, Bergslagen och Småland dominera olika gradationer av bruna vatten, medan i inre Norrland de gulgröna till blågröna förhärskar.

Fig. 4. Verteilung der Seen nach Farben innerhalb der verschiedenen Gebiete (vgl. Fig. 3), dargestellt in Prozenten sämtlicher Observationen jedes Gebiets. Die Figur zeigt, dass in »Dalsland», »Bergslagen» und »Småland» verschiedene Abstufungen von braunen Gewässern dominieren; im »inneren Norrland» aber die gelbgrünen bis blaugrünen vorherrschen.

inom grusavlagringar och 3) passpunktssjöar och de därmed likställda överst i ett vattensystem belägna. Sistnämnda grupp är källsjöar men denna beteckning kunde ha givit upphov till förväxling med källvattenssjöar, till vilken typ ovanstående grupp 2 även kan höra. Det visar sig nu, att samlingsbäckens vatten vanligen växlar mellan brunt och gult och siktdjupet mellan 3 och 4 m. Åsgropssjöarnas färg växlar mellan gult och grönt och siktdjupet mellan 5 och 7 m. Passpunktssjöarna ha vanligen grönt till blågrönt vatten med 5—10 m:s siktdjup, men dessutom finnas ett par mörkbruna sjöar med 1—2 m:s siktdjup. Dessa äro verkliga passpunktssjöar i det de avrinna åt 2 håll. Orsaken till att de trots detta ha ett sådant vatten är, att de omgivas av myrar

och försumpade lider. Denna typ av passpunktssjöar skulle man sålunda kunna vänta sig inom Norrlands skogsområde (jfr diagrammen fig. 7 och 8).

Norrlandsområdet omfattar trakten Duved—Torrön—Landösjön—Storsjön, en del av »sjökedjeregionen» (Ahlenius 1901) från Ströms Vattudal till Storvindeln, ett område kring Vilhelmina—Storuman samt Tärnatrakten. I sjötypshänseende är det sålunda mycket heterogent. Därför skulle det vara förkastligt, att vid en närmare sjötypsgranskning direkt jämföra detsamma med Dalsland och Bergslagen. Men då tyngdpunkten av materialet tillhör fjällen,

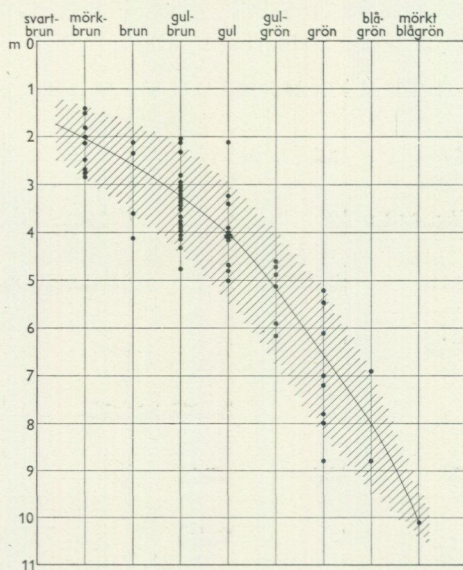


Fig. 5. Sambandet mellan transparens och färg i Bergslagens sjöar. Spridningsfältets avsmalnande nedåt (i mörkt blågrönt) torde främst bero på materialets obetydlighet där, bredden i övrigt överensstämmer förvånansvärt väl med Dalslands (fig. 2).

Fig. 5. Korrelation zwischen Transparenz und Farbe in den Seen von Bergslagen. Die Verengung der Streufläche nach unten (dunkelblaugrün) dürfte besonders vom geringen Material abhängig sein; die Breite im übrigen stimmt erstaunlich gut mit dem von Dalsland (Fig. 2) überein.

det högre skogsområdet och sjökedjan kunna mina diagram för att belysa metoden ställas som motsats till de föregående.

Siktdjupen (fig. 3) äro inom detta område vanligen betydligt större än söderut. Högsta frekvens (> 10 %) visar 5 m:s djupet men hela serien 5—8 m är praktiskt taget lika vanlig. Dessutom finns ett flertal observationer på 13—15.5 m. Värden under 4 m anträffar man proportionsvis sällan i de sjöar jag besökt. Färgfördelningskurvan (fig. 4) ligger, som man numera av siktdjupen kunde vänta, förskjutet nedåt på så sätt, att högsta frekvens (nära 40 %) uppvisas av gulgröna vatten. De bruna—gula vattnen äro sällsynta, men däremot är en blå skiftning vanlig i de gröna.

Diagrammet fig. 6 visar en avsevärt annan bild än de föregående-områdenas. Redan av de skilda färg- och siktdjupsdiagrammen kunde man vänta sig detta. Även Norrlandsdiagrammet har jag granskat med hänsyn till läget och använt

samma benämningar som i Bergslagsdiagrammet (fig. 5) men dessutom skilt ut fjällsjöar och »sjökedjans» sjöar. En undersökning av tillrinning och avrinning i dessa sista sjöar, som fil. dr R. Melin godhetsfullt gjort åt mig, visar emellertid att även de ha övervägande »fjällvatten». Detta framgår f. ö. väl av diagrammet, där båda typernas koordinater i själva verket liggå tillsammans. Dessutom

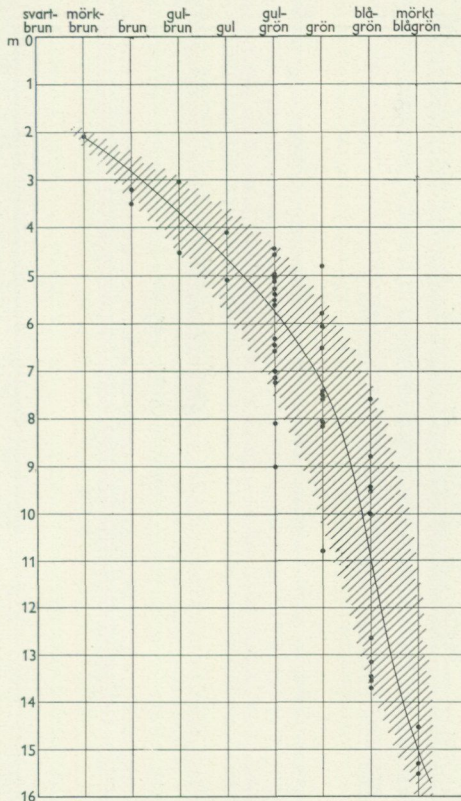


Fig. 6. Sambandet mellan transparens och färg i inre Norrlands sjöar. Spridningsfältets utseende stämmer väl med Bergslagens (fig. 5) men bevisar även, att dess avsmalnande nedåt endast beror på materialets obetydlighet: även i detta diagram framkommer samma princip i den »mörkt blågröna» delen.

Fig. 6. Korrelation zwischen Transparenz und Farbe in den Seen des inneren Norrlands. Die Streufläche stimmt gut mit dem des Bergslagen (Fig. 5) überein, beweist aber auch, dass die Verengung nach unten nur vom geringen Material abhängig ist; auch aus diesem Diagramm ergibt sich dasselbe Prinzip in dem »mörkt blågröna» Teil.

märkes här, att passpunktssjöarna tillhöra samma område i diagrammet som fjällsjöarna.

En vidare diskussion av diagrammen fig. 3, 4 och 6 är f. n. överflödig. Det bör dock anmärkas, att om området längre mot kusten medtagits hade övre delen av diagrammet fig. 6 haft ett helt annat utseende.

Bergslags- och Norrlandsdiagrammen visade, att passpunktssjöar etc. ligga inom bestämda delar av diagrammen. För att möjliggöra en bättre jämförelse

mellan vissa sjötyper inom de bägge undersökningsområdena, Bergslagen och Norrland, har jag isolerat dem från övriga typer och fört ihop dem i samma diagram. De grupper jag behandlat äro fjällsjöar, passpunktssjöar och åsgropssjöar, alltså de »ljusa» vattnen. Materialet är naturligtvis för detta behandlings-sätt i minsta laget men en del tendenser framkomma likväl ganska klart.

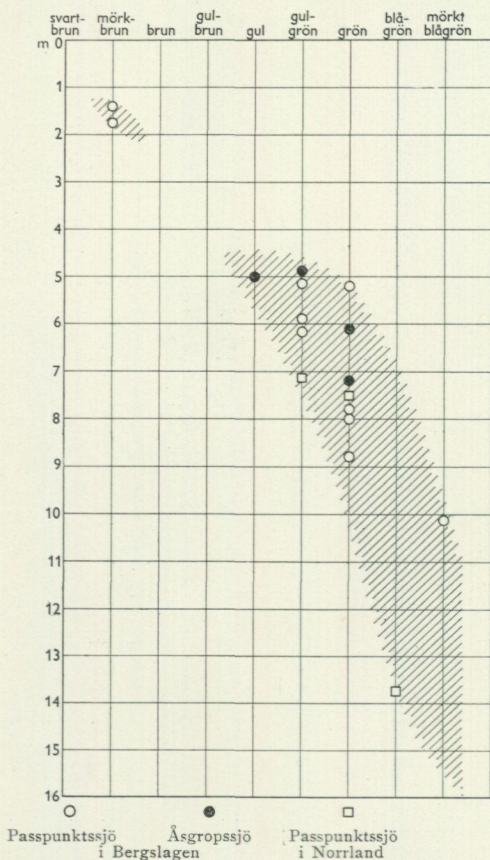


Fig. 7. Sambandet mellan transparens och färg i Bergslagens och inre Norrlands åsgrops- och passpunktssjöar. En jämförelse med fig. 5 och 6 visar, hur ett fylligare material bör vara fördelat. En jämförelse med fig. 8 visar likheten mellan åsgrops- och passpunktssjöarna å ena sidan och »fjäll-sjöarna» å andra.

Fig. 7. Korrelation zwischen Transparenzen und Farben in den Osgraben und Wasserscheide-Seen von Bergslagen und »inre Norrland». Ein Vergleich mit den Fig. 5 und 6 zeigt, wie ein grösseres Material verteilt sein dürfte. Ein Vergleich mit Fig. 8 zeigt die Ähnlichkeit zwischen Osgraben-Seen (= åsgropssjö) und Wasserscheide-Seen (= passpunktssjö) auf der einen und den »Hochgebirgseen» auf der anderen Seite.

Passpunkts- och åsgropssjöar (fig. 7) ha vanligen gult—blågrönt vatten och 5—14 m:s siktdjup. Dessutom finnas emellertid några exklusiva humussjöar uppe på försumpade passpunktssjöområden. Även om materialet som sagt är mycket obetydligt antyder det dock, att de ljusare passpunktssjöarna från Norrland och Bergslagen ligga blandade inom samma del av diagrammet.

Detta visar sålunda, att de nämnda sjöarnas vattentyper i optiskt hänseende överensstämmer inom de båda nämnda områdena. Och utan att f. n. kunna med diagram visa riktigheten av mitt påstående vågar jag säga, att samma typ ha passpunktssjöarna även inom andra trakter. Företeelsen torde nämligen vara generell.

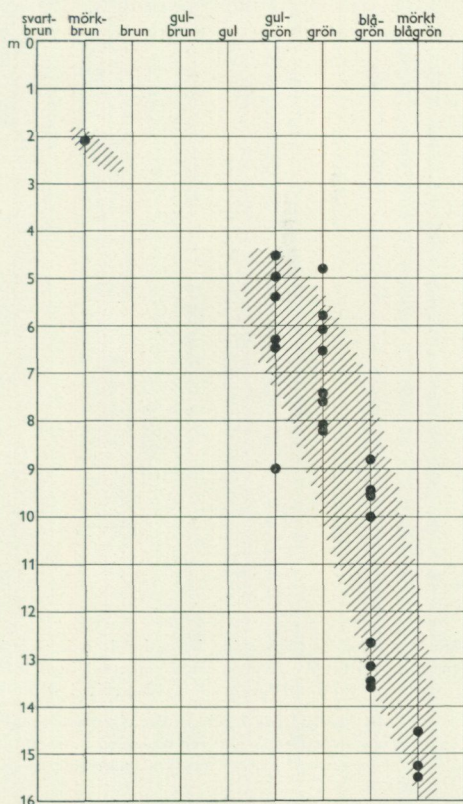


Fig. 8. Sambandet mellan transparens och färg i »inre Norrlands» fjällsjöar. (Detta begrepp är här taget i sin vidsträcktaste betydelse och med hänsyn till vattnets beskaffenhet. Ehuru fjällsjövattnet överväger i sjökedjans sjöar, ha dessa sistnämnda dock ej medtagits.)

Fig. 8. Korrelation zwischen Transparenz und Farbe in den Hochgebirgseen vom »inneren Norrland». Der Begriff Hochgebirgseen ist hier in seiner weitesten Bedeutung und nach Wasserbeschaffenheit gebraucht. Obgleich das Hochgebirgswasser in den Seen der »Seenkette» überwiegt, sind diese letztgenannten hier nicht mitgerechnet.

Då det kan vara av intresse att jämföra de nu nämnda sjöarna med de mest exklusiva klarvattenssjöarna, fjällsjöarna, har jag gjort ett särskilt diagram över de sistnämnda (fig. 8). Av detta framgår genom en jämförelse med fig. 7, att fjällsjöarna ha ungefär samma fördelning i diagrammet som passpunktsjöarna, ehuru de ofta ha ännu större siktdjup. Även de mörka sjöarna finnas representerade bland fjällsjöarna, men äro där sällsynta och av obetydlig areal. Jämförelsen mellan de båda diagrammen kan sålunda sägas visa,

att passpunkts-(och åsgrops-)sjöarnas vatten i optiskt hänseende står närmast fjällsjöarnas.

Småland. Som redan anförts förskriver sig detta utmärkta material från Thunmarks med assistenters observationer (180 sjöar). Jag medtager hela materialet ända upp till Karlsborg (Bottensjön) utom Vättern och de grunliga sjöarna, ehuru det noga taget tillhör flera sjöområden. Däremot har jag i detta sammanhang icke medräknat det material Thunmark överlämnade 1934, dels

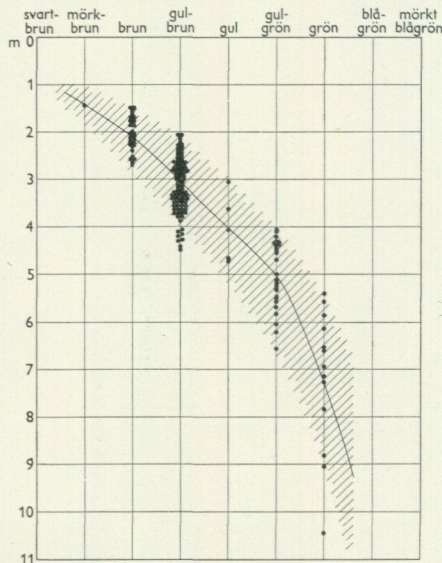


Fig. 9. Sambandet mellan transparens och färg i Smålands och angränsande områdens sjöar (Thunmarks material). Spridningsfältet överensstämmer väl med dem från Bergslagen och Norrland om hänsyn toges till Smålandsmaterialets övervikt i de mörkare sjöarna.

Fig. 9. Korrelation zwischen Transparenz und Farbe in den Seen von Småland und Nachbargebieten (Material von Thunmark). Die Streufläche stimmt gut mit denen von Bergslagen und Norrland überein unter Berücksichtigung des Übergewichtes des Smålandsmaterials in den dunkleren Seen.

därför att då en 25 cm:s skiva användes, dels emedan färgbestämningen gjordes på 1 m u. y.

Siktdjupen (fig. 3) äro här vanligen 2.5—3.5 m (något över 15 % av antalet observationer), högst något över 10 m (0.6 %). Detta diagram visar sålunda en mycket stor likhet med Dalslands men har något mindre genomsnittligt siktdjup än Bergslagens.

Färgen (fig. 4) är i Smålandssjöarna övervägande gulbrun; över 50 % tillhöra denna grupp. Därefter komma bruna, nära 20 %, och gulgröna 17 %. Detta överensstämmer närmast med Bergslagsdiagrammets typ, men skillnaden är den, att Smålandsdiagrammet är mera sammanträngt. I detta saknas såväl det blåa inslaget som de allra mörkaste tonerna. Överraskande är, att de gula sjöarna äro så sparsamt företrädda.

Kombinationen färg—siktdjup (fig. 9) visar ett ganska smalt observationsknippe. Till stor del beror detta på materialets enhetlighet och utgör ett kri-

terium på dess noggrannhet. Medeltalskurvan genom punktsystemet sammanfaller nästan exakt med samma kurva för Bergslagen bortsett från sträckan i »bruna», vilka sjöar voro ganska fåtaliga inom sistnämnda område. Medeltalet blir sålunda mindre preciserat där.

En granskning av iakttagelserna efter samma topografiska synpunkter som tillämpades för de föregående områdena skulle vara av intresse. Materialet kommer emellertid att detaljgranskas av Thunmark, som behärskar det i dess helhet.

Sambandet mellan transparens och areal.

I det föregående ha vi sett, att ett visst samband råder mellan vattnets siktdjup och färg. Men i diagrammen kunde man även utläsa, att samlingsbäckena ofta ha mera transparent vatten. Och detta är f. ö. en gammal erfarenhet: större sjöar ha ofta större siktdjup än de mindre i samma vattensystem. Undantag utgöra, som av det föregående torde ha framgått, passpunkts- och åsgropssjöar, vilka båda kategorier i regel äro ganska små.

Uppgiften är nu att undersöka förhållandet mellan sjöarnas siktdjup och areal. Egentligen är det vattenmassan som siktdjupet skulle jämföras med. Men även om ett icke ringa antal sjöar äro djuplodade, så att deras vattenvolym kan beräknas, är det mera sällan som siktdjupsuppgifter föreligga från just sådana sjöar. Jag har därför nödgats gå en genväg och utbyta volymen mot arealen, vilken alltid är åtkomlig. Det säger sig självt, att man under sådana omständigheter måste kritiskt sovra materialet. Ty en stor sjö med ringa djup är för problemställningen icke likvärdig med en stor och djup sjö.

Frågan är nu, om sambandet mellan siktdjup och areal kan utnyttjas ur regional karakteriseringssynpunkt. Jag granskar då samma material som förut och avsätter vid diagramkonstruktionen fortfarande siktdjupet längs ordnatan men längs abscissan arealen. Men då arealerna växla mellan ± 1 har och bortåt 100,000 har är det av utrymmesskäl icke möjligt att bibehålla en vanlig aritmetisk skala. Jag nödgas därför använda en logaritmisk, vilket visserligen gör, att en större spridning erhålles å de mindre sjöarnas koordinater, medan de störres bli mera sammanträngda.

Dalsland. De på angivet sätt erhållna koordinaterna samla sig påfallande väl inom ett markerat fält (fig. 10). Alldeles särskilt tydlig är begränsningen uppåt men även åt övriga sidor är den ganska distinkt, trots observationernas fåtalighet där.

Ur figuren kan bl. a. följande utläsas. De flesta sjöarna inom området äro mellan 10 och 100 har, och siktdjupet växlar mellan c:a $1\frac{1}{2}$ och c:a 5 m. I stort sett ökar siktdjupet med arealen men endast till en viss gräns. Områdets största sjö, Stora Le, omkring 14,000 har, har sålunda endast något över 6 m:s siktdjup, medan Östra Solsjön (Laxarby socken) på c:a 100 har har c:a 10 m. Förklaringen måste vara följande. De större sjöarna ha vanligen större vattenområden. Följaktligen är sjöns vatten genom den stora tillrinningen mera uppblandat med andra vattentyper än ett mindre bäckens, vars

vatten är »renare» och enhetligare. Därför måste läget av spridningsfältets toppvärden, d. v. s. de största sjöarnas siktdjup, vara ett uttryck för hela områdets beskaffenhet. Det som främst influerar på läget är vattenområdets humusvatten, d. v. s. mängden torvmarker (lergrumliga sjöar äro som sagts ej medräknade).

Bergslagen (fig. 11) företer en annan typ på diagrammet. Vänstra delen av bilden, alltså spridningen för sjöar under 100 har, är ungefär likadan som

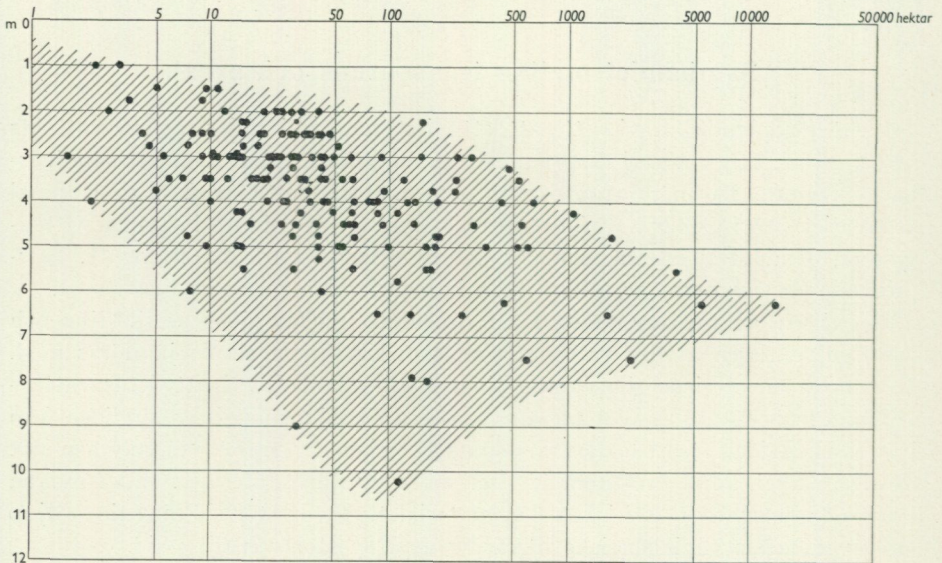


Fig. 10. Sambandet mellan transparens och areal hos Dalands sjöar. Största sjön är Stora Le. Spridningsfältet är väl belagt oaktat materialets ringa omfattning inom de extrema områdena; särskilt övre gränsen mycket distinkt.

Fig. 10. Korrelation zwischen Transparenz und Areal der Seen von Dalsland. Der grösste See ist »Stora Le». Die Streufläche ist ungeachtet des kleinen Material aus den extremen Gebieten gut belegt; besonders ist die obere Grenze sehr deutlich.

Dalands. Men högra delen visar en annan bild. Även i detta diagram synes samma »höjning» på de större sjöarnas koordinater men här är den större än i Dalandsdiagrammet. Där låg toppen vid c:a 6 m men i Bergslagen vid c:a 4 m. Diagrammet kan kompletteras med upplysningen, att även Siljan (nära 30,000 har) ligger på samma 4-m:s linje som Väsman m. fl. Då materialet är så enstämmigt i båda fallen och skillnaden så stor, tror jag ej att orsaken kan sökas i olika observationsmetodik. Då de föregående diagrammen (fig. 3 och 4) visade, att Bergslagens sjöar i stort sett äro något ljusare och mera transparenta än Dalands, synas de avvika från det nu behandlade (fig. 11). Men förklaringen torde vara, att Bergslagens samlingsbäcken — om vilka det nu närmast är frågan, eftersom det är dessa som bestämma toppläget — erhålla proportionsvis mera humusvatten.

Samplingsbäckenens siktdjup håller sig inom området mellan 3 och 5 m. Passpunktssjöarna äro tämligen små men ha stort siktdjup, till 10 m, och

även åsgropssjöarna tillhöra samma diagramområde. Trots det obetydliga materialet av dessa sjötyper är bilden därav påfallande samlad, om de exklusiva försumpningsområdenas representanter icke medräknas.

»Norrland» (fig. 12) företer en helt annan bild än de båda södra områdena, vilket väl icke är oväntat. De flesta av mina sjöar därifrån ha nämligen fjällvatten och samma gäller även om »sjökedjans» sjöar (jfr sid. 13). Till dessa ansluta sig passpunktssjöarna. Någon markerad »toppbildning» framkommer

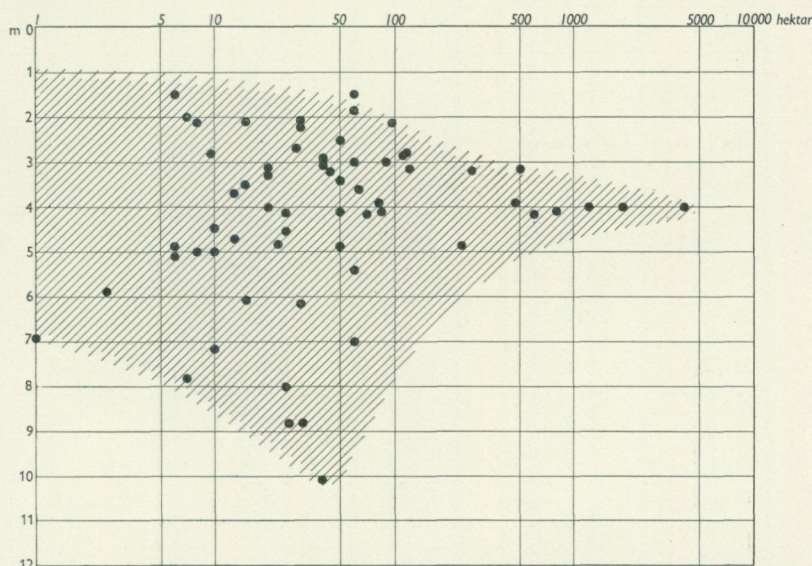


Fig. 11. Sambandet mellan transparens och areal hos Bergslagens sjöar. Spridningsfältet är trots materialets ringa omfattning ganska distinkt; särskilt gäller detta de största sjöarnas topp, vars spets markeras av Väsman och därunder Barken. De mindre sjöarnas topp är V. Skålsjön (passpunktssjö å bl. Malingsbo) och den lilla 1-hars-sjön är den till- och avloppslösa Bångtjärn.

Fig. 11. Korrelation zwischen Transparenz und Areal der Seen von Bergslagen. Die Streufläche ist ungeachtet des kleinen Material ganz ausgeprägt; besonders gilt dies für der Zipfel der grösseren Seen, dessen Spitze vom Väsman und daneben vom Barken gebildet ist. Der Zipfel der kleineren Seen ist ein Wasserscheiden-See und der kleine 1-har-See hat weder Zu- noch Abfluss.

ej i detta diagram, men en tendens utvisas dock av Storsjöns läge. Jag håller det därför för sannolikt, att ett större och naturligtvis fortfarande enhetligt material skulle tillskärpa denna tendens. Min sammanställning av de äldre observationerna, särskilt Wahlbergs, 1894, låter ana detta. Man kan alltså våga påstå, att samma princip framkommer i Norrlandsdiagrammet som i de båda övriga.

Småland. Fördelningsfältet för kombinationen siktdjup—areal är här synnerligen markant (fig. 13). Den övre begränsningslinjen sjunker sakta till ett toppvärde något under 4,5 m, där Bolmen återfinnes. Den undre begränsningen visar en distinkt avslutning med minimivärde å något under 10 m och 1,000 har.

För att belysa, hur lagbundet även sambandet färg—siktdjup—areal är, har jag i diagrammet även infört färgbeteckningarna. Sjöar av samma färg

ligga i ganska skarpt begränsade zoner. Det enda mera påfallande undantaget utgör en »gulgrön» prick i det »gulbruna» fältet. Då denna markerar Botten-sjön, som har vattenutbyte med Vättern, är dess abnorma färgvärde icke så överraskande. Någon vidare förklaring behöver knappast diagrammet. Dock må här understrykas att förhållandena icke alltid ligga så schematiskt till. I Bergslagsdiagrammet uppträda nämligen »färgprickarna» ganska regellöst.

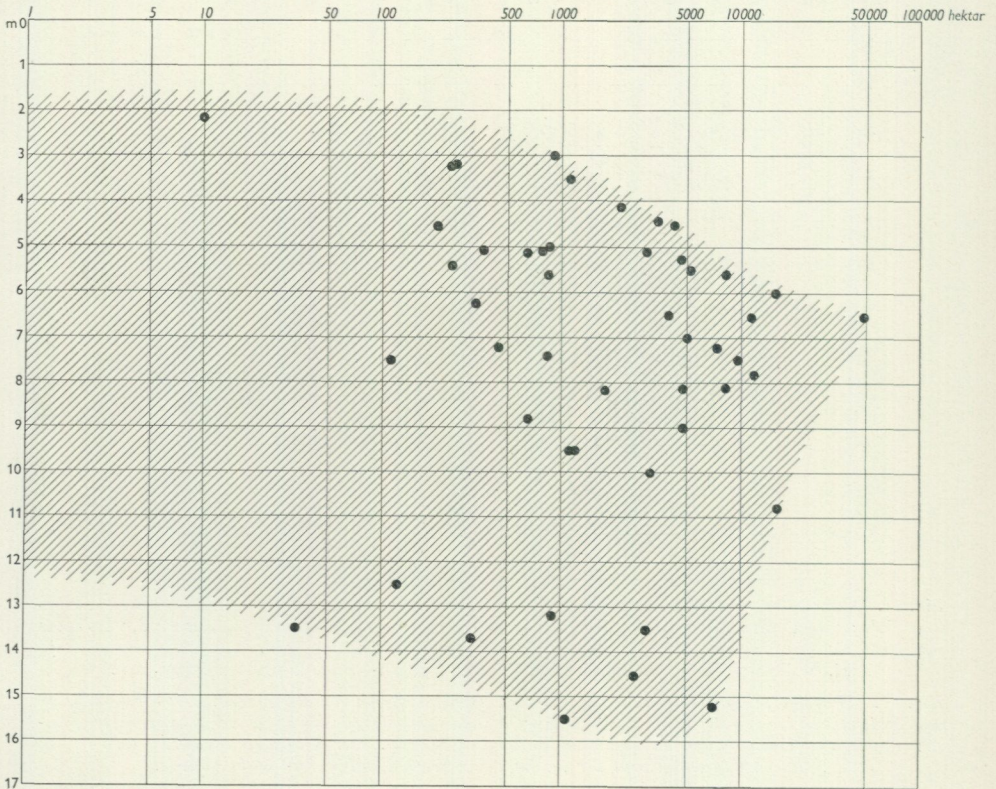


Fig. 12. Sambandet mellan transparens och areal hos inre Norrlands sjöar. Oaktat materialet är ganska ringa för ett så stort och heterogent område, visar dock spridningsfältet en ganska distinkt bild; de största sjöarnas topp (Jämtlands Storsjö) är här mindre markerad men dock tydlig. Denna bild visar, att ett markerande av fältet även för sjöar under c:a 50 har utsuddat bilden av hela fältets verkliga läge i koordinatsystemet och endast har teoretiskt intresse.

Fig. 12. Korrelation zwischen Transparenz und Areal der Seen von »inneren Norrland». Ungeachtet dass das Material für ein so grosses und heterogenes Gebiet klein ist, zeigt jedoch die Streufläche ein sehr ausgeprägtes Bild; der Zipfel der grösseren Seen (Storsjön in Jämtland) ist hier weniger markiert, aber noch ganz deutlich. Das Bild gibt eine falsche Vorstellung durch die Schraffierung der ganzen Fläche bis an die 1 har-Linie. Aber dies hat ein theoretisches Interesse, da die Möglichkeit besteht, innerhalb diesen Fläche Seen noch nachzuweisen.

Orsaken till fördelningsskillnaderna mellan de båda områdena är följande. »Småland» är ett relativt enhetligt område, medan Bergslagen tillhör just brytningszonen mellan ett stort försumpningsområde och västra utkilandet av östra Sveriges sedimentområde. Det sistnämndas vatten är därför icke av

samma enhetliga typ som »Smålands». Man kan alltså av dylika diagrams utseende sluta sig till områdenas enhetlighet i vattenhänseende.

Sammanfattning. Diagrammen över siktdjup och areal från våra fyra undersökningsområden visa dels principiella likheter, dels distinkta skillnader. Likheten består i spridningen inom fältet < 100 har. Därifrån har material dock ej medtagits i Norrlandsdiagrammet, då jag ej själv utfört observatio-

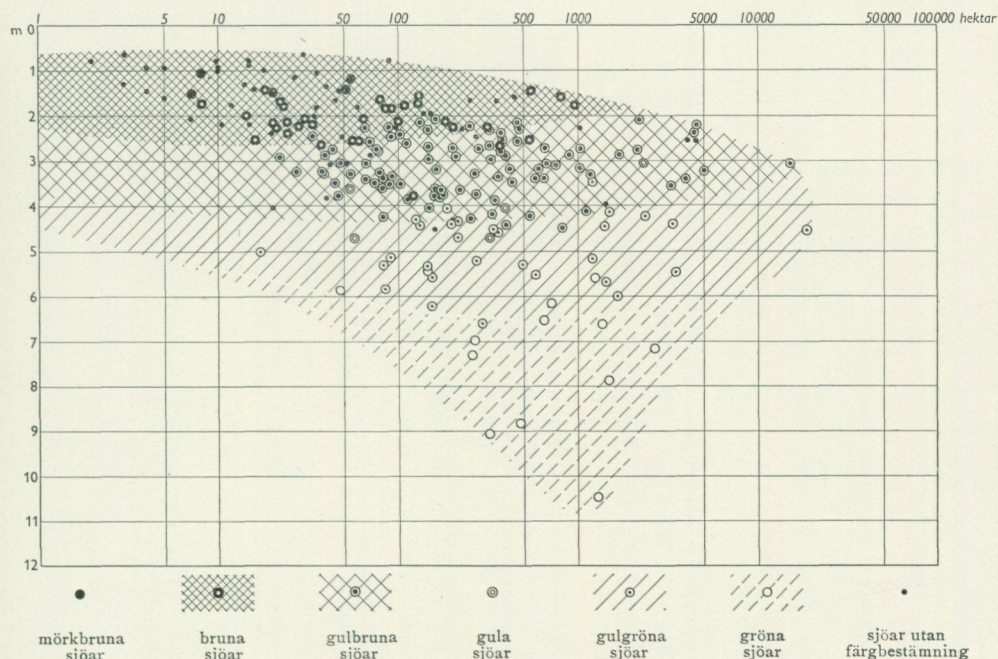


Fig. 13. Sambandet mellan transparens, färg och areal hos »Smålands» sjöar (Thunmarks material). Spridningsfältet är mycket distinkt; påfallande väl markerad är de mindre sjöarnas topp (Mycklaflon, bl. Vetlanda). Färguppgifterna understryka det vackra sambandet mellan transparens, färg och areal.

Fig. 13. Korrelation zwischen Transparenz, Farbe und Areal der Seen von »Småland» (Material von Thunmark). Die Streufläche ist sehr ausgeprägt; auffallend gut markiert ist der Zipfel der kleineren Seen (Mycklaflon, Bl. Vetlanda). Die Farbangaben unterstreichen die schöne Verbindung zwischen Transparenz, Farbe und Areal.

nerna (principen var ju att materialet från varje område, alltså i varje diagram, skall vara så enhetligt som möjligt). Inom den nämnda diagramtypen ligga passpunkts- och åsgropssjöar nedåt, medan de vanliga humussjöarna återfinnas upp till. En sjös läge i diagrammen är alltså även den ett uttryck för vattnets humusfärgning. Förloppet av nedre begränsningen av detta fält anger, att siktdjupet tillväxer med arealen (egentligen volymen!), men endast till en viss gräns. De klarare samlingsbäckena ha nämligen minskat siktdjup och de mörkare ökat vid en areal större än ett visst värde. Genom detta avtagande resp. ökande erhålla spridningsfälten sina topplägen, och det är just dessa som är det karakteristiska för ett diagram från ett visst område. Toppläget så att säga balanseras av tillskottet humusvatten och »källvatten».

En sammanställning av de fyra områdenas spridningsfält visar bäst skillnader och likheter mellan dem (fig. 14). För enkelhetens skull kan man kalla topparna åt höger »de större sjöarnas» och de nedåtriktade »de mindre sjöarnas topplägen». En närmare beskrivning av diagrammet torde vara överflödigt. Anmärkningsvärt är, att de större sjöarnas topplägen ligga varandra så pass nära, medan de mindres äro mera utspridda. Tydligtvis är det därför de sist-

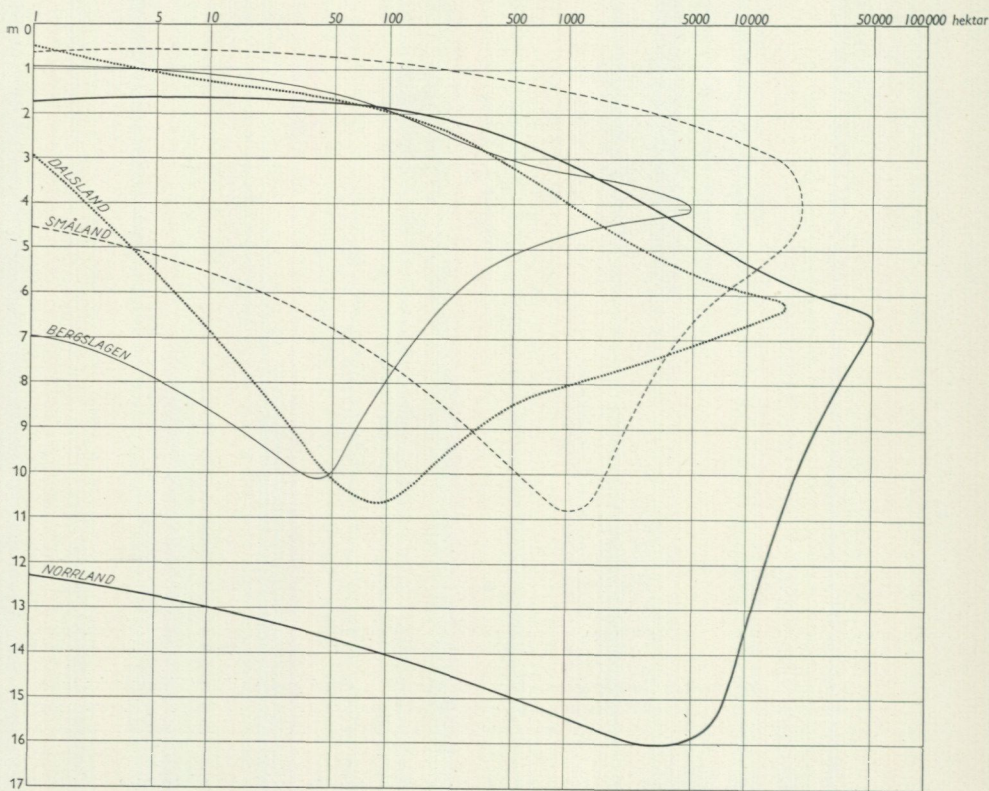


Fig. 14. Sambandet mellan transparens och areal hos sjöarna inom de fyra undersökningsområdena. Dylka bilder från olika mindre områden men där endast det verkliga spridningsfältet omringats böra ge en mycket god uppfattning om områdenas optiska typ.

Fig. 14. Korrelation zwischen Transparenz und Areale innerhalb der vier Untersuchungsgebiete. Ähnliche Figuren von verschiedenen kleineren Gebieten (z. B. Flussgebieten) in denen aber nur die wirkliche Streufläche markiert ist, dürfte eine sehr gute Auffassung von den optischen Typen der Gebiete geben.

nämnda som äro av störst intresse för områdeskaraktiseringen. Det bör i detta sammanhang understrykas, att skillnaderna mellan olika områden spridningsfält böra bli allt mindre ju större områdena äro, ty desto diffusare bli då dessa sistnämnda.

I det föregående framhölls, att topplägena måste bestämmas av förhållandet mellan humusvatten och »källvatten». Orsaken till utbildningen av sådana topplägen, eller med andra ord: den omständigheten, att siktdjupet ökar, då arealen

ökar mot dessa värden, är ett uttryck för, att sjöarna funktionera som klaringsbäcken. Att de verka på detta sätt för makroskopiskt slam såsom leraggregat o. dyl. är känt. Men emedan färgen vid ökad areal går från den bruna serien mot den gröna visar det, att »klarningen» sker även med hänsyn till sådana färgade kolloider som humusmaterialet.

Geografiska synpunkter på de optiska vattentypernas utbredning.

Den föregående utredningen synes mig tillräckligt väl ha klarlagt oriktigheten i v. Aufsess' (1905, s. 78) uttalande: »Früher glaubte man, dass ein *Zusammenhang zwischen Durchsichtigkeit und Farbe* eines Sees bestünde, dass, je durchsichtiger das Wasser ist, es sich um so mehr auch der Eigenfarbe des reinen Wassers nähern müsse. Dies ist aber keineswegs der Fall.» Mina diagram synas snarare visa, att ett samband råder mellan sjöarnas färg och siktdjup och därjämte mellan dessa faktorer och sjöarnas areal. Dessa samband följa vissa lagar, vilka äro regionalt betonade. Av de nämnda faktorerna känner man alltid arealen. Känner man så en viss sjös siktdjup kan man ganska väl bestämma dess färggrupp och omvänt.

Redan tidigt (v. Aufsess 1905) framhölls det intima samband som råder mellan en sjös vattenfärg och dess omgivningars geologiska beskaffenhet. Även om sambandets nyansering överdrivits, är det dock ofrånkomligt, att många av sjöarnas företeelser kunna återföras på de geologiska förhållandena. Hit höra icke minst de biologiska (Lundqvist 1925, 1927, Naumann 1932, Samuelsson 1934, Thomasson 1926). Även sedimenttyperna äro beroende av den geologiska beskaffenheten, varför det icke är överraskande att de även visa en viss parallellism med vattnets siktdjup och färg. Sjöar med gulgröna, gröna och blågröna vatten ha klart färgade gröna, gula, röda, gråa etc. sediment under förutsättning, att icke starkare järnutfällning förekommer. Man kan därför av uppgifter om vattnets färg eller siktdjup sluta sig till sedimentets typ och av uppgifter om geologisk miljö till dess kemiska och mikrobiologiska typ. Samma sak, ehuru i viss mån ännu mera generaliserad har av Thienemann (1925, sid. 104) formulerats sålunda: »Man kann den Satz aufstellen — der aber natürlich nur für ein geographisch begrenztes und einheitliches Gebiet gilt: Kennt man die Eigenfarbe eines Sees, so kennt man auch seine übrigen Eigenschäften.»

Man ser sålunda att den regionala kunskapen om de optiska vattentyperna är av stor vikt. Jag har därför utsänt närmare 1,500 frågeformulär¹ angående vissa drag hos sjöarna. Det sålunda sammanförda materialet är mycket värdefullt för min utredning och möjliggör — ehuru det tarvar en del kompletteringar — en regional överblick.

¹ Till de av Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalts tjänstemän och observatörer, jägmästare, lantbruksingenjörer, Riksantikvariens ombud, fiskeritjänstemän m. fl., som därvid hjälpt mig eller besvarat dessa mina formulär, står jag i tacksamhetsskuld.

Till att börja med vill jag då fastslå, att inom alla delar av landet t. o. m. i fjällen finnas sjöar av alla färger. Det som markerar skillnaden är endast frekvensen av de olika typerna. Inom alla områden är emellertid principen för de olika typernas fördelning densamma: längst upp emot vattendelaren ligga de ljusaste sjöarna, nedåt bli de allt mörkare. Undantag från denna regel betingas av försumpnings- och sedimentområden. I de förra, vilka ligga högst, äro sjöarna mörkare; i de senare, vilka i stort sett ligga lägst, äro de ljusare och dessutom ofta grumliga. De blågröna sjöarna tillhöra fjällen men kunna

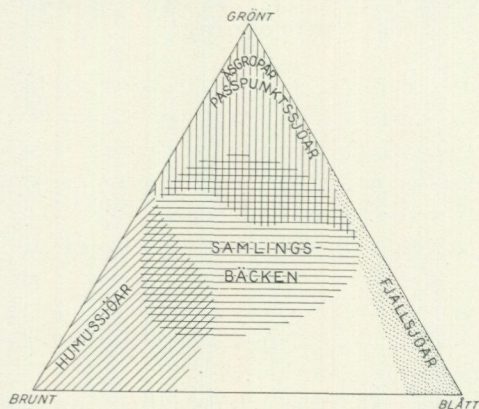


Fig. 15. Sambandet mellan olika sjöars optiska vattentyper. Sjöarnas vatten tillhöra i stort tre huvudtyper: bruna, gröna och blåa, vilka »rena» typer återfinnas i triangels hörn. Där ligga alltså »100 %» av resp. färginslag, men ju längre från hörnet en koordinat är belägen dess mindre av färgen ifråga innehåller vattnet. En koordinat på sidan »grönt-blått» saknar sålunda varje spår till brunt inslag. Inom mittfältet äro alla tre färgerna representerade ungefär lika mycket. Med skärpa framhålles, att diagrammet icke bör uppfattas matematiskt eller fysikaliskt utan endast som ett empiriskt försök.

Fig. 15. Korrelationen zwischen den optischen Wassertypen der Seen. Die Gewässer der Seen gehören im grossen zu drei Haupttypen: braune, grüne und blaue, deren »reine» Typen in den Spitzen des Triangels gefunden werden. Da liegen also »100 %» von resp. Farbenarten, je länger aber von einer Spitze eine Koordinate liegt um so weniger von den betreffenden Farbe enthält das Wasser. Einer Koordinate auf der Seite »grönt-blått» mangelt also jede Spur von braunem (»brunt») Einschlag. In mitten des Feldes sind alle drei Farben etwa gleich verteilt. Mit Schärfe wird hervorgehoben, dass das Diagramm nicht als matematisch oder fysikalisch aufzufassen ist, sondern nur als einen Ausdruck für meine Erfahrung. Die Worte im Triangel bedeuten: åsgröppar = Osgraben-Seen, passpunktssjöar = Wasserscheiden-Seen, samlingsbäcken = Sammelbecken, humussjöar = dystrofe Seen und fjällsjöar = Hochgebirgseen.

dessutom finnas inom den allra översta delen av ett icke försumpat vattenområde. Gröna sjöar äro vanligare än föregående men gå längre ned i vattenområdena. En stor del av »sjökedjan» har grönt vatten, ofta dock med en dragning i gult. Samma vattentyp ha därjämte passpunktssjöar och »åsgrossjöar» tagna i sin allra vidsträcktaste betydelse. En hel del av Norrlands småsjöar ha därför överraskande nog grönt eller gulgrönt vatten oaktat de rikligt förekommande myrarna. Orsaken till att vattnen här icke äro starkare humusfärgade beror säkerligen på, att myrarna ha så tunna torvtäcken, att grundvattenstillskottet ändå dominerar. Detta tillskärpes därav, att vattencirkulationen i torven är ganska obetydlig.

Gulgröna sjöar äro närmare knutna till torvmarksrika områden än de gröna. De äro därför rikliga i inre Norrland, inom de yttre delarna av vissa försumpningsområden (t. ex. Småland, inom kalkområden samt inom övergångszonen till sedimentområdena). Gula sjöar tillhöra samma övergångsområden som de gulgröna men förutsätta rikare tillförsel av humusrikt vatten. Särskilt vackert framkommer det inom Thunmarks material från Småland och angränsande

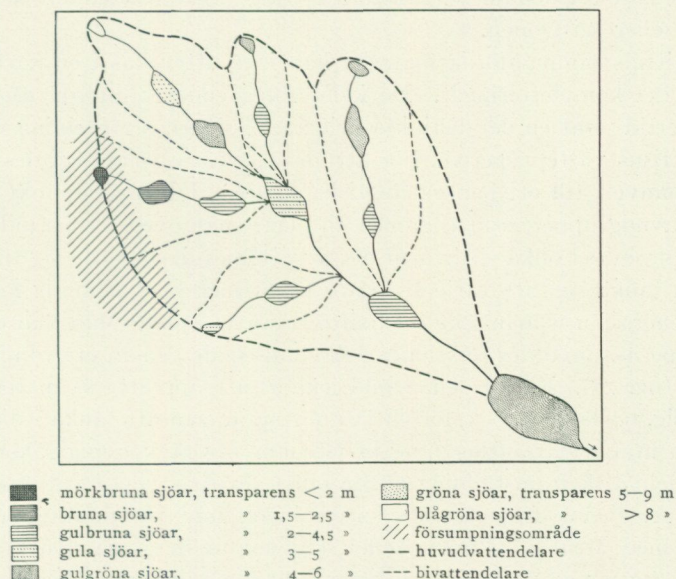


Fig. 16. Schematisk framställning av sjöarnas fördelning efter optiska vattentyper inom ett större vattenområde (endast större sjöar utritade). De högst belägna sjöarna ha mest transparent vatten utom inom försumpningsområden, där motsatt förhållande råder. Större sjöar ha ljusare än eller likadant vatten som ovanför liggande. Samma principer gälla för alla vattendrag, stora eller små, endast nyansernas storleksordning varierar.

Fig. 16. Schematische Darstellung von die Verteilung der Seen nach optischen Wassertypen innerhalb eines grösseren Wassergebiets (nur die grösseren Seen berücksichtigt). Die am höchsten gelegene Seen haben das transparenteste Wasser, ausser von Versumpfungsgebieten, wo das entgegengesetzte Verhältnis herrscht. Grössere Seen haben helleres oder ähnliches Wasser wie die höherliegenden. Zeichen-erklärung (vgl. auch unter Fig. 1): försumpningsområde = Versumpfungsgebiet, huvudvattendelare = Hauptwasserscheide, bivattendelare = Nebenwasserscheide.

trakter, där de »gula sjöarna» alltid ligga längs en smal zon utanför de bruna eller intaga de större bäckenin inom området.

Bruna sjöar tillhöra de torvmarksrikare trakterna med de förbehåll som gjordes å sid. 24 för vissa av Norrlands grusiga moränområden. De äro därför den dominerande vattentypen inom Småland med angränsande likartade områden, stora delar av övriga Sverige med undantag av dels de förut behandlade, dels de lägre liggande sedimentområdena.

Alla i det föregående behandlade vattnen ha varit klara och därmed ha vi uteslutit en stor och viktig grupp av Sveriges sjöar nämligen de lergrumliga. De finnas — bortsett från dem som ha tillrinning direkt från glaciärer — inom sedimentområdena. Vattnets egen färg i dessa trakter är i regel grön—gul.

Endast inom vissa torv- och lerrika områden finnas även bruna grumliga sjöar. Sådana anträffas i Södermanland ofta, i Dalsland och Småland någon gång.

En återblick på de svenska sjöarnas förekomst och vattenfärger utvisar vissa drag, vilka gå igen såväl regionalt som inom varje enskilt litet vattenområde: de ljusaste (blåa, gröna etc.) vattnen ligga i fjällen och vid passpunkterna, de mörkaste inom områden med mäktigare torvavlagringar, grumliga sjöar i fjällen nedanför glaciärer och inom ler- eller mjälområden, alltså inom issjöområden eller kustzonen.

Mitt hittills sammanförda material kan icke uttryckas i en kartbild förrän efter en del kompletteringar. De i det föregående framförda erfarenheterna ha emellertid visat en del distinkta principer i sjöarnas fördelning med hänsyn till de optiska vattentyperna. För att än ytterligare förtydliga dessa principer vill jag hänvisa till ett par schematiska figurer. Ur färgsynpunkt tillhöra sjöarna 3 huvudgrupper, bruna, gröna och blåa, vilka övergå i varandra. För att belysa, hur en del olika sjöar med dessa vattenfärger förhålla sig till varandra, kan man tänka sig, att varje sjös färg konstitueras av nämnda färger i olika proportioner, ehuru man icke med siffror kan visa det. Man kan då uttrycka vattentypernas inbördes relationer i färghänseende genom ett vanligt triangel-diagram (fig. 15). Ehuru denna bild icke är att uppfatta så matematisk som den ter sig, torde den dock, för en läsare som är van att tänka i diagramform, klart och utan vidare utläggning belysa, hur jag tänker mig saken.

En schematisk framställning av de olika sjöarnas läge i vattensystemen är fig. 16. Av denna framgår dels successionen från passpunkterna, dels växlingarna med arealen. Principen är sålunda: mest transparenta sjöar högst upp och längst ned utom i anslutning till försumpningsområden, då de mörkaste ligga högst upp.

Med utgångspunkt från de i det föregående framlagda principerna om sjöarnas förekomst ur färg- och transparensynpunkt skall det, efter de erforderliga materialkompletteringarna, bli möjligt att ge en kartbild över hela Sverige i berörda hänseende. Med en sådan karta i sin hand har man ökade möjligheter till förståelse av de naturkomplex som konstituera sjötyperna.

Zusammenfassung.

Titel der Arbeit: Transparenz, Farbe und Areal der Binnengewässer.

Um eine regionale, kartographische Darstellung der mehr als 100,000 Binnengewässer Schwedens in Hinsicht auf die Farben zusammenzustellen, sind vier Gebiete spezialuntersucht worden, um somit einige Vorkommen prinzipiell klarzulegen. Die Methodik ist von Kostenstandpunkt und in praktischer Hinsicht die zweckmässigste gewesen. Es wurde eine Sichtscheibe 14 cm in Diam. aber scharf weiss gemalt verwandt. Trübe Gewässer wurden in den Diagrammen nicht mit berücksichtigt.

Ausgangspunkt für die Arbeit waren die Seenuntersuchungen Holmgrens (1916). Durch das Zusammenstellen von Diagramme dieses Material zeigte

sich eine ganz gute Beziehung zwischen der Transparenz und der Farbe der Seen (Fig. 1—2). Ähnliche Untersuchungen in den Bergslagen, den Hochgebirgseen, der Seenkettensregion (Ahlenius 1901) des inneren Norrlands (eigenes Material) und Småland mit angrenzende Gebieten (Dr. Thunmarks Material) sind mit den in Dalsland gewonnenen Resultaten verglichen (vgl. die Figuren 3—6 und 9). Die Figuren zeigen besser als Worte die Beziehung zwischen Farbe und Transparenz, die mit diesen wenig präzisen und subjektiven Methode erhalten sind.

Eine besondere Durchmusterung der Seen in Hinsicht auf die Lage zeigte, speziell 2 Gruppen: Osgraben-Seen (und damit vergleichbaren, z. B. Sölle) und Wasserscheiden-Seen sensu lato haben in den Gebieten gelbgrün—blaugrünes Wasser und in optischer Beziehung nähern sie sich den Hochgebirgseen stark (vgl. die Figuren 7 und 8).

Von besonderen Interesse in kartenkonstruktiver Hinsicht ist die Beziehung zwischen Transparenz und Areal. Ein grösserer See hat transparenteres Wasser, aber nicht bis zu jedem beliebigem Areal. Viele kleine Seen innerhalb eines besonderen Gebiets haben durchsichtigeres Wasser als die grossen. Die Beziehung geht aus den Figuren 10—13 (der Arealmasstab ist logarithmisch) hervor. Die Transparenz steigt also mit dem Areale zu einem Maximalwert, verschieden für ungleiche Gebiete und verschieden für die grösseren und die kleineren Seen. Das Streufeld der Koordinaten zeigt also zwei Zipfel, einen recht und einen unten. Man kann den unteren »Maximum der kleineren« und den rechten »Maximum der grössten Seen« nennen. Die Erklärung dieser Zipfel muss die folgende sein. Die Seen fungieren als Klärbecken nicht nur für gröbere Partikel (Tonagglomeraten u. s. w.) sondern auch für die feineren Humuskolloide. Darum wachsen die Klärmöglichkeiten mit dem Areal oder richtiger gesagt mit der Wassermasse. Wenn diese aber in verschiedenen Gebieten spezielle Werte, also das Maximum der kleineren Seen, erreicht hat, entspricht dem Areal ein so grosses Wassergebiet, dass das Wasser bei den Seen von noch grösseren Areal durch den Zuschuss von dunklem Wasser nicht länger heller sondern weniger transparent wird. Die Lage der beiden Zipfel im Diagramm gibt also einen Ausdruck für den »Reinheitsgrad« des Wassers oder besser für die Freiheit von dunklen Farbstoffen. Die Hauptprinzipien sämtlicher meiner Diagramme gehen aus dem Triangeldiagramm Fig. 15 und dem Kartenschema Figur 16 hervor. Diese beiden Figuren geben eine Syntese der Arbeit. Mit ihrer Hilfe und den vorigen Diagrammen kann auch altes und sehr wenig präzisiertes Material mitbenutzt werden.

Durch Errichtung von Diagrammen der beschriebenen Typen, aber über kleinere und darum einheitlichere Gebiete, bekommt man eine gute Auffassung von ihren optischen Typus. Nach den Diagrammen kann auch eine ziemlich genaue Auffassung von einem besonderen See nur mit Hilfe von dem Areal, ein Faktor, den man immer kennt, und einer der beiden Faktoren Sichttiefe oder Farbe, erhalten werden. Die Bedeutung der Kenntnis des letzten Faktors für die Seenforschung ist besonders klar von Thienemann (1925, S. 104) hervorgehoben worden.

Litteraturförteckning.

- Ahlenius, Karl, 1901. Beiträge zur Kenntnis der Seenkettensregion in Schwedisch-Lappland. Bull. Geol. Inst. Upsala, Vol. V.
- Alm, Gunnar, 1933. Fiske, fiskerätt och fiskesvård. Stockholm.
- Aufsess, v. u. z., Otto, 1905. Die physikalischen Eigenschaften der Seen. Braunschweig. Vieweg & Sohn.
- Blomgren, Nils, und Naumann, Einar, 1925. Untersuchungen über die höhere Vegetation des Sees Stråken bei Aneboda. Lunds Univ. Årsskr. N. F. Avd. 2. Bd 21. Nr 6. Kungl. Fysiogr. Sällsk. Handl. N. F. Bd 36. Nr 6.
- Forel, F. A., 1901. Handbuch der Seenkunde. Allgemeine Limnologie. Stuttgart.
- Halbfass, W., 1923. Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde. Berlin. Gebrüder Borntraeger.
- Holmgren, E., 1916. E. Holmgrens undersökningar af fiskevatten å Dalsland omfattande 638 sjöar och vattendrag. (Påbörjades 1901. Afslutades 1904.) Vänersborg 1916 (tryckt efter författarens död). Register 1935.
- Leighton, Marshall O., 1905. Field assay of water. U. S. Geol. Survey. Water Supply and Irrigation Paper No. 151. (Series L, Quality of Water, 11.) Washington 1905.
- Lundqvist, G., 1925. Utvecklingshistoriska insjöstudier i Sydsverige. Sv. Geol. Unders. Ser. C, N:o 330. Diss.
- , 1927. Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. Die Binnengewässer Bd II. Stuttgart.
- Naumann, Einar, 1927. Die Lichtverhältnisse des Süßwassers. Eine prinzipielle Klarlegung einiger ihrer Hauptprobleme auf methodologischem Grund. In Abderhalden: Handbuch der biol. Arbeitsmethoden. IX, 2/II.
- , 1932. Grundzüge der regionalen Limnologie. Die Binnengewässer Bd XI. Stuttgart.
- Pietenpol, W. B., and Birge E. A., 1918. Selective absorption in the visible spectrum of Wisconsin lake waters. Transact. Wisconsin Acad. Vol. XIX: 1.
- Samuelsson, Gunnar, 1934. Die Verbreitung der höheren Wasserpflanzen in Nord-europa (Fennoskandien und Dänemark). Acta Phytogeographica Suecica. Uppsala.
- Schlagintweit-Sakünlünski, Hermann von, (1871) 1874. Untersuchungen über die Salzseen im westlichen Tibet und in Turkistan. I. Theil: Rúpchu und Pangkong; das Gebiet der Salzseen im westlichen Tibet. Abh. mathem.-physik. cl. d. königl. bayerischen Akad. d. Wissensch. München.
- Thienemann, August, 1925. Die Binnengewässer Mitteleuropas. Eine limnologische Einführung. Die Binnengewässer Bd I. Stuttgart.
- Thomasson, H., 1926. Methoden zur Untersuchung der Mikrophyten der limnischen Litoral- und Profundalzone. In Abderhalden: Handbuch der biol. Arbeitsmethoden IX: 2.
- Thunmark, Sven, 1931. Der See Fiolen und seine Vegetation. Acta Phytogeographica Suecica. Uppsala.
- Ule, Willi, 1892. Die Bestimmung der Wasserfarbe in den Seen. Petermanns Mitteilungen Bd 38, S. 70—71. 1892.
- Wahlberg, Victor, 1894. Notiser om djup och temperaturförhållanden i några Lappmarkssjöar. Svensk Fiskeritidskrift, 3:e årg.
- Welch, Paul S., 1935. Limnology. Mc Graw-Hill Publications in the zoological Sciences. New York and London.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGS SENAST
UTKOMNA PUBLIKATIONER ÄRO:

Ser. Aa. Geologiska kartblad i skalan 1 : 50 000 med beskrivningar.

	Pris kr.
N:o 165 <i>Filipstad</i> av N. H. MAGNUSSON och E. GRANLUND 1928	4,00
› 166 <i>Lurö</i> av R. SANDEGREN 1927	4,00
› 167 <i>Säffle</i> av N. H. MAGNUSSON och L. VON POST 1929	4,00
› 168 <i>Malingsbo</i> av A. HÖGBOM och G. LUNDQVIST 1930	4,00
› 169 <i>Slite</i> av H. MUNTHE, J. E. HEDE och G. LUNDQVIST 1928	4,00
› 170 <i>Katthammarsvik</i> av H. MUNTHE, J. E. HEDE och G. LUNDQVIST 1929	4,00
› 171 <i>Kappelshamn</i> av H. MUNTHE, J. E. HEDE och G. LUNDQVIST 1933	4,00
› 172 <i>Lugnäs</i> av G. LUNDQVIST, A. HÖGBOM och A. H. WESTERGÅRD 1931	4,00
› 173 <i>Göteborg</i> av R. SANDEGREN och H. E. JOHANSSON 1931	4,00
› 174 <i>Karlstad</i> av N. H. MAGNUSSON och R. SANDEGREN 1933	4,00
› 175 <i>Nya Kopparberget</i> av N. H. MAGNUSSON och G. LUNDQVIST 1932	4,00
› 176 <i>Storvik</i> av B. ASKLUND och R. SANDEGREN 1934	4,00
› 177 <i>Grängesberg</i> av N. H. MAGNUSSON och G. LUNDQVIST 1933	4,00

Ser. Ba. Översiktskartor.

N:o 12 Kvartärgeologisk karta över Stockholmstrakten. Skala 1 : 50 000. 1929.	5,00
Stockholmstraktens kvartärgeologi, av G. DE GEER. Beskrivning till kvartärgeologisk karta över Stockholmstrakten. Bilaga med specialundersökningar. With English Explanations. 1932	3,00

Ser. C.

Årsbok 24 (1930).

N:o 364 SAHLSTRÖM, K. E., A seismological map of Northern Europe. With one Plate. 1930	0,50
› 365 NORDQVIST, HJ., Granitindustrien i Förenta staterna. Med 2 tavlor. 1931	5,00
› 366 GEIJER, PER, Berggrunden inom malmtrakten Kiruna—Gällivare—Pajala. Med en karta. Summary: Pre-cambrian geology of the iron-bearing region Kiruna—Gällivare—Pajala. 1931	4,00
› 367 GEIJER, PER, The Iron Ores of the Kiruna type. Geographical distribution, geological characters, and origin. 1931	1,00

Årsbok 25 (1931).

N:o 368 GRANLUND, E., Kungshamnsmossens utvecklingshistoria jämte pollen-analytiska åldersbestämningar i Uppland. 1931	1,00
› 369 HÖGBOM, A., Praktiskt-geologiska undersökningar inom Jokkmokks socknen sommaren 1930. Med 3 tavlor. Summary: Practical investigations in the parish of Jokkmokk in the summer 1930. 1931	2,00
› 370 SAHLSTRÖM, K. E., Jordskalv i Sverige 1926—1930. Med en karta. Resümee: Erdbeben in Schweden 1926—1930. 1931	1,00
› 371 FLODKVIST, H., Kulturtechnische Grundwasserforschungen. 1931	5,00
› 372 WESTERGÅRD, A. H., Diplocraterion, Monocraterion and Scolithus from the lower Cambrian of Sweden. With ten Plates. 1931	2,00

Årsbok 26 (1932).

N:o 373 GRANLUND, ERIK, De svenska högmossarnas geologi. Deras bildningsbetingelser, utvecklingshistoria och utbredning jämte sambandet mellan högmossbildning och försumpning. Resümee: Die Geologie der schwedischen Hochmoore. Ihre Bildungsbedingungen, Entwicklungsgeschichte und Verbreitung, sowie der Zusammenhang von Hochmoorbildung und Versumpfung. 1932.	4,00
---	------

	Pris kr.
N:o 374 SUNDIUS, N., Über den sogenannten Eisenanthophyllit der Eulysite. 1932	0,50
» 375 BESKOW, G., Tjällyftningen och tjällyftningen med särskild hänsyn till vägar och järnvägar. Summary: Soil Freezing and Frost heaving. 1935	5,00

Årsbok 27 (1933).

N:o 376 HADDING, A., Den järnmalmsförande lagerserien i sydöstra Skåne. English summary. 1933.	1,00
» 377 ASKLUND, B., Vemdalskvartsitens ålder. 1933.	1,00
» 378 THORSLUND, P., Bidrag till kännedomen om kambrium och ceratopyge-regionen inom Storsjöområdet i Jämtland. 1933.	0,50
» 379 Untersuchungen über Tonerdezement. 1. SUNDIUS, N., Die mineralogische Beschaffenheit der Schmelzzemente von Valleviken, Schweden, und von Ciment fondu der Soc. An. des Chaux & Ciment de Lafarge et du Teil, Frankreich. 2. ASSARSSON, G., Die Reaktion zwischen Tonerdezement und Wasser. 1933	2,00
» 380 EKSTRÖM, GUNNAR, Agrogeologiska undersökningar vid Svalöv. Med 4 tavlor. Zusammenfassung: Agrogeologische Untersuchungen bei Svalöv. 1934	5,00

Årsbok 28 (1934).

N:o 381 WESTERGÅRD, A. H., En kvartär Stromatolitikalksten från Bohuslän. Med 13 tavlor. Summary: A Quaternary Stromatolitic Limestone from Bohuslän, Sweden. 1934	2,00
» 382 ASKLUND, B. och THORSLUND, P., Fjällkedjerandens bergbyggnad i norra Jämtland och Ångermanland. Med 4 tavlor. 1935	2,00
» 383 ARRHENIUS, O., Fosfathalten i skånska jordar. Med 4 tavlor. Summary: The Phosphate content in Scanian soils. 1934	3,00
» 384 GRANLUND, E. och WENNERHOLM, S., Sambandet mellan moräntyper samt bestånds- och skogstyper i Västerbottens lappmarker. 1935	2,00
» 385 HÄGG, R., Die Mollusken und Brachiopoden der schwedischen Kreide. 2. Kullemölla, Lyckås, Käseberga und Gräsryd. Mit 10 Tafeln. 1935	2,00

Årsbok 29 (1935).

N:o 386 LUNDEGREN, ALF, Die stratigraphischen Ergebnisse der Tiefbohrung bei Kullemölla im südöstlichen Schonen. Vorläufiger Bericht. Mit 1 Tafel. 1935	1,00
» 387 ASKLUND, B., Stratigrafien inom södra Lapplands kvartsit-sparagmitbildningar i Långseleåns och Korpåns dalgång. Med 1 tavla. 1935	2,00
» 388 THORSLUND, P. och ASKLUND, B., Stratigrafiska och tektoniska studier inom Föllingeområdet i Jämtland. Med 3 tavlor. English Summary: Stratigraphical and Tectonical Studies in the Föllinge Area in Jemtland. 1935.	2,00
» 390 LUNDQVIST, G., Blockundersökningar. Historik och metodik. Zusammenfassung: Geschiebeuntersuchungen. 1935	1,00
» 391 ASKLUND, B., Gästrikländska fornstrandlinjer och nivåförändringsproblemen. Med 3 tavlor. 1935.	3,00
» 392 SUNDIUS, N., On the Origin of late magmatic Solutions containing Magnesia, Iron, and Silica. 1935	0,50

Årsbok 30 (1936).

N:o 397 LUNDQVIST, G., Sjöarnas transparens, färg och areal. Zusammenfassung: Transparenz, Farbe und Areal der Binnengewässer. 1936	0,50
---	------

Distribueras genom *Generalstabens Litografiska Anstalt, Stockholm 1.*