

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O - 55/68

B - 17/69

(Første)

Bruk av infrarød fargefilm ved
regionale vassdragsundersøkelser

Forurensningsvirkninger på høyere
akvatisk vegetasjon

Saksbehandlere: Bjørn Rørslett og
Olav Skulberg

Rapporten avsluttet februar 1971

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
FORORD	3
1. INNLEDNING	4
2. SPESIELLE EGENSKAPER VED INFRARØD FARGEFILM	4
3. VEGETASJONSKARTLEGNING OG TOLKNING AV OBSERVASJONER	7
4. ØKOLOGISKE OPPLYSNINGER FRA INFRARØD FARGEFILM	11
5. EDB-PROGRAM FOR INFRARØD FARGEFILM	13
6. PERSPEKTIV	14

FIGURFORTEGNELSE:

	Side:
1. Prinsipper for fargedannelse med infrarød fargefilm	6
2. Nitelva ved Valstad, like nedenfor Kjellerholen bru. Skisse over <i>Sparganium simplex</i> -kolonier etter originalbilde på Ektachrome Infrared	10
3. Delutskrift fra program INFRARED, som viser den påfallende forskjellige utbredelsen av en overvannsart (<i>Sparganium</i>) og en submers art (<i>Potamogeton</i>) i Nitelva omkring Lillestrøm	12

FORORD

I forbindelse med resipientundersøkelser i vassdragene på Romerike har Norsk Institutt for vannforskning tatt opp studiet av forurensningsvirkninger på høyere akvatisk vegetasjon. Som et hjelpemiddel ved regionale vassdragsundersøkelser kan bruk av infrarød fargefilm løse noen av de problemene inventering av vegetasjon og vassdragsforhold innebærer.

Bjørn Rørslett har utført denne oppgaven og skrevet rapporten som et selvstendig arbeid. Ved gjennomføring av det praktiske arbeid har Walter Hauke assistert.

Blindern, 5. februar 1971

Olav Skulberg

1. INNLEDNING

I forbindelse med undersøkelser i Nitelva, Leira og Øyeren er det tatt i bruk flyfotografering med infrarød fargefilm. Det er så vidt vi kjenner til første gang at regionale undersøkelser av høyere akvatisk vegetasjon er gjort med denne spesialfilmen her i landet. Flere steder i utlandet har dette vært utført tidligere, i Sverige har infrarød fargefilm blitt anvendt bl.a. ved Mälar-undersøkelsene.

Etter en del innledende kalibreringsforsøk har vi kommet frem til et rutineopplegg for flyfotografering med infrarød fargefilm. I tilknytning til fotograferingen er det utviklet et EDB-opplegg, som gjør det lettere å få mest mulig informasjon fra bildematerialet.

2. SPESIELLE EGENSKAPER VED INFRARØD FARGEFILM

Ved våre registreringer har vi valgt å bruke Kodak Infrared Aero Ektachrome, type 8443. Dette er en positiv fargefilm, følsom for infrarødstråling i området 700-900 nanometer. Infrared Ektachrome er også følsom for de fleste farger i den synlige delen av spektret, med høyest følsomhet for rødt og gult lys. Som alle fargefilmer er den spesielt følsom for ultrafiolett og blå stråling. Disse komponenter må fjernes ved hjelp av sterke fargefiltre. Vi har brukt Nikkor Y-52 filtre (mørk gul), og Kodak Wratten K-12. Selv anbefaler Kodak bruk av K-12 til biologisk bruk, men Nikkor-filtrene som er glassmontert er hendigere i bruk og gir praktisk talt samme fargegjengivelse.

På grunn av filmens infrarødfølsomhet kan man ikke angi noen bestemt filmhastighet for Infrared Ektachrome. Infrarødstråling varierer fra time til time i løpet av dagen, og forandres med motivets evne til å reflektere infrarødt. En korrekt eksponering blir også vanskeliggjort fordi filmen har så liten eksponeringstoleranse. For biologisk bruk er en feileksponering på 1/4 til 1/3 blenderåpning maksimum av det som kan tolereres.

For å unngå for store problemer i denne forbindelse har vi valgt å ta bildene under så like forhold som mulig. Basiseksponeringen ved flyfotograferingen i Nitelva er funnet å være $f/6.3$ på $1/500$ sekund. Eksponeringen gjelder for klart solskinn, fra ca. kl. 11 til 13. På denne måten har vi oppnådd jevnt eksponerte bildeserier. Vanlig optikk er ikke korrigert for infrarødfokus, og ved større blenderåpning enn $f/5.6$ blir bildene sjenerende uskarpe fordi infrarødkomponenten i bildet ikke er i fokus sammen med synlig lys. Filmen er i seg selv heller ikke særlig skarp, med en oppløsningsevne på omkring 50 linjer pr. mm under de forhold vi bruker den.

Ved selve fotograferingen har vi brukt enklest mulig metodikk. Fotograferingen har skjedd fra enmotors småfly med motordrevne 35 mm småbildekameraer og optikk 35-55 mm brennvidde. Flyhøyden har vært 150-200 m. På denne måten får vi sekvensielle bildestriper med god overlapping.

Filmens spesielle effekter beror i vesentlig grad på klorofyllets sterke infrarødreleksjon. Filmen er en "falsk" fargefilm, og grønt gjengis vanligvis som rødt. På grunn av klorofyllets infrarødreleksjon blir det infrarødfølsomme lag sterkt overeksponert ved fotografering av grønne planter. Ved fremkalling vaskes fargestoffene i infrarødsjiktet ut, og gult og magenta fra de andre lagene danner forskjellige rødfarger (se fig. 1). De enkelte rødfargene er mer eller mindre spesifikke for de enkelte arter som fotograferes. Planter som er utsatt for insektangrep, lider av "skjult tørke" etc., vil i større eller mindre grad miste evnen til å reflektere infrarødt. Slike objekter får andre fargetoner enn rødt. En vanlig fargesekvens for en plante som er i ferd med å tørke ut, kan være: rød - magenta - blå - blågrønn - grønn - gul - hvit. Døde planter gjengis stort sett med hvitt.

Bartrær og løvtrær har morfologisk svært forskjellige blad, og separeres svært godt på Infrared Ektachrome (bartrær gjengis i brunrøde farger). Et annet verdifullt trekk ved filmen er den meget nyanserte gjengivelse som vannmassen vil få. Her har vi alle farger; fra svart og blågrønt til lysblå og hvit. Fargegjengivelsen her er bl.a. avhengig av bunnens beskaffenhet, dybden, grad av suspenderte leirpartikler med mer.

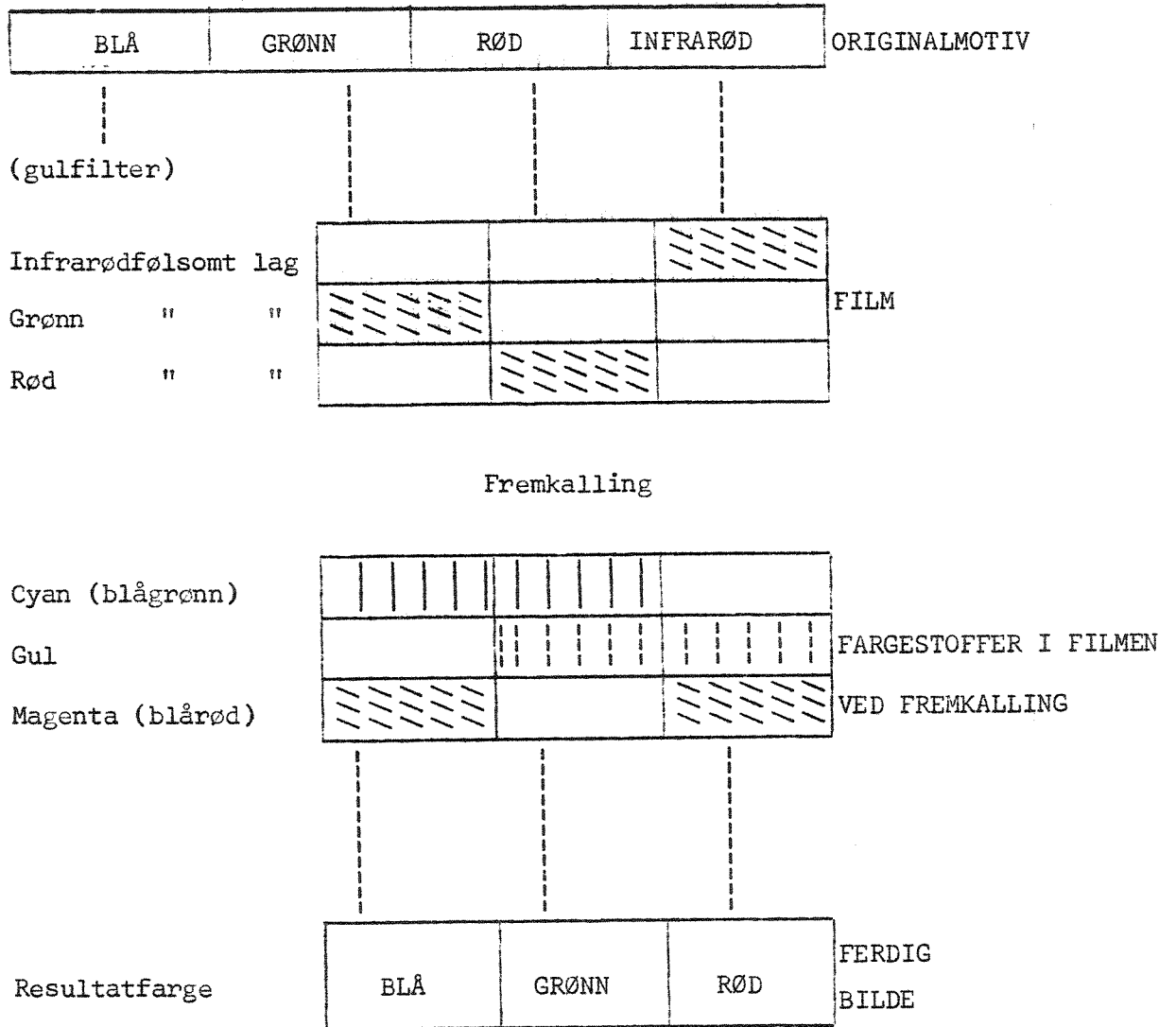


Fig. 1. Prinsipper for fargedannelse med infrarød fargefilm. Den blå delen av spektret blir for en stor del fjernet ved fotografering gjennom et gulfilter.

3. VEGETASJONSKARTLEGNING OG TOLKNING AV OBSERVASJONER

Klorofyllholdige planter er svært gode infrarødreflektorer. Dette faktum gjør det mulig å fotografere submers vegetasjon med en god separasjon fra omgivelsene. Selv i turbid vann kommer den submerse vegetasjonen godt frem på Infrarød Ektachrome.

For å muliggjøre luftkartlegning må de aktuelle artene oppfylle flere krav. De bør danne størst mulig renkolonier, og disse bestander bør ha en struktur som er mest mulig spesifikk for arten. Ved bruk av infrarød fargefilm bør deres evne til å reflektere infrarødt være mest mulig forskjellig. I Nitelva er det bare 10-15 arter som oppfyller disse kravene, men til gjengjeld preger nettopp disse artene vegetasjonsbildet i hele elven. Tolkningen av bildematerialet er basert på kjennskap til de enkelte artenes morfologi og økologi, og har gått vesentlig bedre enn man ventet på forhånd.

Av rent submerse arter er vel *Potamogeton perfoliatus* den letteste å identifisere. Arten danner store, ringformede bestander av karakteristisk utseende og farge. Undervannskolonier av *Sparganium angustifolium* kan ligne, men har bladene orientert mer parallelt til vannflaten og gir en tydelig forskjellig fargegjengivelse. I det hele tatt spiller orienteringen av bladene en vesentlig rolle for gjengivelsen på Infrarød Ektachrome. *Equisetum fluviatile* har trinne skudd, liten infrarødrefleksjon og en brunrød fargegjengivelse, mens *Carex* spp. på den annen side får rosa farger på bildene fordi bladene er bøyd utover og medfører en sterk infrarødrefleksjon. På samme måte differensieres *Sparganium ramosum* - kolonier fra bestand med *Sparganium simplex* og *Sagittaria sagittifolia*, som ofte forekommer i blanding. Å skille *Sagittaria sagittifolia* fra *Sparganium simplex* har vært et betydelig problem. Identifikasjonen bygger bl.a. på følgende fakta:

1. *Sagittaria sagittifolia* er i undersøkelsesområdet nesten bestandig infisert med sotsoppen *Doassansia sagittariae*. Sotsporene dannes under epidermis i løpet av juli, og nedsetter infrarødrefleksjonen betydelig. De infiserte koloniene får derfor en tydelig blålig gjengivelse på filmen.

2. *Sagittaria sagittifolia* er i fruktstadium og begynnende visning allerede i begynnelsen av august, mens *Sparganium simplex* nettopp har blomstret av. Visnende *Sagittaria*-bestander gjengis brunlige, brungule eller gule alt etter visningsgraden.
3. *Sagittaria*-kolonier som utvikles uforstyrret, vil anta en markert "heksering"-struktur, da arten er ettårig og hver høst sender ut utløpere i flere retninger. Ringstrukturer kan imidlertid også forekomme i *Sparganium simplex*-kolonier, og da særlig i eldre, store bestander. Tvilstilfelle må i alle fall sjekkes i felt.

Områdets tre vanlige *Carex*-arter kan heller ikke bestandig skilles fra hverandre. Morfologisk opptrer de noe forskjellig, og særlig i renbestand kan alle tre identifiseres. *Carex vesicaria* vokser vanligvis høyest opp på stranden, har lite sterile skudd og gjengis med en mørkere rødfarge enn de to andre artene. Rene populasjoner av *Carex vesicaria* har en lite utpreget tuestruktur. *Carex acuta* og *Carex aquatilis* vokser begge på lavere nivå med *Carex aquatilis* nederst (de er negativt assosiert på 0,1 m² flater). Begge har bestander med mange sterile skudd. *Carex aquatilis* har en sterkere tendens til å danne rene, sirkelrunde bestander. De fertile skuddene har støtteblad som er brede og langt utbøyde. Gjengivelsen blir derfor lysere enn for *Carex acuta*, som ikke har samme tendens til å danne sirkelbestander. Denne arten vokser gjerne med små tuer i sluttede kolonier, som strekker seg stripeformet langs stranden.

Identifikasjonen av de tre artene er likevel ofte problematisk, fordi de ofte vokser sammen i en mosaikkartet fordeling avhengig av topografiske forhold. Ved sterk beiting av strandpartiene erstattes *Carex* spp. med sumpet beitemark preget av *Deschampsia caespitosa*. Denne arten danner tette tuer med utliggende blad og gjengis i en meget lys, rosa farge. Slike beitemarker får en "flekke" gjengivelse som er meget karakteristisk.

Den egentlige flytebladsvegetasjonen i undersøkelsesområdet er representert ved artene *Sparganium angustifolium*, *Polygonum amphibium*, (*Ranunculus peltatus*, som ofte mangler flyteblad og heller bør regnes som en submers art), *Lemna minor*, *Nuphar lutea* og *Potamogeton natans*. Alle

har flyteblad som gir sterk infrarødreleksjon og en meget lys farge på Infrared Ektachrome. Å skjelne mellom steril *Sparganium angustifolium* og flytebladsformer av *Sparganium simplex* er vanskelig i felt og umulig fra fly. En må nøye seg med registrering av *Sparganium* spp.

Foreløpige data tyder på overveiende forekomst av *Sparganium angustifolium* i Nitelva helt ned mot Slattum og Kjellerholen. I dette området mangler *Sparganium simplex* helt eller viser svært sparsom forekomst. Nedstrøms Lillestrøm blir *Sparganium simplex* meget vanlig, og sikker påvist *Sparganium angustifolium* kommer ikke igjen før deltaområdet ved Nitelvas utløp i Øyeren. Alle data tyder på at *Sparganium simplex* begunstiges i områder belastet med plantenæringsstoffer (se fig. 2).

Identifikasjonen av de andre flytebladsartene har vært enkel i området omkring Lillestrøm. Høyere opp i Nitelva viser *Potamogeton natans* sparsom forekomst, og en mangler erfaring med infrarødidentifikasjon av denne arten. Sannsynligvis vil arten være vanskelig å skille fra *Polygonum amphibium*, som har flyteblad av sammenlignbar størrelse og form (for flyregistreringer).

En art som *Lemna minor* har det gått greit å kartlegge, der arten har vokst i noen mengde. I noenlunde samme stilling som *Lemna* kommer forekomsten av en *Euglena*-art, som bl.a. i august 1969 hadde masseforekomst omkring utløpet av Sagdalselva. *Euglena* sp. dannet et oljeaktig belegg på vannoverflaten, som på Infrared Ektachrome ble registrert med en mørk rødfarge. Det var interessant å observere at infrarødgjengivelsen skiftet til brunt for forekomstene som lå nærmest utløpet av Sagdalselva. Fra fly var det visuelle inntrykk av *Euglena* sp. røde, malingaktige flak, og ingen fargeforskjell kunne observeres.

Den vanskeligste plantegruppe å arbeide med hittil har vært isoetidene, som er et karakteristisk trekk i Nitelvas vegetasjon. Sikre artsidentifikasjoner lar seg her ikke gjennomføre, men tettere isoetidematter lar seg registrere. Bildematerialet på Infrared Ektachrome bekrefter feltinntrykket av manglende isoetideforekomst i Nitelva fra Sagdalselvas utløp og ned til samløpet med Leira. Tilgjengelige data viser de samme



Fig. 2. Nitelva ved Valstad, like nedenfor Kjellerholen bru. Skisse over *Sparganium simplex*-kolonier etter originalbilde på Ektachrome Infrarød.

En bekk belastet med plantenæringsstoffer gir opphav til sterk begroing i elven. Partier av koloniene med blålig farge, dvs. minsket infrarødreleksjon, er prikket inn og gir et tydelig bilde av minsket biomasse med økende avstand fra utslippstedet. Dette er ikke mulig å observere direkte uten hjelp av infrarød fargefilm.

trekk fra submers vegetasjon (se fig. 3). Det er umiddelbart nærliggende å sette dette i samband med forurensningsgraden på elvestrekningen, men de kausale, økologiske faktorer som betinger manglende forekomst for disse artene, er fortsatt uklare.

4. ØKOLOGISKE OPPLYSNINGER FRA INFRARØD FARGEFILM

Infrared Ektachrome gjengir vann i en rekke farger, som kan settes i samband med økologiske forhold. Nitelva gjengis i de øvre deler mørk blågrønn med gradvis lysere farge (over mot blått) lenger ned mot Lillestrøm. Dette må i stor grad skyldes økende innhold av suspendert materiale, først og fremst leirpartikler. Generelt regnes leirmineraler for å kunne reflektere infrarødt i en viss utstrekning. Utløpet fra Sagdalselva derimot, registreres meget mørkt, nesten svart. Bakevjer og dammer langs stranden har generelt svart farge. For disse lokalitetene må fargen skyldes lite suspendert materiale (rent vann absorberer effektivt infrarød stråling). Hvorfor Sagdalselva, som er meget turbid, skulle gi så mørke farger, er høyst uklart. Nedstrøms Lillestrøm blir vannet i Nitelva gradvis lysere og får himmelblå farge. Vannet i Leira gjengis i vakre, lyseblå farger, og bildematerialet viser tydelig den blanding som skjer der Leira og Nitelva løper sammen. Vannet i Glåma og Øyeren registreres med mørkegrønne farger, og innblandingen av Nitelv-vann blir svært tydelig. På bildene kan en se en tynn stripe av lyseblått vann ved siden av mørkegrønt vann langs hele tangen ved Årnes. Nitelv-vannet synes etter bildene å dreie rundt tangen og inn i den nordligste bukten av Øyeren ved Årnes.

I flere tilfelle har kloakkutslipp tydelig kunnet sees på bildematerialet. Omkring større utslipp får sedimentene en lys, grå farge, som kan skyldes bevoksninger med heterotrofe organismer. Noen utslipp kommer godt frem fordi avløpsvannet er meget turbid og gir øket infrarødreleksjon. Ved et utslipp i en bukt på vestsiden av Nitelva nedenfor Nybrua har en kunnet spore fargeskiftninger på *Equisetum fluviatile*-bevoksninger i nærheten av utslippet. Ellers har det vist seg vanskelig å spore kloakkutslipp på fargeskiftninger i vegetasjonsbildet, som oppgitt fra litteraturen. Gjødningseffekter kan derimot lett demonstreres. Et godt eksempel er gitt i

TESTDATA : INFRARED EKTACHROME AERO P443 NITELVA JULI 1969.

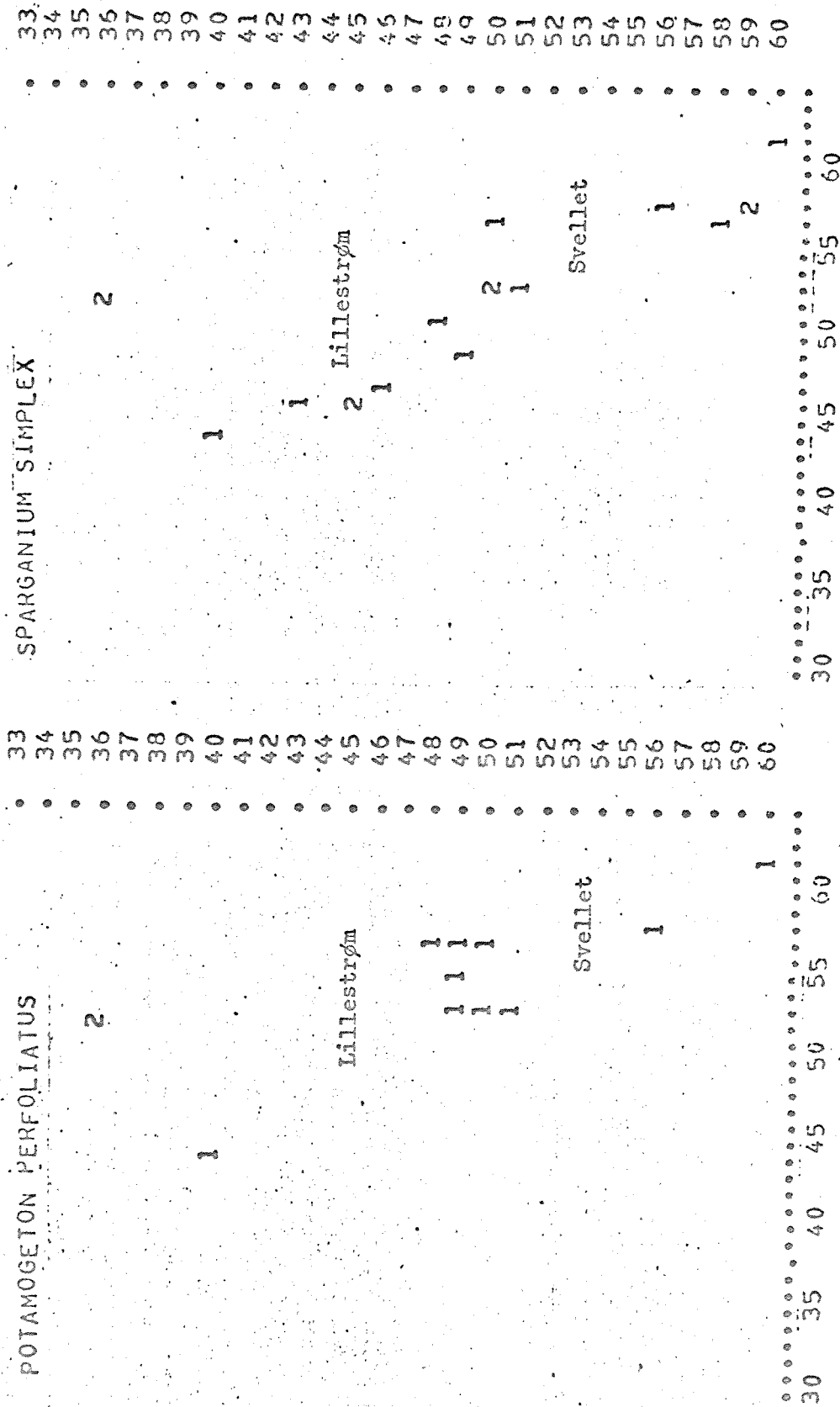


Fig. 3. Delutskrift fra program INFRARED, som viser den påfallende forskjellige utbredelsen av en overvannsart (*Sparganium*) og en submers art (*Potamogeton*) i Nitelva omkring Lillestrøm

den nesten avstengte bukten av Svullet mellom jernbanelinjen og Fetsundveien hvor *Sparganium ramosum*-koloniene meget markert viser lignende gjødslingseffekter. I dette området foregår igjengroing i raskt tempo, og endringer i vegetasjonshildet kan spores fra et år til et annet.

Andre økologiske data skriver seg fra den nyanserte infrarødgjengivelsen av nettopp tørrelagte strandpartier. Her kan Infrared Ektachrome gi gode indikasjoner på bunnforholdene. Det er mulig å skille mellom leire, sand, leirgytje med overtrekk av blågrønnalger (den vanlige bunntype i Nitelva forbi Lillestrøm) og, som tidligere nevnt, leirgytje omkring kloakkutslipp.

Verdifulle data kan oppnåes ved infrarødgjengivelsen av vegetasjonssoner på slike tørrelagte strender, der strukturen i vegetasjonen kommer godt frem. I *Equisetum fluviatile*-soner skifter fargegjevningen fra blåaktig rød i nedre del raskt over til brunlig rød, og videre rød til blålig rød. Fargeskiftningene gjengir strukturen i *Equisetum*-koloniene: ytterst spredte individer (delvis rotskudd fra dypereliggende rhizomer) og innenfor den optimale biotop med maksimal biomasse. Biomassen avtar mot høyere nivåer, og populasjonstettheten synker slik at Infrared Ektachrome fanger opp fargen på grunt vann over leirgytje. Den samme struktur kan sees i *Carex*-soner, og er verifisert ved biomasseestimer og skuddtelling.

5. EDB-PROGRAM FOR INFRARØD FARGEFILM

For å utnytte informasjonsmengden på Infrared Ektachrome har det vist seg fruktbart med et spesielt EDB-program (INFRARED). Program INFRARED er skrevet i FORTRAN IV for CD 3300 ved Universitetet i Oslo. INFRARED tegner ut kart for de ønskede observasjonstyper etter en spesiell diagnose-nøkkel (INFRARED-DATA). Ikke identifiserte observasjoner blir skrevet ut særskilt. Mulige output-typer fra INFRARED er kart over jordbunnsforhold, elvevannets turbiditet, kloakkutslipp m.m.

6. PERSPEKTIV

Fotografiske registreringer ved bruk av infrarød fargefilm er et viktig hjelpemiddel som kompletterer de vanlige biologiske feltmetoder. Det er mulig å få en bildemessig registrering av informasjoner som ellers ville være vanskelig å oppnå. Anvendelsesmulighetene innenfor arbeidsområdet med forurensningsundersøkelser er mange og bør utredes.

Ved Norsk institutt for vannforskning kan arbeidet føres videre i sammenheng med forskningsprosjektet om forurensningsvirkninger på høyere akvatiske vegetasjon. Ytterligere kalibreringsforsøk for økt standardisering av fremgangsmåten er nødvendig. Videre bør metoden prøves ut ved de biologiske undersøkelser av organismsamfunn i strømmende vann i forsøksanlegget på Kjeller.

BR/lyn

15.2.1971