

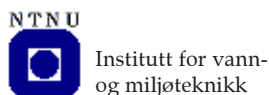
NIVA



RAPPORT LNR 4664-2003

Strategisk instituttprogram (SIP): Forvaltning av store vassdrag

Delprosjekt: Romlig skalering av
vassdragsinformasjon



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Strategisk instituttprogram (SIP): Forvaltning av store vassdrag. Delprosjekt: Romlig skalering av vassdragsinformasjon.	Løpenr. (for bestilling) 4664-2003	Dato 29.04.2003
	Prosjektnr. Undernr. O-21601 03	Sider Pris 40
Forfatter(e) Tor Haakon Bakken (NIVA), Odd Stabbetorp (NINA), Helen French (Jordforsk), Lars Erikstad (NINA), Peter Borsányi (NTNU), Øyvind Kaste (NIVA), Stein Turtumøygard (Jordforsk), John Rune Selvik (NIVA), Petter Snilsberg (Jordforsk), Atle Harby (SINTEF Energiforskning).	Fagområde Vannressursforvaltning	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges Forskningsråd (NFR)	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag

Denne rapporten er en sammenstilling av kunnskap og aktiviteter innenfor instituttene NINA, Jordforsk, NTNU Institutt for vann- og miljøteknikk, SINTEF Energiforskning og NIVA omkring temaet romlig skalering av vassdragsinformasjon. Det er identifisert to hovedtilnæringer til romlig skalering av vassdragsinformasjon. Den første benytter seg av statistisk utvalgelse av representative lokaliteter, etterfulgt av detaljstudier på de utvalgte lokaliteter. Dette krever en oversikt/database over samtlige lokaliteter, samt mulighet til å utføre utvalg basert på ønskede kriterier, noe som gir en stratifisert utvalgelse. Den andre hovedtilnærmingen baserer seg på å kombinere data/informasjon innhentet gjennom detaljundersøkelser og koblet med kartbaserte data. Informasjon fra to ulike skaladomener (finskala og grovskala) vil på denne måten kobles sammen. Metoden krever (grovskala) kartdata hvor særlig tema som nedbørfelt, elv, innsjø, topografi (terrengformer) og arealdekkeinformasjon er essensielle.

Det synes åpenbart at det ikke er mulig å utvikle mer eller mindre universelle oppskaleringmetoder som vil fungere for alle tenkelige naturvitenskapelige prosesser. Prosessene er av natur i utgangspunktet så forskjellige at de hver og en trenger å analyseres og håndteres på sin særegne måte. Det er også verdt å merke seg at hvilken metode som er den mest egnede for oppskalering av én bestemt prosess også vil kunne variere med hvilket datagrunnlag som er tilgjengelig, samt i hvilken sammenheng de oppskalerte resultatene skal anvendes. På tross av dette vil det kunne være stor overføringsverdi mellom metoder anvendt for skalering av ulike fenomen. Rapporten viser at det er betydelig aktivitet i de ulike instituttene i forbindelse med romlig skalering. Samlet er instituttene i besittelse av store mengder data, og metoder er under stadig utvikling.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Romlig skalering	1. Spatial scaling
2. Geografisk analyse	2. Geographical analysis
3. Vannforvaltning	3. Water Resources Management
4. EUs rammedirektiv for vann	4. EU Water Framework Directive (WFD)

Tor Haakon Bakken

Prosjektleder

Tuomo Saloranta

Kvalitetsikrer

Nils Roar Sælthun

Forskningssjef

ISBN 82-577-4329-1

**Strategisk instituttprogram (SIP): Forvaltning av store
vassdrag**

Delprosjekt: Romlig skalering av
vassdragsinformasjon

Forord

Det foreliggende arbeidet har vært utført som et delprosjekt under det strategiske instituttprogrammet (SIP) "Forvaltning av store vassdrag", finansiert av Norges Forskningsråd. Arbeidet er blitt utført som et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for naturforskning (NINA), Jordforsk og Norsk institutt for vannforskning (NIVA), alle institutt i Miljøalliansen, samt NTNU Institutt for vann- og miljøteknikk og SINTEF Energiforskning.

Tor Haakon Bakken, NIVA, har fungert som koordinator av arbeidet og har dessuten vært redaktør av rapporten.

Oslo, 29. april 2003

Tor Haakon Bakken

Innhold

Sammendrag	1
Summary	2
1. Innledning	3
2. Vannfaglig problembeskrivelse	4
2.1 Definisjon av skala	4
2.2 Definisjon av romlig skalering	5
2.3 Håndtering av romlig variabilitet	6
2.4 Endringer i statistiske egenskaper ved opp- og nedskalering	8
3. Metoder og verktøy til skalering	10
3.1 Regionalisering basert på grovskala datasett	10
3.2 Utvalgsteknikker – benyttet i planlegging av landsomfattende innsjøundersøkelser	15
3.3 Klassifisering av mesoskalahabitat	16
3.4 Habitatklassifisering fra kartdata	19
4. Tilgjengelige grovskala datasett	23
4.1 Primærdatasett	23
4.2 Instituttens egne datasett	25
4.2.1 Jordforsk	25
4.2.2 NIVA	26
4.2.3 NINA	26
4.3 Verktøy for behandling av kartbasert/stedfestet informasjon (GIS)	26
4.4 Hvor tilgjengelige er virkelig datasettene?	27
5. Eksempler på skaleringsmetoder og utvalgsteknikker	29
5.1 Terrestrisk naturovervåking (TOV)	29
5.2 Simulering av N- og vannbalanse	31
5.3 Surna	32
5.4 Nidelva	33
5.5 Utarbeidelse av nasjonale tålegrensekart basert på innsjødata	34
6. Diskusjon og konklusjon	36
7. Referanser	38

Sammendrag

Denne rapporten er en sammenstilling av kunnskap og aktiviteter innenfor instituttene NINA, Jordforsk, NTNU Institutt for vann- og miljøteknikk, SINTEF Energiforskning og NIVA omkring temaet romlig skalering av vassdragsinformasjon. Rapporten forsøker innledningsvis å klargjøre de vannfaglige problemstillingene hvor romlig skalering inngår som et viktig element. Det synes også å eksistere et antall forskjellige og sprikende tolkninger og betydninger av begrepet "skala". Det er derfor forsøkt å redegjøre for hvordan begrepet forstås i ulike sammenhenger.

Det er identifisert to hovedtilnæringer til romlig skalering av vassdragsinformasjon. Den første benytter seg av statistisk utvelgelse av representative lokaliteter, etterfulgt av detaljstudier på de utvalgte lokaliteter. Dette krever en oversikt/database over samtlige lokaliteter, samt mulighet til å utføre utvalg basert på ønskede kriterier, noe som gir en stratifisert utvelgelse. Den andre hovedtilnærmingen baserer seg på å kombinere data/informasjon innhentet gjennom detaljundersøkelser og tilsvarende data/informasjon tilgjengelig gjennom kart og/eller kartdatabaser. Informasjon fra to ulike skaladomener (finskala og grovskala) vil på denne måten kobles sammen. Metoden krever (grovskala) kartdata hvor særlig tema som nedbørfelt, elv, innsjø, topografi (terrengformer) og arealdekkeinformasjon er essensielle. Det er derfor lagd en oversikt over relevante datakilder og deres tilgjengelighet.

Det synes åpenbart at det ikke er mulig å utvikle mer eller mindre universelle oppskaleringmetoder som vil fungere for alle tenkelige naturvitenskapelige prosesser. Prosessene er av natur i utgangspunktet så forskjellige at de hver og en trenger å analyseres og håndteres på sin særegne måte. Det er også verdt å merke seg at hvilken metode som er den mest egnede for oppskalering av én bestemt prosess også vil kunne variere med hvilket datagrunnlag som er tilgjengelig, samt i hvilken sammenheng de oppskalerte resultatene skal anvendes. På tross av dette vil det kunne være stor overføringsverdi mellom metoder anvendt for skalering av ulike fenomen.

Rapporten viser at det er betydelig aktivitet i de ulike instituttene i forbindelse med romlig skalering. Samlet er instituttene i besittelse av store mengder data, og metoder er under stadig utvikling. Dette vil kunne danne basis for en framtidig forbedret forvaltning av Norges vannressurser.

Summary

Title: Strategic institute program, "Management of large river basins", sub-project "Spatial scaling of river basin data and information".

Year: 2003

Authors: Tor Haakon Bakken (NIVA), Odd Stabbetorp (NINA), Helen French (Jordforsk), Lars Erikstad (NINA), Peter Borsányi (NTNU), Øyvind Kaste (NIVA), Stein Turtumøygard (Jordforsk), John Rune Selvik (NIVA), Petter Snilsberg (Jordforsk), Atle Harby (SINTEF Energiforskning).

Source: Norwegian Institute for Water Research (NIVA), ISBN No.: ISBN 82-577-4329-1.

This report compiles available knowledge and describes running activities related to spatial scaling of river basin information/data within the research institutes Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Norwegian Centre for Soil and Environmental Research (Jordforsk), Norwegian Institute for Water Research (NIVA), SINTEF Energy Research and Norwegian University of Science and Technology, Department of Hydraulic and Environmental Engineering (NTNU). Two main approaches for spatial scaling have been identified. The first one makes use of statistical selection to find representative locations, followed by detailed surveys at the selected representative sites. This approach requires an inventory/database of all locations and the possibility to perform statistical selection based on defined criteria, which can, if desired, end up in a stratified selection of locations. The second main approach is based on combining data/information from surveys carried out in a small area (detailed study) with map-based data. Information from two different scale domains is then linked. This method requires access to map-based data, typically on catchments, lakes, rivers, topography (terrain model) and area cover information.

It seems obvious that it is not possible to develop universal scaling methods that are applicable to all fields of natural science. The processes are by their nature so different that they must be handled individually. It is important to notice that the optimal scaling method for one specific process will also depend on the available data, and for what purpose the upscaling is performed. Despite these facts, there is a potential for transfer of knowledge and methods for spatial scaling developed for one specific process to other processes/phenomena. The report documents that there is a significant activity and expertise related to spatial scaling within the participating institutes. The institutes hold a large amount of data, and new methods are continuously under development.

1. Innledning

Gjennom implementeringen av EUs rammedirektiv (www.vanndirektivet.no) for vann dreies fokus for vannforvaltningen over mot nedbørfeltet som forvaltningsenhet. Helhetlige vurderinger på tvers av administrative grenser og kobling av prosesser mellom ulike kategorier vannforekomster (elv, innsjø, grunnvann, estuarie og kystsoner) blir påkrevd i større grad enn tidligere. Store deler av datainnsamlingen, modelleringen og kunnskapsutviklingen foregår imidlertid på en mye mindre romlig utstrekning enn nedbørfelt eller vannforekomst, ofte i punkt eller områder opp til noen få km², og gjerne relatert til én bestemt kategori vannforekomst eller naturtype. Eksempelvis skjer tradisjonell overvåking av vannkvalitet gjennom prøvetaking i målepunkt i vassdraget. Et annet aspekt er at de fysiske faktorer som styrer sammensetningen av det organismesamfunnet en finner i et vassdrag kan variere over en utstrekning fra noen cm² til mangfoldige km² (Townsend og Hildrew 1994). I praksis betyr dette at en undersøkelse, som ofte er begrenset både i tid og rom, kan ha styrende faktorer på en helt annen skala enn det som fanges opp av undersøkelsen. Samtidig vil resultatene av en undersøkelse ofte bli anvendt til forvaltning på nedbørfeltsskala. Derfor er det essensielt å håndtere oppskalering og representativitet bevisst.

”Romlig skalering av vassdragsinformasjon” er ett av flere delprosjekt under det strategiske instituttprogrammet (SIP) ”Forvaltning av store nedbørfelt”. Dette delprosjektet har deltagere fra NINA, Jordforsk og NIVA, samt støtte i pågående aktivitet hos SINTEF Energiforskning og NTNU Institutt for vann- og miljøteknikk. Denne rapporten sammenstiller vesentlige deler av arbeidet utført i fase 1 av delprosjektet. Delprosjektet har som mål å

evaluere og videreutvikle eksisterende vannrelaterte, naturfaglige metoder og verktøy for romlig skalering og analyse av representativitet,

med den hensikt å forbedre tolkningen av data/informasjon og derigjennom også forbedre utformingen av overvåkingsprogram og utvikling av tiltaks- og handlingsplaner. Det poengteres at fokus i dette studiet er den romlige skala og ikke skalafenomen for eksempel knyttet til tidsaspektet.

Geografiske informasjonssystemer (GIS) er et kraftig verktøy til presentasjon av romlig distribuerte data og avanserte romlige analyser. GIS kan benyttes til å generere, samordne og presentere data utfra karttema som for eksempel høydekurver (terrengmodell), kvartærgeologi, jordsmonn og arealbruk til bruk innen (fysisk baserte) beregningsmodeller og ulike former for statistisk analyse. GIS lar også til å være et effektivt verktøy for å vurdere den romlige gyldighet av punktobservasjoner, eller resultater fra en analyse på mikro- eller mesoskala, opp mot nedbørfeltet som enhet. Det vil derfor ventelig bli lagt fokus på GIS som verktøy i den påfølgende fase av prosjektet.

2. Vannfaglig problembeskrivelse

De aller fleste observasjoner/målinger skjer i punkt og/eller i områder av svært begrenset utstrekning (vann- og jordanalyser, observasjon av meteorologiske og hydrologiske forhold, fiskeundersøkelser, osv). Et åpenbart unntak fra dette er imidlertid metoder relatert til fjernmåling. Ofte er man ute etter å finne romlige mønstre i observasjoner, eller i de bearbejdede observasjonene. Utfordringen er å innhente de riktige observasjonene og å forstå sammenhengen i mønstrene, samt hvilke prosesser og forhold som danner mønstrene. Når man ønsker å si noe om det aktuelle fenomenet over et større område må målepunktene velges slik at de best mulig representerer området som skal undersøkes. Det krever at en har et bevisst forhold til prøvetakingsstrategien med hensyn til avstand mellom punktene (spacing), til utbredelsen av prøvepunktene (extent) og til representativiteten av hver prøve (support). Målet er at prøvene skal kunne fange opp variabiliteten innen det undersøkte fenomen på den skalaen som undersøkes. En viktig utfordring er å identifisere relevant romlig skala og skalaterskler for ulike prosesser. Det finnes mange metoder som kan analysere datasettet på jakt etter representative skalaer. Semivariogramanalyse, der korrelasjon mellom ulike observasjonspunkter testes, er en av disse.

Problemstillinger knyttet til økologi innebærer en form for skaleringsproblematikk ved at økologien påvirkes av fenomener både er lokalt betinget (mikroskala) og knyttet til nedbørsfeltet. I tillegg til selve skaleringsproblematikken er det altså viktig å kunne se sammenhengen mellom påvirkninger og effekten av disse, selv om årsak og virkning ikke faller sammen i romlig plassering.

2.1 Definisjon av skala

Termen skala kan ha ulike betydninger avhengig av i hvilken sammenheng den benyttes. Det poengteres at det fokuseres på det romlige aspektet av skala. Innenfor miljøanalyse er minst fem betydninger av det engelske ordet "scale" brukt (Lam og Quattrochi 1992, Blöschl og Sivaplan 1995).

Kartografisk skala eller målestokk er en avstand på kartet som relateres til en avstand i felt. Liten målestokk benyttes på kart som dekker et stort område, mens et kart med stor målestokk dekker et lite område. Liten målestokk kan også omtales som grovskala, noe som er benyttet senere i rapporten.

Geografisk skala omhandler et bestemt romlig område. Storskala omhandler et stort område, mens et prosjekt på liten skala dekker et lite geografisk område, ofte gjenstand for detaljstudier. Småskala kan også bety at landskapet eller vassdragsselementene er satt sammen av mange små elementer, mens storskala kan bety at hvert element har større utstrekning.

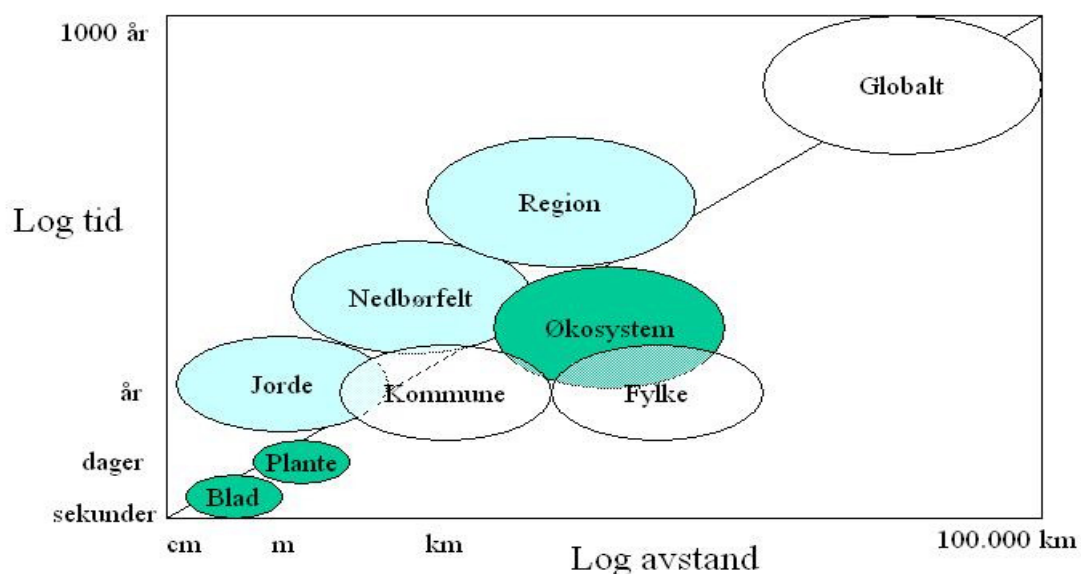
Prosessskala eller karakteristisk skala defineres av omfanget av en prosess i tid (livssyklus) eller rom.

Observasjonsskala er størrelsen som definerer omfanget (oppløsningen) i tid og rom for en prosess. Observasjonsskalaen relateres til den minste enheten i datasettet (prøvetakingsintervall, bekkestørrelse). Man bør søke å finne den ”naturlige skalaen” dvs. der de økologiske prosesser og fysiske hendelser skjer i naturen.

Modelleringskala relaterer seg til de prosessene og problemstillingene man ønsker å studere. Innen hydrologisk modellering er denne gruppen ofte videre delt inn i skalaene plot, nedslagsfelt, regional og global med hensyn på geografisk utstrekning.

Begrepene mikro-, meso- og makroskala benyttes også, men størrelsesordenen varierer innenfor ulike fagfelt.

En illustrasjon av ulike skalaer er vist i figur 2.1. Det poengteres at forholdet mellom de ulike områdekategorier ikke er absolutte, men vil variere avhengig av hvilken prosess som betraktes. Eksempelvis vil ett nedbørfelt kunne dekke flere fylker og økosystem kan ha en mindre utstrekning enn både fylke og kommune.



Figur 2.1. Figuren illustrerer semi-kvantitativt hvordan ulike geografiske utstrekninger kan forholde seg til hverandre, og hvordan deres forhold kan kobles til tidsaspektet. Det poengteres at forholdet mellom de ulike områdekategorier ikke er absolutte, men vil variere avhengig av hvilken prosess som betraktes, basert på Zhang et al. (2003).

2.2 Definisjon av romlig skalering

Skalering innebærer å overføre informasjon, observert eller beregnet, fra én skala til en annen skala, gjerne fra en skala med en liten utstrekning (punkt) opp til en større romlig utstrekning. Relatert til vannforvaltning innebærer dette gjerne en oppskalering

til nedbørfelt som geografisk utstrekning. Man kan imidlertid også tenke seg nedskalering, for eksempel i forbindelse med å relatere klimascenarier (kan være framkommet gjennom regionale/globale modeller) eller depositionsdata, til nedbørfelt eller vannforekomst. De fleste fenomen har vist seg å ha en dominerende prosess eller et sett av prosesser som styrer innenfor et skalaspekter eller romlig nivå (skaladomene) (Marceau 1999). Innenfor ett og samme skaladomene vil fenomenet ha en monoton (lineær, kjent) forandring ved skalaendringer. Overgangen fra ett skaladomene til et annen kan imidlertid være skarp (skalahopp) og medføre at andre prosesser vil dominere og resultere i nye mønstre og sammenhenger for det aktuelle fenomenet. Det er behov for å etablere regler for hvordan overganger mellom skaladomener skal håndteres for de ulike prosesser.

Mønstre kan fremkomme mer eller mindre tydelig når en organiserer observasjonene av et fenomen, framstiller dem visuelt eller analyserer dem statistisk. De underliggende prosessene for mønsteret kan relateres tilsynelatende godt til kun én variabel (for eksempel topografien), men kan også være svært sammensatt. Evapotranspirasjonen kan eksempelvis relateres til en kombinasjon av lokale forhold som jordfuktighet, vegetasjon, luftfuktighet, vindhastighet og samtidig påvirkes av storskalafenomenet klima (atmosfæren). Utfra dette ser vi at de ulike prosessene ikke alltid ene og alene kan forstås og forklares utfra informasjon fra ett og samme skaladomene.

Modeller kan tilnærme seg beskrivelsen av et bestemt fenomen utfra enten en "top-down" tilnærming, eller motsatt, "bottom-up". Problematikken rundt dette er mye diskutert i litteraturen, se for eksempel Grayson og Blöschl (2001). Ved en "top-down" tilnærming tar man utgangspunkt i effekter innenfor et stort geografisk område og informasjon som er tilgjengelig i denne skala. Disse modellene har gjerne mangelfull prosessbeskrivelse og baserer seg dels på "svarte eller grå bokser" og må følgelig kalibreres. Modellene består helt eller delvis av parametre som vanskelig kan relateres til noen kjent naturfaglig prosess. Denne typen modeller har en styrke der man har begrenset detaljinformasjon om systemet, men vil kunne ha problemer med å gi riktige prediksjoner dersom scenariene som skal simuleres ligger utenfor det området modellene er tilpasset for. "Bottom-up" modeller tar ofte utgangspunkt i fysisk, kjemisk eller biologisk baserte formuleringer av prosesser innenfor et lite geografisk område. For denne type modeller er utfordringen at man ofte har mangelfull kunnskap om detaljer og den romlige variabiliteten til ulike egenskaper innenfor området man ønsker å modellere. En sterk begrensning på detaljeringsnivå av modellen rent praktisk kan være datamaskinenes beregningskapasitet. Dersom vi jobber med et større geografisk område må nødvendigvis detaljeringsgraden gå ned. Representativitet og utvelgelse av modelleringsområder er derfor viktige moment for å kunne produsere resultater relevante for et større område. Begrepene representativt elementært volum (REV) og representativt elementært areal (REA) er viktige innen modellering.

2.3 Håndtering av romlig variabilitet

I en modelleringsituasjon der vi ønsker å representere den romlige variabiliteten har vi bl.a. følgende alternativer:

- Parametrene i modellen kan velges som gjennomsnittsverdier – effektive parametre (for eksempel Appelo and Postma 1996)
- Vi kan velge ulike kombinasjoner av parametere som har et sannsynlig verdi intervall (fuzzy rules, Zadeh 1965)
- Den romlige variabiliteten kan representeres ved at en enkelt parameter varierer i rommet i henhold til de statistiske egenskapene til den aktuelle parameteren målt i rommet (Dagan 1997)

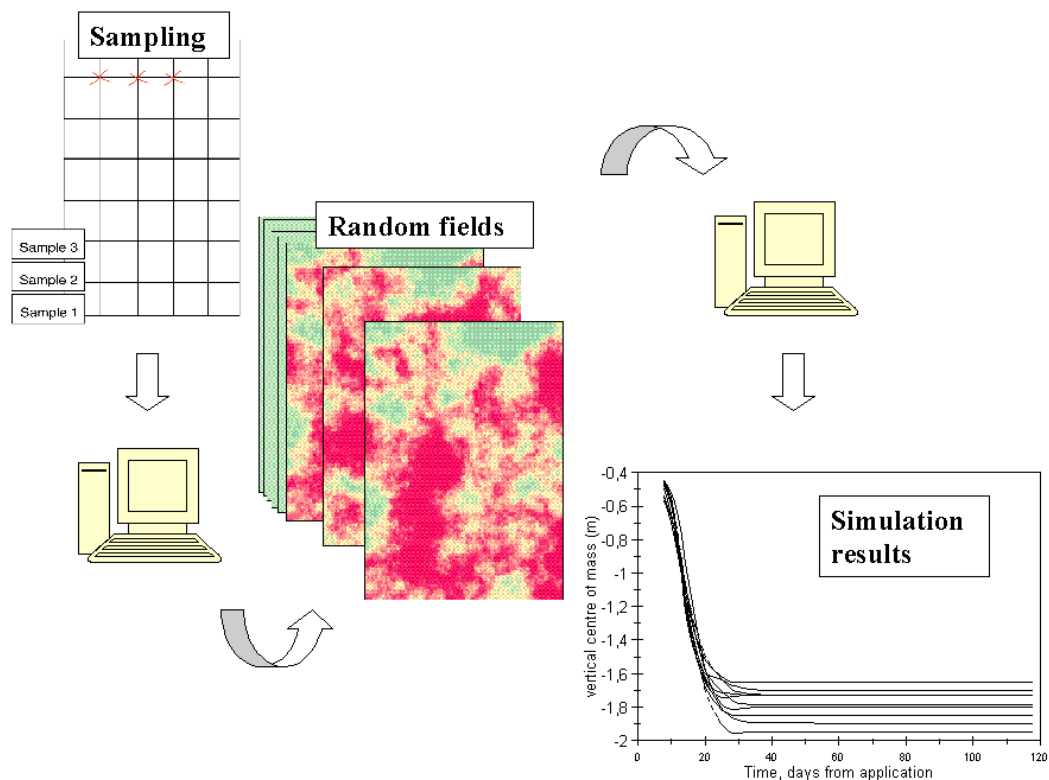
Som et eksempel på den siste metoden vises hvordan dette prinsippet ble brukt for vann- og forurensningstransport i umettet sone på Gardermoen (French et al. 2001). Basert på jordprøver tatt i felt ble gjennomsnitt og varians for den mettede permeabiliteten k_s (jordas vannledningsevne) beregnet. Fordi den umettede vannledningsevnen varierer som funksjon av vanninnhold var det nødvendig å representere den romlige variabiliteten med en skaleringsparameter, fremfor å variere verdien av k_s i modellen. Skaleringsparameteren, α , inngår i to av likningssettene for umettet vanntransport slik:

$$\frac{S_w - S_r}{1 - S_r} = \left[1 + \left(\frac{-ap^c}{\alpha} \right)^n \right]^{\frac{1-n}{n}} \quad (1)$$

slik at:

$$k = \alpha^2 k_s \sqrt{\frac{S_w - S_r}{1 - S_r}} \left[1 - \left(1 - \left(\frac{S_w - S_r}{1 - S_r} \right)^{\frac{n}{n-1}} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right]^2 \quad (2)$$

der S_w er vannmetning, S_r er rest vanninnhold etter drenering. a og n er tilpassede parametere, p^c er kapillært trykk. Den romlige variabiliteten i et to-dimensjonalt vertikalt felt på 2x4 m, ble laget i en stokastisk-felt generator. Fordi det er en skaleringsparameter som brukes vil gjennomsnittet av denne være lik 1, standard avviket og den romlige korrelasjonen defineres av brukeren. Etter at man har laget et sett med stokastiske felt kan disse brukes i en modell som simulerer vann- og stofftransport. I dette tilfellet ble SUTRA (Saturated and Unsaturated TRANsport, Voss 1984) benyttet. Resultatet av simuleringene av vann- og stofftransport i disse feltene gir en forventet variasjon i et system med den spesifiserte romlige variasjon og korrelasjonsstruktur. I dette tilfellet er vist ulike vertikale tyngdepunkt (senter for forurensning som beveger seg vertikalt etter tilsetning som en puls på overflaten). Prinsippet for modelleringsprosedyren er vist i figur 2.2.



Figur 2.2 Prinsipielt flytdiagram for en stokastisk simuleringsprosedyre. Først datainnsamling av punktprøver for å karakterisere den romlige variabiliteten (Sampling), generering av stokastiske felt basert på gjennomsnitt, varians og romlig korrelasjon (Random fields), til slutt simuleringer med en fysisk basert modell for å beregne sannsynlige utfall (Simulation results).

2.4 Endringer i statistiske egenskaper ved opp- og nedskalering

Statistikk kan brukes både til å presentere resultat av observasjoner og til stokastiske simuleringer, som beskrevet under kapitlet om håndtering av romlig variabilitet (kap. 2.3). I tillegg brukes statistikk, som for eksempel regresjonsanalyser, til å beskrive sammenheng mellom ulike faktorer i naturlige system. Tate og Atkinson (2001) omtaler en rekke faktorer man bør ta hensyn til i forbindelse med skalamodellering innen geografiske informasjonssystemer (GIS). Noen tommelfingerregler i forhold til utviklingen i statistiske parametere ved skalaendringer beskrevet i denne referansen er:

1. Sammenheng mellom standardavvik og skala.
Når punktobservasjoner oppskaleres ved å gruppere dem i soner, vil middelerdien bli omtrent uforandret. Standardavviket for sonene blir mindre enn for punktene, særlig hvis punktobservasjonene har tilfeldige verdier uten romlig sammenheng. Dess større soner, dess større reduksjon i standardavviket. Hvis det er romlig sammenheng mellom punktene blir reduksjonen i standardavvik mindre, og størrelsen på sonene får mindre betydning.
2. Hvordan er sammenhengen mellom skala og korrelasjon?

Når vi oppskalerer fra punkt til soner, synes det som om korrelasjonen mellom avhengige variabler avtar, mens korrelasjonen mellom uavhengige variabler øker. Disse effektene forsterkes hvis vi øker sonestørrelsen.

3. Det synes også som om oppskalering bidrar til å gi en mer signifikant regresjonslinje for to variabler. Dette er rimelig, siden det dreier seg om regresjon mellom middelverdier.

Er det forsvarlig å oppskalere en regresjonsformel? Kan vi anta at vi finner en signifikant regresjonsformel på småskalanivå? Kan denne benyttes for storskala? Svarene på dette er imidlertid ikke entydige.

3. Metoder og verktøy til skalering

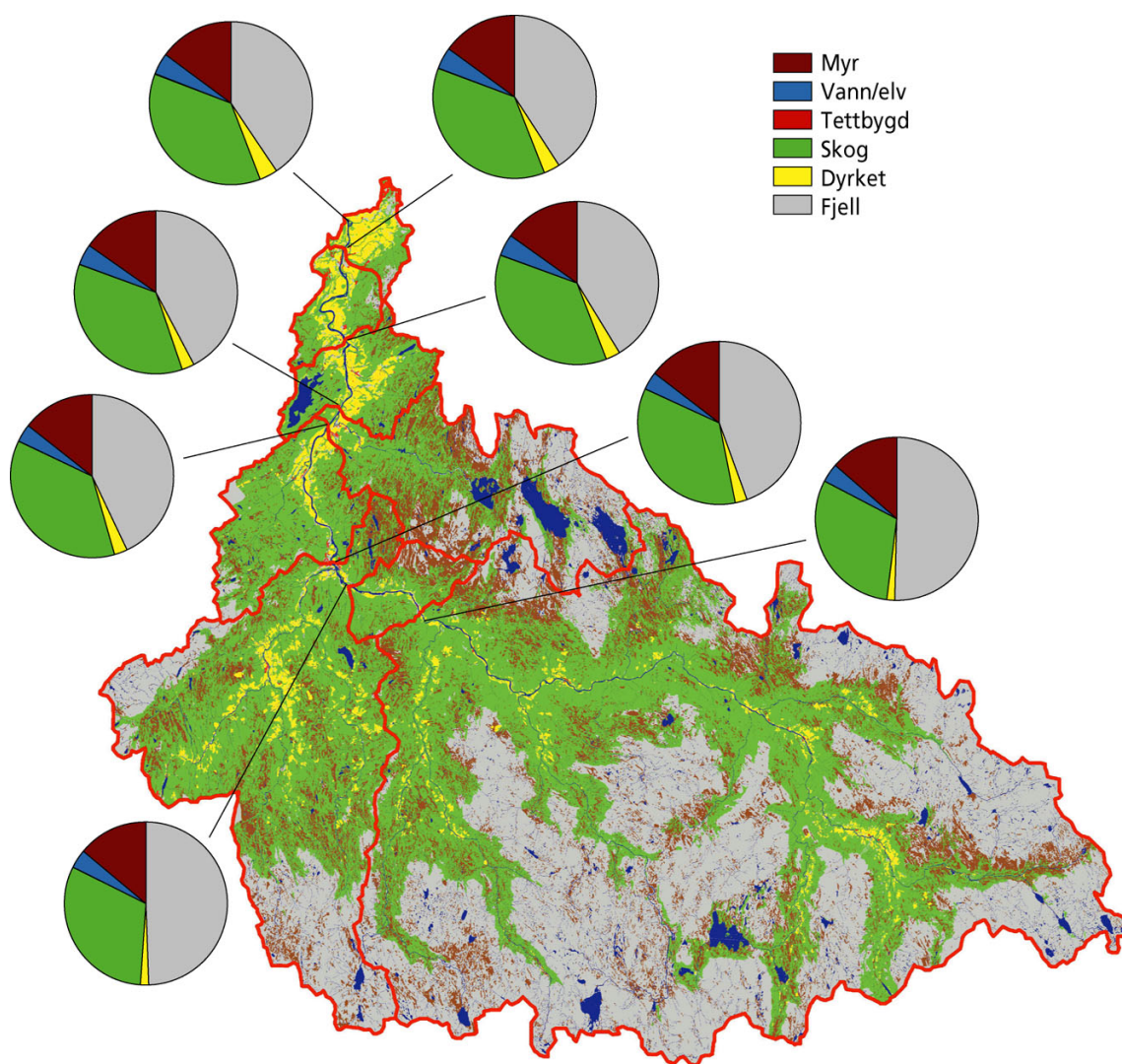
Dette kapitlet redegjør for noen av de eksisterende metoder som er anvendt i forbindelse med skalering. For å forenkle beskrivelsene av metodene er de til en viss grad relatert til bestemte anvendelser. Mer konkrete anvendelser er imidlertid beskrevet i kapittel 5.

3.1 Regionalisering basert på grovskala datasett

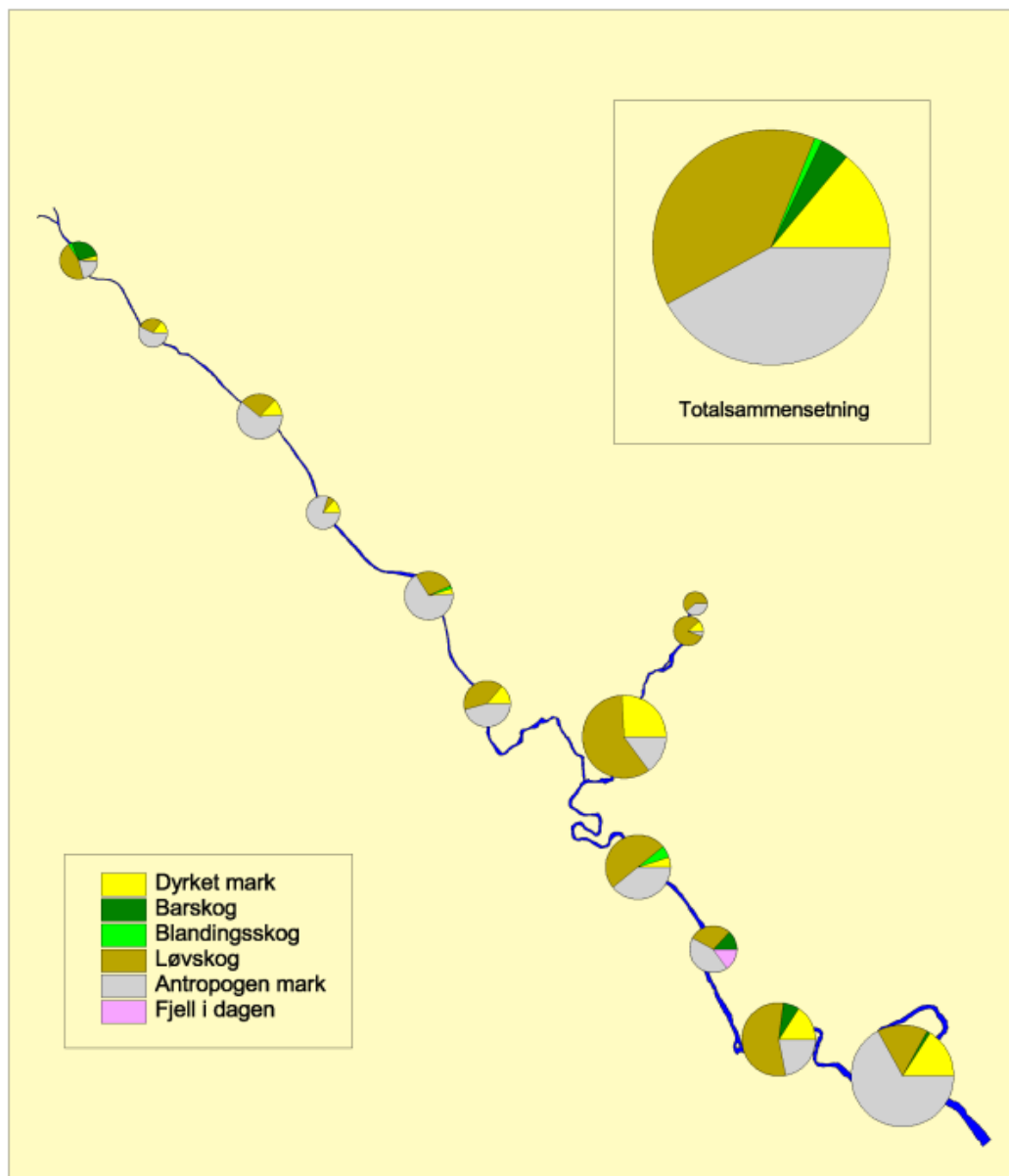
I forbindelse med både opp- som nedskalering såvel som undersøkelser basert på stratifisert sampling, er kunnskap om egenskapene til elven, elvesystemet og områdene i tilknytning til elven viktige elementer. Det finnes allerede overordnede regiondata som kan brukes til en viss grad (Nordisk Ministerråd 1984, Elgersma og Asheim 1998, Moen 1998, m.v). Disse er imidlertid innsamlet for bestemte oversiktsformål i svært grov skala og tildels med omtrentlige grenser trukket etter varierende kriterier som ikke nødvendigvis lar seg anvende til andre formål enn det de er laget for. I denne sammenhengen er det derfor aktuelt å gjøre regionaliseringsanalyser basert på tilgjengelige data der målsettingen er å finne frem til klassifisering av vannforekomster og eventuelt regioner som både er egnet til formålet, regionalt dekkende, og tilstrekkelig detaljerte.

For å få frem regionalt dekkende resultater er en da avhengig innenfor rimelig tid og rimelige ressursgrenser å bruke regionalt dekkende og allerede eksisterende geografiske databaser. Det finnes en rekke slike som ved sammenstilling og enkle "overlay" samt dataanalyser er egnet til formålet. De mest basale datakildene er digitale topografiske kartbaser i skalaer fra 1:50 000 og opp til 1:250 000 (N50 og N250, Statens kartverk). I tillegg til hydrologisk infrastruktur (hav, innsjø, bekker og elver) inneholder disse terrenginformasjon, informasjon om bebyggelse, veier m.v. og til en viss grad også arealdekkeinformasjon (vann, bebygd areal, skog, myr og for N50 også dyrket mark). Mer informasjon om datakilder finnes i kapittel 4. I NINA er det arbeidet med tilnæringsmåter som er kalt dynamisk nedbørfelt klassifisering. Med dette menes at en på bakgrunn av en høydemodell (DTM - digital terrengmodell) kan modellere nedbørfeltet til ethvert punkt innen vassdraget. Dette er testet for et antall biologiske prøvestasjoner i Gaula (figur 3.1). Det er beregnet delnedbørfelt for disse stasjonene og tilgjengelig arealdekkeinformasjon fra eksisterende kart er beregnet for delnedbørfeltene. Lignende informasjon kan være fordeling av berggrunnstyper, informasjon om løsmasseavsetninger og fordeling av vegetasjonssoner.

For de kjemiske og biologiske egenskapene til selve vannstrengen er det tilstanden i arealdekke nærmest vannstrengen som er viktigst. I figur 3.2 er det vist en analyse av Sandvikselva, basert på arealinformasjonen i digitalt markslagskart. Her er det definert en sone med bredde 50 m langs elva som er delt opp i segmenter. Sammensetningen av arealdekke er beregnet for hver av disse segmentene.



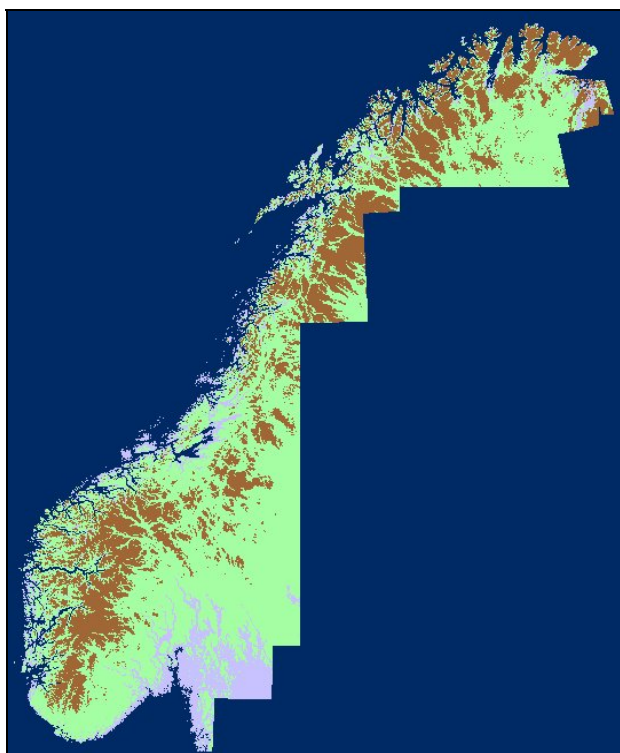
Figur 3.1. Arealmessige egenskaper knyttet til biologiske prøvestasjoner i Gaulavassdraget. Nedbørsfeltet til hver prøvestasjon er beregnet ut fra en digital høydemodell (røde avgrensninger på kartet), og sammensetningen av arealdekke er beregnet for hver av disse (Erikstad og Sloreid 2002).



Figur 3.2. Sammensetning av markslagstyper langs Sandvikelva i en 50 m bred bufferson. Elva er delt i segmenter etter et 1 km² rutenett. Prosentvis sammensetning for hele elveløpet er vist øverst til høyre (Erikstad et al. 1998).

Terrenginformasjonen finnes også avledet i rasterform med ulik oppløsning. Den nyeste og beste høydedatabasen som er landsdekkende har en oppløsning på 25 m, det vil si at det i en matrisestruktur er oppgitt høydetall for hver 25 meter (digital terrengmodell fra Statens Kartverk). For praktiske formål vil det for landsdekkende oversikter være aktuelt å bruke baser med noe lavere oppløsning, for eksempel 100 meter. Slike data finnes i ulike kvaliteter, en versjon som er avledet av 25 metersdatabasen og en eldre versjon som ikke har så høy kvalitet, men billigere i bruk. Den gamle versjonen er brukt i ulike analysesammenheng hos NIVA (Erikstad 1997) og har gitt gode resultater innenfor formålet regionalisering av miljøinformasjon/-data.

Et eksempel på slik bruk av denne type data kan hentes fra arbeidet med å karakterisere norske vannforekomster i forbindelse med implementeringen av vanddirektivet. En nordisk arbeidsgruppe har foreslått at et viktig kriterium for inndeling bør gå etter høyde. Høydekriteriet som er anvendt er definert i tre soner som er kalt "highland", "lowland" og "boreal", definert henholdsvis som områder over tregrensen, områder mellom skoggrensen og marin grense samt områder under marin grense. Det kan innvendes mot denne inndelingen at de to første sonene i hovedsak er klimatisk betinget, mens marin grense reflekterer et over 10000 år gammelt havnivå som i hovedsak har relevans for vannforekomsters kjemi. Imidlertid vil områder under marin grense også være de områder som ligger nærmest havnivå og dermed også inneholde et klimatisk element i typifiseringen. Både skoggrensen og marin grense er grenser som varierer i høyde i ulike deler av landet. Marin grense ble derfor digitalisert fra en enkel figur (Moen 1998) og interpolert til en landsdekkende flate. De områder der terrenget (gitt ved høydemodellen) var lavere enn denne flaten ble definert som områder under marin grense, dvs. "lowland". Tilsvarende ble en skoggrenseflate beregnet ut fra en serie enkeltpunkter over hele landet, valgt ut i grensesonen mellom skoglaget på kartbasen N250 og snaufjell. "Highland" ble definert som områder i terrenngmodellen som var høyere enn denne flaten, og "boreal" som områdene mellom denne og "lowland" (figur 3.3). Prosedyren gir tilstrekkelig nøyaktighet for nasjonale oversikter, men senere bør slik klassifiseringen gjøres mer lokalt/regionalt med noe større nøyaktighet.



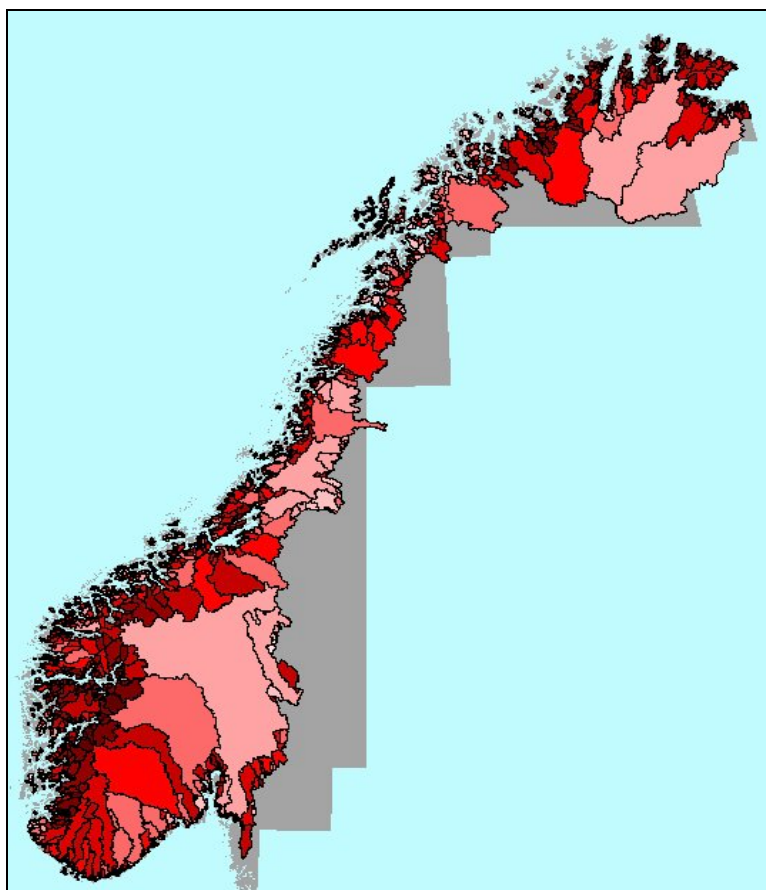
Figur 3.3. Norge delt inn i tre høyderegioner - fjell (over skoggrensen), boreal region og lavland (under marin grense). Figuren er laget på bakgrunn av en digital høydebase samt nasjonal informasjon om marin grense og skoggrenser tatt fra kartbase N250 (Solheim et al. 2003).

Terrengdata i form av høydematriser (digitale høydemodeller) er svært sentrale i vassdragsssammenheng i og med at terrengforholdene er avgjørende og intimt bundet

sammen med hydrologiske prosesser og fluvial terrengutforming. De utgjør også viktige elementer i hydrologisk modellering. Rasterformen i høydemodellene er godt egnet til modellering og det er lett med dagens datamaskiner og programvare og avlede såvel skråningskart og retning på terrenghelning for store områder samtidig. Det er også enkelt å finne regionale karakteristikk basert på områdestatistikk over terrengforholdene. Eksempler på slike avledninger kan være relativ relieff (relieffenergi), eller ulike indekser som beskriver for eksempel terrenguro (Evans 1979). Slike indekser kan regnes ut for faste ruter, flytende ruter (dvs. for alle punkter i matrisen) eller for gitte områder av særlig betydning. Figur 3.4 viser for eksempel indeksen "elevation/relief ratio (ER)" for hovedvassdrag i Norge. Indeksen er gitt ved formelen:

$$ER = Z_{mean} - Z_{min} / Z_{max} - Z_{min}$$

der Z står for høyde.



Figur 3.4. Figuren viser "elevation/relief ratio (ER)" for hovedvassdrag i Norge. Jo mørkere farge er, jo større er ER-forholdet.

Uttrykket er ekvivalent med det hypsografiske integral (Pike and Wilson 1971) som brukes til å karakterisere høydefordelingen innen et nedbørfelt, noe som er viktig både for vanntemperatur, flomregime m.m. Uttrykket er imidlertid et forholdstall og det kan være nyttig også å oppgi den totale variasjonsbredden i høydeforholdene i feltet som supplement. Dette kalles gjerne relativt relieff og er gitt ved uttrykket under brøkstreken i formelen for ER.

3.2 Utvalgsteknikker – benyttet i planlegging av landsomfattende innsjøundersøkelser

Tilfeldig statistisk utvalgelse

Design av prøvetakingsprogrammer basert på rent statistisk grunnlag er antagelig mest aktuelt ved arbeid i mindre og et avgrenset geografisk område, for eksempel uttak av jordprøver fra et nedbørfelt, vegetasjonsundersøkelser, osv. Det aktuelle området kan deles inn et rutenett, hvor en trekker ut tilfeldige ruter for nærmere undersøkelse. Hvor mange ruter som skal undersøkes vil være et kompromiss mellom statistisk presisjon, dvs. hvor stor usikkerhet som kan aksepteres og arbeidsmengde. Ved en eventuell klumpete fordeling, basert på tidligere erfaring eller pilotstudier, må prøveantallet økes for å oppnå samme presisjon.

Utvalgelse fra stratifiserte data

Ved planlegging av for eksempel landsomfattende innsjøundersøkelser vil det av praktiske eller faglige grunner være aktuelt å påvirke utvalgsmaterialet i noen grad (Faafeng 1995). I forbindelse med gjennomføringen av SFTs regionale innsjøundersøkelse i 1995 (Skjelkvåle et al. 1997, Henriksen et al. 1998) ble NVEs innsjødatabase brukt som grunnlag. Denne inneholder alle norske innsjøer over 0.04 km² (ca. 35 000). Etter å ha delt innsjøene inn i størrelsesklasser og geografisk fordeling, ble det lagt inn en sterkere seleksjon av innsjøer fra de største størrelseskategoriene, samt innsjøer fra bestemte landsdeler (3x Sør-Norge, 2x Midt-Norge, 1x Nord-Norge). I tillegg ble valgte innsjøer forkastet dersom de var kalket, for grunne eller sterkt påvirket av reguleringer. Utvalgsmetodikken som ble benyttet, ble utarbeidet i det nordiske samarbeidsprosjektet Nordic Lake Survey 1995 (Henriksen et al. 1998).

Utvalgelse basert på forhåndsbestemte kriterier

Dersom forholdet en ønsker å studere er knyttet til bestemte problemtyper eller – områder, for eksempel med høy forurensningsbelastning eller spesielle naturgitte forhold, kan et tilfeldig utvalg fra en landsomfattende database ofte være lite hensiktsmessig (Faafeng 1995). I så fall vil det være behov for innhenting av store datamengder for å få et tilstrekkelig antall ”problemlokaliteter”. I de landsomfattende innsjøundersøkelsene ”1000-sjøers undersøkelsen” fra 1986 (SFT 1987, Henriksen et al. 1988) og ”Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge” (Faafeng et al. 1990) ble det benyttet et omfattende sett av utvalgs-kriterier for valg av innsjøer. På denne måten fikk man en god oversikt over årsak-/virkningsforhold og et godt utgangspunkt for videre problemorienterte undersøkelser. På grunn av det store antallet innsjøer, gav undersøkelsene også en relativt god oversikt over det regionale problemomfanget.

Utvalgelse av karakteristiske/representative delområder for detaljundersøkelser

I et større vassdrag vil vannkvaliteten være et resultat av påvirkning fra mange ulike kilder som fordeler seg på en mosaikk av ulike arealtyper. For å få bedre oversikt over bidraget fra de ulike delene av nedbørfeltet, for eksempel i forbindelse med tiltaksplaner, kan det være en fordel å gjennomføre detaljstudier i mindre og mer homogene nedbørfelthenheter, eksempelvis jordbruks-, tettsteds- og utmarksområder. Dette ble bl.a. gjort i Bjerkreimsvassdraget i Rogaland i forbindelse med prosjektet ”Nitrogen fra fjell til fjord”. På basis av dette ble det laget kjemibudsjetter for en

rekke delnedbørfelt som til sammen utgjør hele vassdraget (Kaste et al. 1997). Slike data danner et godt grunnlag for utvikling og anvendelse av bl.a. vassdragsmodeller og andre verktøy.

3.3 Klassifisering av mesoskalahabitat

Bakgrunn

Systemet for mesohabitatklassifisering er utviklet ved NTNU Institutt for vann- og miljøteknikk og SINTEF Energiforskning. Metoden er basert på en litteraturstudie av skalaproblemer og mesohabitatklassifisering med ulike hydrologiske og økologisk anvendelser for øyet. Viktige kriterier ved utviklingen av et system var:

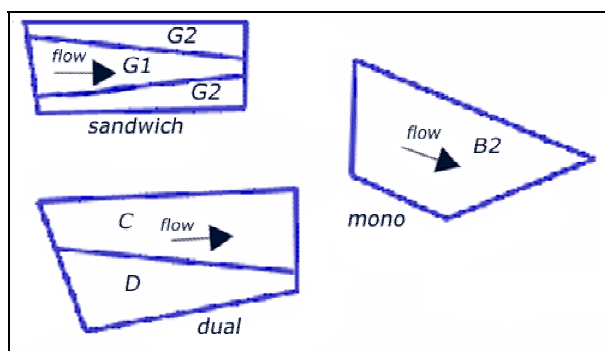
- Det skulle være anvendbart i Norge.
- Ingen ekspertkompetanse utover enkle instruksjoner gjennom eksempler skulle være nødvendig for å anvende det.
- Ingen sofistikert eller spesiell instrumentering skulle behøves i noe tilfelle for å anvende det.

Det var også nødvendig å utvikle en fleksibel struktur slik at tilpasninger til nye, uforutsette situasjoner og tilfeller skulle være enkelt. Dette betyr i praksis at det skal være enkelt å legge til nye, unike kriterier eller habitatklasser. Faktorer som beskriver klassene er strømningsmønster i overflaten, helningsvinkel målt i overflaten (overflategradient), vanddyp og overflatehastighet, som tilsammen gir 10 unike klasser. Dette innebærer at kombinasjoner som i praksis opptrer veldig sjelden er negligjert. I tillegg til de nevnte faktorer, bør sammensetning av substrat registreres (for eksempel 70 prosent stein > 20 cm, 20 prosent stein < 20 cm og 10 prosent sand). Den kartlagte delen av elva blir dermed inndelt i mesoskalaklasser som vist i figur 3.5.

Metodikk

Den geometriske avgrensningen av uniforme arealer er gitt av noen bestemte regler som er (figur 3.5):

- Hver enhet har en tverrgående eller lateral geografisk avgrensning.
- Hver tverrgående avgrensning går fra den ene elvebredden til den andre (tvers over elva).
- Alle laterale avgrensninger må ende i en tverrgående avgrensning i både oppstrøms og nedstrøms ende.
- Det er maksimalt 3 enheter tvers over ethvert elveavsnitt.



Figur 3.5. Definisjon av klasseform.

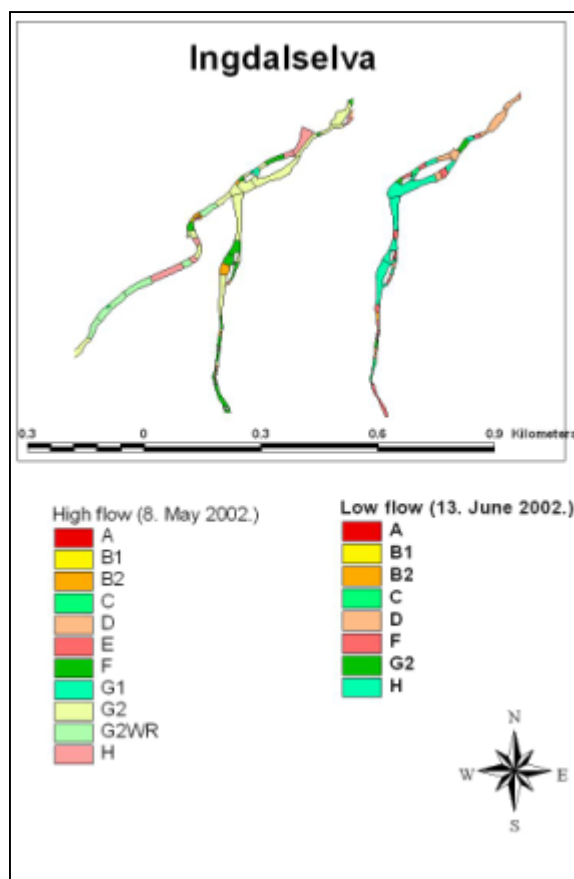
Tabell 3.1. Klassifiseringsprosessen utføres ved hjelp av visuelle observasjoner og enkle målinger i henhold til skjema gitt under. For å unngå upresise oversettelser er tabellens innhold gitt i engelske termer.

Strømningsmønster i overflaten	Overflategradient	Overflatehastighet	Vanndyp	Kode	Navn
smooth/rippled	steep	fast	deep	A	Run
			shallow		
	moderate	fast	deep / shallow		
			deep	B1	Deep Glide
		slow	shallow	B2	Shallow Glide
			deep	C	Pool
broken / unbroken standing waves	steep	fast	shallow	D	Walk
			deep	E	Rapid
		slow	deep / shallow	F	Cascade
	moderate	fast	deep	G1	Deep Splash
			shallow	G2	Shallow Splash
		slow	deep		
			shallow	H	Rill
			shallow		

Tabell 3.2. Definisjon av grenser mellom hvert kriterie. For å unngå upresise oversettelser er tabellens innhold gitt i engelske termer.

Strømningsmønster i overflaten	smooth/rippled	wave height <0.05 m
	broken / unbroken standing waves	wave height >0.05 m
Overflategradient	steep	<4%
	moderate	>4%
Overflatehastighet	fast	>0.5 m/s
	slow	<0.5 m/s
Vanndyp	deep	>0.7 m
	shallow	<0.7 m
Substrattype	Clay (CL)	<.002mm
	Silt (SI)	<.02
	Sand (SA)	<2 mm
	Gravel (GR)	<16 mm
	Pebble (PB)	<64 mm
	Cobble (CO)	<300mm
	Boulder (BO)	>300mm
	Bedrock (BE)	continuous rock

I figur 3.6 er det vist et eksempel på habitatkartleggingen.



Figur 3.6. Figuren viser hvordan klassene varierer med vannføring i Ingdalselva i Sør-Trøndelag.

Anvendelse

Den opprinnelige idéen bak utviklingen av systemet var å lage et verktøy som på en objektiv måte utvider den romlige gyldigheten av resultatene framkommet gjennom mikrohabitatstudier. Senere oppsto flere behov i tilknytning til anvendelse av systemet, deriblant populasjonsmodellering av Atlantisk laks (*Salmo salar*). Forskningsprosjektet "Links between mesohabitat classes, food consumption, growth and production of juvenile Atlantic salmon" har som mål å etablere et system for klassifisering av mesoskala habitat, basert på egenskaper ved elvekanalen, og koble dette til produksjon av unglaks. Dette vil være viktige for å kunne vurdere viktigheten av variasjon i habitatkvaliteten med tanke på smoltproduksjon i elver. Prosjektet er finansiert av Villaksprogrammet i Norges Forskningsråd og er et samarbeid mellom NINA, NTNU og SINTEF Energiforskning.

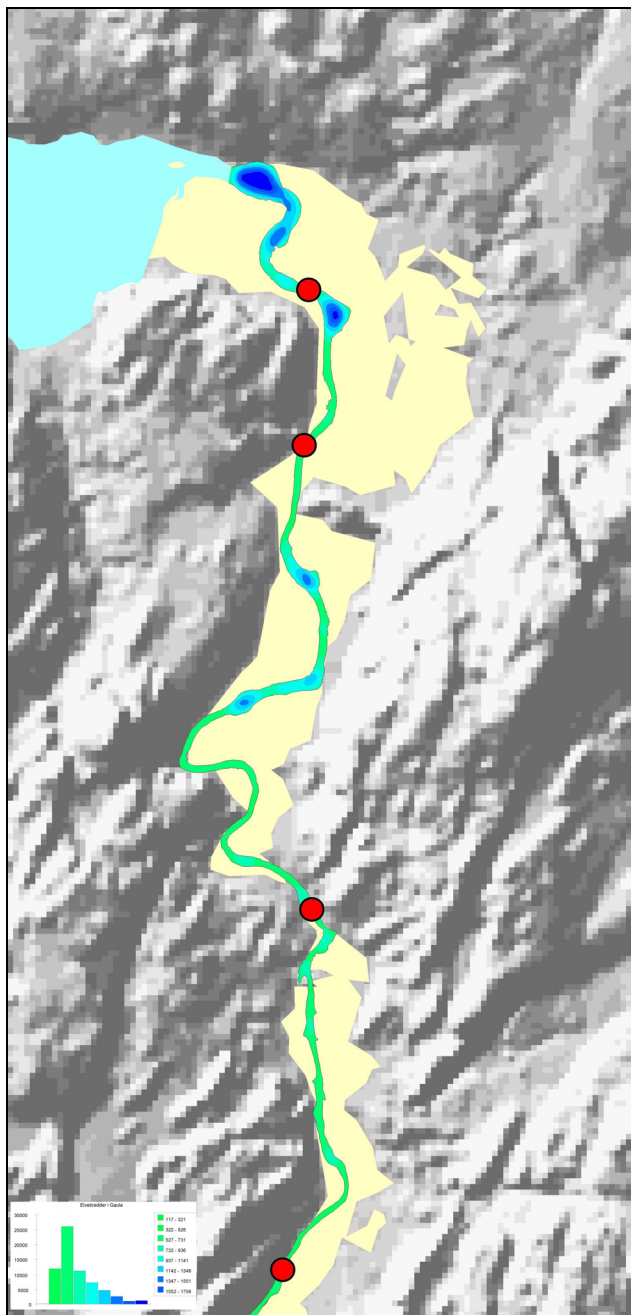
3.4 Habitatklassifisering fra kartdata

Fysiske og biologiske forhold i elveløp kan karakteriseres av stor romlig og temporær variasjon. Normalt vil det derfor kreve et betydelig datamateriale (se senere kapitler) for å håndtere variasjonen over en lengre elvestrekning og over et lengre tidsrom. Ved mer overordnet klassifisering baseres imidlertid karakteriseringen i stor grad på eksisterende data eventuelt med bruk av fjernmålingsdata og feltkontroll som supplement.

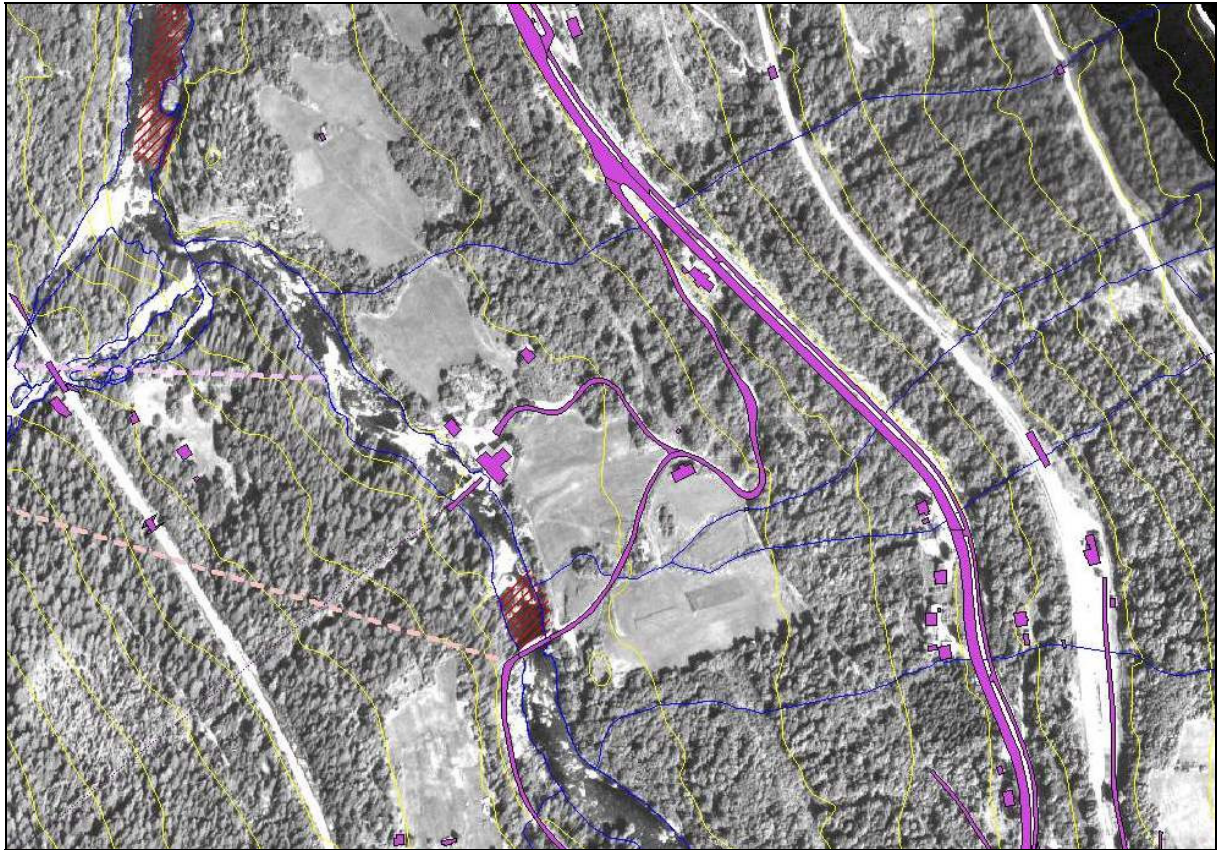
Slik overordnet klassifisering er ikke i strid med detaljerte biologiske studier i et vassdrag, men som tidligere nevnt et supplement som har sin betydning både i forhold til grove oversikter for forvaltningen så vel som støtte i regionale faglige analyser og ved utvalgsundersøkelser. De vil ha sin klare begrensning knyttet til innholdet i og detaljeringsgraden av tilgjengelige data. Brukes for eksempel N50 som digitalt kartgrunnlag, er høydemodellen basert på 20 meters koter, og en viktig parameter som elvegradient kan ikke avledes på dette grunnlaget. Noe bedre blir det hvis en tar i bruk økonomisk kartverk som har 5 meters koter. Tross begrensningene vil det være mulig å gjøre en grov habitatklassifisering basert på eksisterende kartdata. Figur 3.7 viser terrenginformasjon og relative bredder i nedre del av Gaula basert på kartdata fra N50. Ved å se på terrengvariasjonen langs elven sammen med elvebredde og elveform vil det være mulig å dele elva inn i ulike klasser av type "Elveslette, bred elv nær utløp"; "Kant av elveslette, smal elv, "skyggeside"; "Dalklype, smal elv, bratt terreng"; "Smal elveslette/smål elv, intermediær".

Denne klassifikasjonen gir viktig informasjon om de økologiske forholdene langs elva og kan styrkes ytterligere ved å se på for eksempel arealfordeling mellom skog, dyrket mark, tettbebyggelse og veier, samt eventuelt geologiske forhold og løsmassefordeling langs elva hvis slike data er tilgjengelige. Det er også mulig å supplere datatilgangen med satellittbilder eller flyfoto. Ved fotogrammetriske målinger basert på flyfoto vil en også kunne avlede rimelig gode gradientmålinger som vil kunne supplere så vel kartanalyse som visuell flyfotoanalyse i denne sammenheng (figur 3.8). Metoden blir også benyttet i samarbeidsprosjektet vedrørende elvesletter, et annet delprosjekt i dette instituttprogrammet. I figur 3.9 er det vist utsnitt av et orthofoto over Gudbrandsdalslågens utløp i Losna i Ringebu kommune. I dette området foregår det detaljerte undersøkelser av de økologiske forholdene i dammene på elvesletta. I figuren er et kart med de undersøkte dammene

lagt på flybildet. Ved å analysere flyfotoet med hensyn på arealet i umiddelbar tilknytning til de respektive dammene, vil en på en kostnadseffektiv måte samle viktig informasjon om dammenes tilstand. Det bør også arbeides videre for å finne fram til bedre beregninger/modeller som kan gi gode klassifiseringskriterier.



Figur 3.7. Nedre del av Gaular. Elvebredder er angitt med ulik farge. Flate områder langs elven er vist med gult (Erikstad og Sloreid 2002).



Figur 3.8. Orthofoto fra samløpet mellom Verma og Rauma. Økonomisk kartverks høydeinformasjon, arealinformasjon sammen med flyfotoets informasjon knyttet til elv, landformer og vegetasjon, supplert med muligheten for fotogrammetriske målinger gir grunnlag for relativt detaljert habitatkartlegging på landskapsnivå.



Figur 3.9. Utsnitt av orthofoto over Lågens utløp i Losna, med vanntema fra økonomisk kartverk (inklusive øyer og dammene som er gjenstand for økologiske undersøkelser) lagt oppå. Kartet er ca. 10 år eldre enn flybildet, og de to datasettene samlet demonstrer tydelig den dynamiske situasjonen på en slik elveslette.

4. Tilgjengelige grovskala datasett

En rekke datasett som kan være relevante innen vannforvaltning. I forbindelse med demonstrasjonsprosjektet for innføring av EUs rammedirektiv for vann i Mossevasdraget er det listet mer enn 90 datasett (Hovik et al. 2003). I dette ligger hele spennet av ulike kategorier data fra detaljerte primærdata innen overvåking av kjemi/biologi til ulike nasjonale kartgrunnlag. Tilgjengelighet av disse datasettene varierer fra ”tilnærmet utilgjengelig” (ønskede datasett, men der kun fragmenter av komplette datasett finnes) via “data på papirformat” til datasett lagret i “godt dokumenterte databaser”. Det synes åpenbart at et vesentlig mindre antall datasett foreligger på en form som muliggjør anvendelse innen skaleringsproblematikk. Endel av disse er kortfattet omtalt nedenfor.

I tillegg til inndelingen primær/avledet kunne man også tenke seg å skille mellom mikro- og makrodata. For eksempel kunne data om utslipp fra separate renseanlegg kalles mikrodata når de er oppgitt for den minste registrerte enheten (det enkelte anlegg), mens summen av utslipp fra separate renseanlegg pr kommune kunne kalles makrodata, fordi de er knyttet til en makroenhet (kommune). Slike makrodata finnes ofte tilgjengelig via offentlige registre, i dette tilfellet i SSBs system (Statistisk Sentralbyrå) for kommune-stat-rapportering, kalt KOSTRA.

4.1 Primærdatasett

Innen vannforvaltning er inndelingen i nedbørsfelt og identifisering av de enkelte vannforekomster sentralt. Inndelingen i nedbørsfelt i Norge foreligger i form av REGINE (register over nedbørsfelt) som omfatter nær 20 000 nedbørsfelt (REGINE-enheter) i Norge, og dekker landarealet så langt ut det finnes øyer. NVE har utviklet og forvalter registeret og salg av data/informasjon fra dette, herunder digitale nedbørsfeltgrenser. Inndelingen er statisk i den forstand at de enkelte minstenhetene er definert, men kan betraktes som byggeklosser for aggregering til større felt. Dersom man ønsker en helt brukerstyrt avgrensning av nedbørsfelt kan man benytte GIS-teknikker med utgangspunkt i en terrengmodell, slik som omtalt i avsnitt 3.1.

Alle innsjøer større enn 2500 m² er identifisert med unikt nummer (vatn_lnr). Registreringen er gjort i kartgrunnlag 1:50 000 og 1:250 000 og ca 240 000 innsjøer har nå fått slikt løpenummer. Alle innsjøer i Statens kartverks N50 kartdata vil inneholde denne identifiseringen fra 2002. Av egenskapsdata knyttet til innsjønummeret kan nevnes navn, areal, høyde over havet og omkrets samt kopling til nedbørsfelt via vassdragsnummer og til kommune via kommunenummer. Dybdekart for innsjøer er kun utviklet for et fåtall sjøer.

Identifisering av deler av elvestrengen kan skje gjennom etablering av såkalte elvelenker, der hele vannstrengen (inkl. innsjøer) deles i mindre linjestykker som henger sammen i en streng for det enkelte vassdrag. NVE har på prosjektbasis etablert elvelenker for bl.a. Ims-vassdraget og Mossevasdraget (Vansjø-Hobølvasdraget), men det er langt igjen til et landsdekkende system. Intensjonen er imidlertid å få på plass en første versjon av et landsdekkende sett av elvelenker i løpet av 2003

(Lystskjold, NVE, pers. medd.). Egenskapsdata for ulike elveavsnitt er mangelfullt utviklet, hvor viktige parametre vil være helning, substrat, friksjonsforhold, bredde og dyp.

En inndeling av kystsonen foreligger i form av DN's fjordkatalog og inneholder bl.a. digitale grenser for en oppdeling av kyst og fjord i mindre enheter. Inndelingen er hierarkisk, og kobling til nedbørfelt er en av egenskapsdataene. Øvrig informasjon vedrørende enhetene i fjordkatalogen er foreløpig mangelfulle, men databasen er under oppbygging.

NVE måler vannstand i ett eller flere steder i de større vassdrag, og lange tidsserier på vannføring i disse punktene er ofte tilgjengelig. Målestasjonenes plassering er imidlertid ikke bestandig optimal i forhold til den ønskede bruk av vannføringsdata i miljøprosjekter. Langtidsnormaler for både nedbør, fordampning og avrenning foreligger som landsdekkende digitale kart. Data om uttak av vann fra vassdraget er vanskelig tilgjengelig.

Hydrogeologisk informasjon om grunnvannsbassenger, grunnvannets dannelsesområder og "koplingen" til overflatevannet synes å være svært mangelfull i Norge.

NGU forvalter kart over løsmasser og berggrunn. Data foreligger for hele landet, men det er ikke alle områder der data er fullt ut kvalitetsikret. Dette vil bli gjort som del av AREALIS ved bestilling fra det enkelte fylke.

Markslaget gir informasjon om dyrkingstilstand og driftsforhold på jordbruksareal, produksjonspotensial for skog (bonitet), arealtilstand og evt. bonitet for alle arealkategorier i utmark. Kartserien omfatter det meste av arealet under skoggrensa, og er vårt eneste landsomfattende kartverk over arealressurser på detaljert nivå. Den første kartleggingen er avsluttet, og arbeidet er nå konsentrert om å få informasjonen over på digital form (DMK). Planlagt ferdigstilling for hele landet er i 2006.

Grunneiendommer, adresser og bygninger (GAB) samt det digitale eiendomskartverket (DEK) er systemer som kan ha stor nytte i mange miljøspørsmål, bl.a. knyttet til utslipp fra spredt bebyggelse. Statens kartverk forvalter disse data.

Data om folkemengde/befolkningsstruktur inklusive befolkningsframskrivninger innsamles gjennom folke- og boligtellinger og forvaltes av SSB.

Når det gjelder data om forurensning foreligger gode nasjonale datasett gjennom KOSTRA (tidligere SESAM) på selve avløpsanleggene (lokalisering, restutslipp, osv), mens lekkasje og overløp fra nettet er mindre detaljert. Avløp fra spredt bosetting foreligger gjerne som aggregerte data pr kommune med mindre detaljerte studier er foretatt (jfr. Jordforsk og "GIS i avløp"). For industriutslipp gir SFTs INKOSYS nasjonal oversikt for mange typer bransjer og utslipp. SFTs SESAM har data om akvakulturanlegg og deres utslipp av næringsalter.

For diffuse tilførsler av næringsalter fra norske landarealer benyttes koeffisienter fra NIVA (utmark) og Jordforsk (jordbruksarealer). Det foreligger et nasjonalt sett av koeffisienter i TEOTIL-systemet (NIVA) og utslipp pr. "hydrologisk

statistikkområde” beregnes årlig. Diffuse tilførsler av miljøgifter foreligger i form av nasjonale oversikter.

Deposisjon av svovel- og nitrogenforbindelser samt andre hovedkomponenter i nedbør, foreligger både i form av nasjonale overvåkingsdata (SFT 2002), avledet deposisjon på landsomfattende rutenett og modellert deposisjon gjennom det internasjonale EMEP-samarbeidet.

For fysiske inngrep i vassdraget kan nevnes NVEs inngrepsregister (INGRI), DNs elvedatabase, trapperegister, lakseregister og kart over inngrepsfrie områder i Norge (INON). VannInfo (DN/NINA) forventes å inneholde informasjon om inngrep når den er fullt ut implementert.

Innen overvåkingsdata fra norske vassdrag er data/informasjon spredt på mange aktører (inklusive kommuner, industri, konsulenter). Av nasjonale systemer antas SESAM å være en viktig kilde til informasjon.

For problemstillinger knyttet til avrenning vil både digitalt jordsmonnsdata (DJD) på kart (NIJOS) og markslagskart (DMK) være nyttige datakilder til bruk i oppskaleringen. I modellen ”GIS i avrenning” har Jordforsk også benyttet data fra sentrale tilskuddsordninger (søknad om produksjonstilskudd, søknad om tilskudd til endret jordarbeiding) fra SLF/fylkesmenn/kommuner til opp- og nedskalering av erosjons- og fosfortapsberegninger mellom enkeltgårdsbruk og nedbørfelt.

Også digitale løsmassekart er etterspurt med tanke på å oppskalere data om spredt avløp til nedbørfeltnivå. I dag finnes slike kart digitalt bare for 2-3 fylker.

I en del tilfeller inneholder SSBs databaser også interessante data på mikronivå. Dette kan gjelde data fra jordbruks- og utvalgstillinger og diverse persondata på individnivå. SSB har i dag et samarbeid med Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste som har påtatt seg oppgaven med å forvalte og formidle slike data til forskningsformål.

4.2 Instituttene egne data

4.2.1 Jordforsk

Jordforsk har ansvaret for en overvåkingsdatabase tilknyttet det nasjonale programmet for jordsmonnsovervåking (JOVÅ). I overvåkingsfeltene registreres data om avrenning av næringssalter og pesticider. Hydrologiske data registreres på timebasis, kjemiske data på månedsbasis. Tidsseriene strekker seg over 10-15 år, og feltene har et areal som varierer mellom 0,5 og 30 km². Feltene fordeler seg på alle landsdeler og på en slik måte at de grovt sett ivaretar variasjoner innen jordbruksdrift, jordsmonn og klima.

Jordforsk har også ansvaret for Jorddatabanken som inneholder ca 400 000 jordprøver for perioden 1988-2002, hovedsakelig fra Sør- og Midt-Norge. Databasen inneholder data om jordart og næringstilstand, og den enkelte prøve er stedfestet vha. kommune/gårdsnummer/bruksnummer.

Gjennom avløpsprosjekter i en rekke kommuner har Jordforsk bygget opp en database over separate avløpsløsninger i størrelsesorden ca 7000 renseanlegg som er koordinatfestet ("GIS i avløp"). For hvert anlegg er det registrert data om tilførsel av P, N, TOC, samt beregnede data om utslipp til resipient.

I tillegg har Jordforsk en rekke mer prosjektrelaterte databaser med potensiale for bredere anvendelse, for eksempel tidsserier fra overvåking av fangdammer og vegetasjonssoner.

4.2.2 NIVA

NIVA besitter en betydelig mengde data (kjemi, biologi) fra ulike undersøkelser og overvåkingsprogrammer gjennomført for forvaltningen og private aktører. I de nasjonale overvåkingsprogrammene er NIVA forpliktet til å lagre innsamlede data og har ulike databaser som ivaretar dette. Avledet fra dette vedlikeholdes bl.a. kart over tålegrenser.

Tilførsler av nitrogen og fosfor fra de ulike kilder beregnes årlig for hvert hydrologisk statistikkområde og som tilførsler til norske kystområder. SFT bruker disse dataene i oppfølging av den nasjonale resultatmålet om 50 % reduksjon av menneskeskapte tilførsler av næringsalter til Skagerrakkysten (Borgvang et al. 2002).

4.2.3 NINA

NINA ivaretar informasjon som kommer frem gjennom ulike prosjekter i regi av instituttet. Når det gjelder informasjon relevant i forbindelse med vann og vassdrag, er intensjonen at data tilknyttet vann skal tilgjengeliggjøres via VannInfo, et databaseverktøy utviklet i samarbeid mellom DN, NINA og EuroSpatial. Den nye vannbasen bygger bl.a. på data fra DN's Limnobasen og DN-håndbok 15. All informasjon er knyttet til vannobjekter. Intensjonen er at framtidige undersøkelser skal lagres direkte i databasesystemet. Foreløpig er det to større datasett som er gjort tilgjengelige gjennom systemet, basert på databaser samlet gjennom en årrekke av forskere i NINA, fiskedata fra 43 000 innsjøer og krepsdyrdata fra 2 700 innsjøer. I tillegg finnes data om bløtdyr fra 7 000 innsjøer lagt inn i systemet.

4.3 Verktøy for behandling av kartbasert/stedfestet informasjon (GIS)

GIS er i prinsippet en fellesbetegnelse på digitale teknikker der en kombinerer databaseinformasjon med digitale kart. Dette gjør effektiv analyse av geografisk informasjon mulig. Det finnes i prinsippet to typer teknikker i denne sammenheng: raster-GIS og vektor-GIS.

Innen raster-GIS er kartinformasjonen definert som et raster, eller en punktmatrix med en gitt geografisk oppløsning. Informasjonen om ulike egenskaper er gitt for hvert enkelt punkt (pixel) i punktmatriksen. Raster-GIS er samt i kombinasjon med for eksempel satellittdata og flyfotodata godt egnet for modellering og avledning av data. Digital fotobehandling, inkludert digital bruk av fjernmålingsdata og digital fotogrammetri er en form for raster-GIS.

Innen vektor-GIS er kartinformasjonen definert matematisk som punkter, linjer og polygoner. Dette gir en fleksibel og effektiv organisering av så vel kartbilde som data knyttet til de enkelte objekter i kartet (databasehåndtering). I praksis viser det seg ofte at det er et behov for å benytte både metoder fra raster-GIS og vektor-GIS for best mulig resultat når det gjelder omfattende miljøundersøkelser.

Det finnes en lang rekke relevant programvare i dag innen GIS. I forvaltningen og undervisnings-/forskningssektoren er ulike produkter fra ESRI (for eksempel ArcView, ArcGIS) mest dominerende både for vektor- og raster-GIS. I tillegg er det utviklet egne spesialiserte programvarepakker for digital fotogrammetri og fjernmåling (f.eks. ERDAS Imagine).

De fleste programvarepakkene har rimelige konverteringsmuligheter, slik at samarbeid mellom miljøer med ulik programvareprofil ikke representerer noe problem. I tillegg er det utviklet egne geografiske standarder i Norge for geografisk stedfestede data (SOSI) som er mye brukt ved utveksling av data.

Det er verdt å påpeke forskjellen på geokobling og tradisjonell registerkobling. Geokobling benyttes for å sammenstille data som ikke inneholder noen felles identifikatorer, men som har samme lokalisering. Stedfestede data er ikke nødvendigvis koordinatfestet, de kan f.eks. ha kommunenummer som stedfesting, dvs det vi kaller indirekte stedfesting.

Dette kan illustreres ved et eksempel:

- et eiendomsregister med *kartkoordinater* for hver eiendom benytter *direkte* stedfesting.
- et eiendomsregister med *gårds- og bruksnummer* for hver eiendom benytter *indirekte* stedfesting.

4.4 Hvor tilgjengelige er virkelig datasettene?

Mange karttema inngår i geovekst-samarbeidet og data/kart er tilgjengelig for aktørene gjennom de samarbeidsavtaler som er inngått. Miljøinstituttene deltar ikke i geovekst-samarbeidet og kostnader er derved begrensende for tilgang til slike data.

Tabell 4.1. Tabellen angir innkjøpskostnader ved engangskjøp av 2 lisenser for noen utvalgte temaer nevnt tidligere i rapporten. Ingen abonnements- eller oppdateringsavtale inngår i prisangivelsene. NVE = Norges vassdrags- og energidirektorat, SK = Statens Kartverk, NGU = Norges geologiske undersøkelse, NIJOS = Norsk institutt for jord- og skogkartlegging.

Datasett	Eier	Pris	Kommentar
REGINE	NVE	25 000	
Avrenningskart	NVE	25 000	
Inngrepsregister INGRI	NVE		
N5 (2002)	SK	2 400 000	
N5 raster (2002)		700 000	
N20 (2002)		457 414	
N50 (2002)	SK	440 000	

Datasett	Eier	Pris	Kommentar
N250 (2002)	SK	108 000	
DTM	SK	250 000 200 000 100 000	25x25 50x50 100x100
VBASE	SK	120 000	(senterlinje +vbase og gab nøkkel)
Gårdskart	SK, fylkeskartkontoret	1000	Uttakskostnader
Eiendommer på CD (GAB/DEK)	SK	32 000	
DMK	NIJOS		Planlagt ferdigstilling for hele landet 2006.
AR50	NIJOS		
AR250	NIJOS		NIJOS har nå etablert AR250 for Østfold, Akershus, Oslo og Vestfold
DJD	NIJOS		
Biologisk mangfoldkart	NIJOS		
Løsmassekart	(NGU)		
Berggrunnskart	NGU		

5. Eksempler på skaleringsmetoder og utvalgsteknikker

5.1 Terrestrisk naturovervåking (TOV)

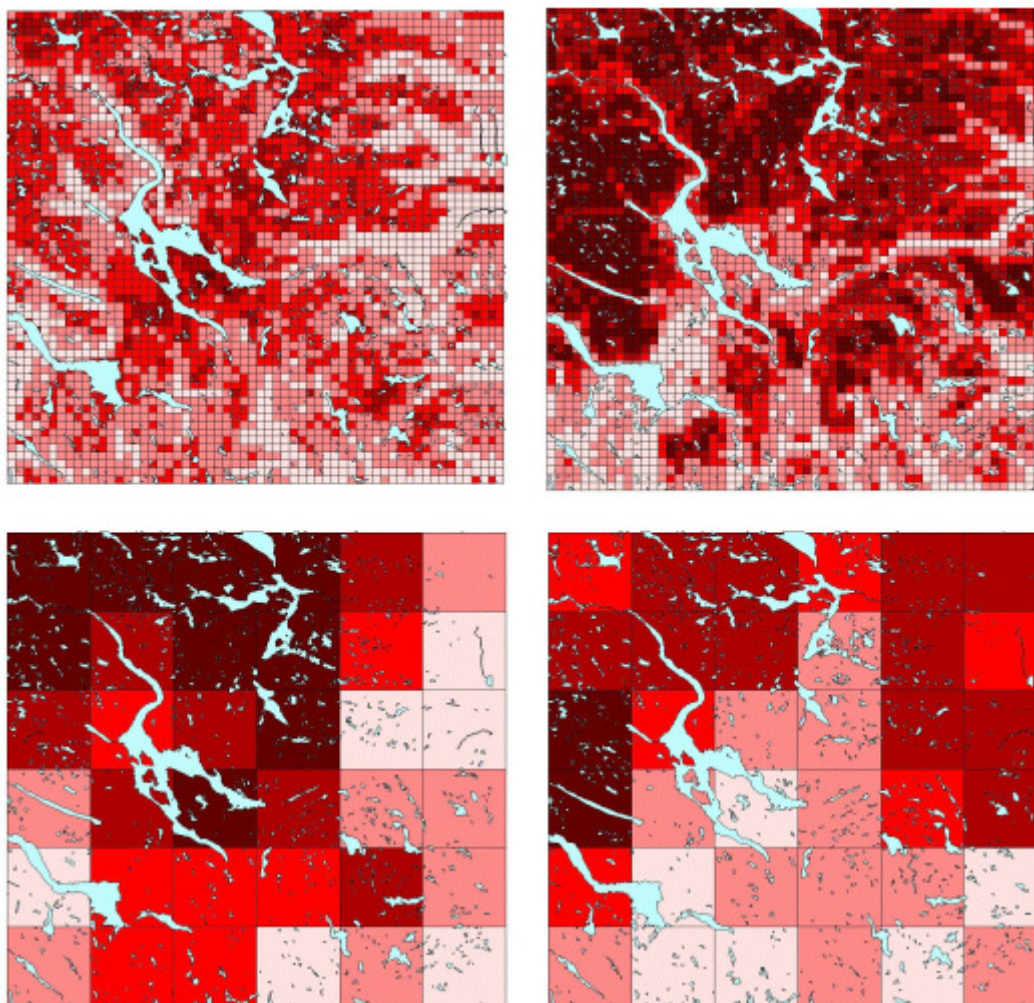
I forbindelse med prosjekt Terrestrisk naturovervåking (TOV) som går i regi av Direktoratet for naturforvaltning, har NINA gjennomført en skalastudie som har til formål å se på mulighetene av å koble detaljdata fra intensivovervåking sammen med data fra eksisterende kartverk og fjernmåling som kan tenkes å bli tatt i bruk til ekstensiv overvåking (Bakkestuen og Erikstad 2002). Intensiv overvåking legger normalt hovedvekt på å avdekke underliggende mekanismer, mens den ekstensive overvåkingen konsentrerer seg om arealdekkende prosesser. Begge angrepsmåter gir viktige svar, men for å oppnå en helhetlig overvåking må de settes i sammenheng. Det er derfor viktig å forstå de faktiske sammenhengene mellom ulike skalanivåer i naturen.

I det nevnte prosjektet ble det fokusert på å øke kunnskapen om ulike økologiske gradienter og hvordan disse virker over ulike geografiske skalaer, fra de regionalt viktige til de med kun lokal utbredelse, med utgangspunkt i de verktøy og metoder som ofte brukes på de ulike skalanivåene. Det betyr forsøk på å integrere GIS-analyser (mye brukt i ekstensive analyser) med intensive vegetasjonsanalyser (danner grunnstammen i TOV vegetasjon). Det ble innhentet data i ruter med størrelse 20x20 km, 10x10 km, 1x1 km og 100x100 m, i tillegg til de detaljerte vegetasjonsundersøkelsene som blir utført i plot av 1x1m stratifisert innen rammen av områder på 10x5 meter i et prøvefelt med enkle økologiske gradienter.

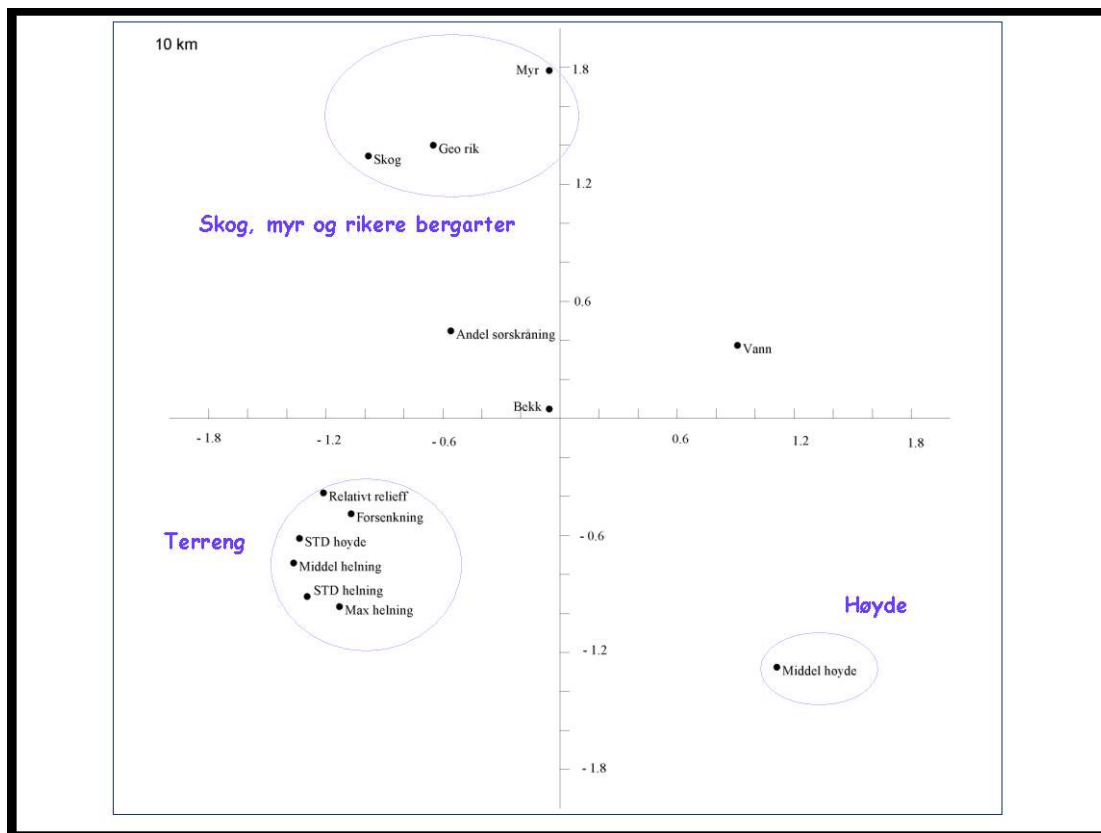
Ved multivariat behandling (PCA - principal component analysis) av miljøvariable i ulike skalaer (fra 20x20 km til 100x100 m) har vi kunnet etablere økologisk relevante gradienter (arealdekkende) i et større område rundt Møsvatn (figur 5.1 og 5.2). En komparativ landskapsanalyse (naturtypekartlegging) ga mange sammenfallende mønstre.

Betydningen av regionale gradienter (høyde/temperatur) til mesoskala/lokale gradienter (næring, lokal hydrologi, topografi) slår ut ulikt i forhold til den skala de måles på. Det ser ut som de regionale gradientene dominerer ned til ca 5 km oppløsning, og de lokale gradientene dominerer opp til en oppløsning på ca 500 m – 1 km.

Denne tilnæringsmåten kan også være relevant i en vassdragssammenheng. Opp- og nedskalering av resultater vil være avhengig av at en forstår sammenhengen mellom de aktuelle skalanivåene og kan dokumentere de økologiske gradienter som opptrer i materialet på ulike skalaer.



Figur 5.1. Principal component (PC)-verdier (første PC-akse til venstre og andre PC-akse til høyre) for geografisk oppløsning 1x1 km (øverst) og 10x10 km (under). Lys rød farge viser ruter med lave PC-verdier, mens mørk rød farge viser høye PC-verdier. I oppløsningen 1x1 km vises første PC-akse som gradienten fra vann til myr, bekk, skog, dalsider og bratte fjellsider, mens andre PC-akse reflekterer en høydegradient hvor skog avtar med økende høyde. Denne gradienten gjenkjennes i første PC-akse i 10x10 km oppløsning. Hovedgradienten her utgjøres av ekstremene i middel høyde og skråning, dvs. en kombinert høyde/relieff gradient. Den nest viktigste gradienten er en topografisk avhengig gradient fra lavtliggende myrområder på rikere berggrunn til bratte dal- og fjellsider i fattigere bergarter (Bakkestuen & Erikstad 2002).



Figur 5.2. Principal component (PC)-verdier for miljøvariable for 10 km oppløsning, vist med tolkning av aksene, se også figur 5.1 (modifisert etter Bakkestuen og Erikstad 2002).

5.2 Simulering av N- og vannbalanse

Jordforsk innhenter data på ulik skala, fra detaljinformasjon om de enkelte jordene til avrenningsdata fra nedbørfelt. For å bruke dataene i beregninger eller simuleringer, for å si noe om de enkelte jorder eller for nedbørfeltet som helhet, må noen av datasettene skaleres opp eller ned.

Det er tidligere gjort forsøk på å benytte JOVÅ dataene (se kap. 4.2.1) til å beregne erosjon og tap av næringsstoff for ulike storskala regioner i Norge, både for å simulere effekt av driftspraksis og til bruk i resultatkontroll for landbruksforurensning. Modellene har vist god overensstemmelse for avrenning og erosjon der jordsmonnet ikke varierer for mye innen regionen. Det er videre usikkerhet om betydningen av ett eller flere av følgende punkt:

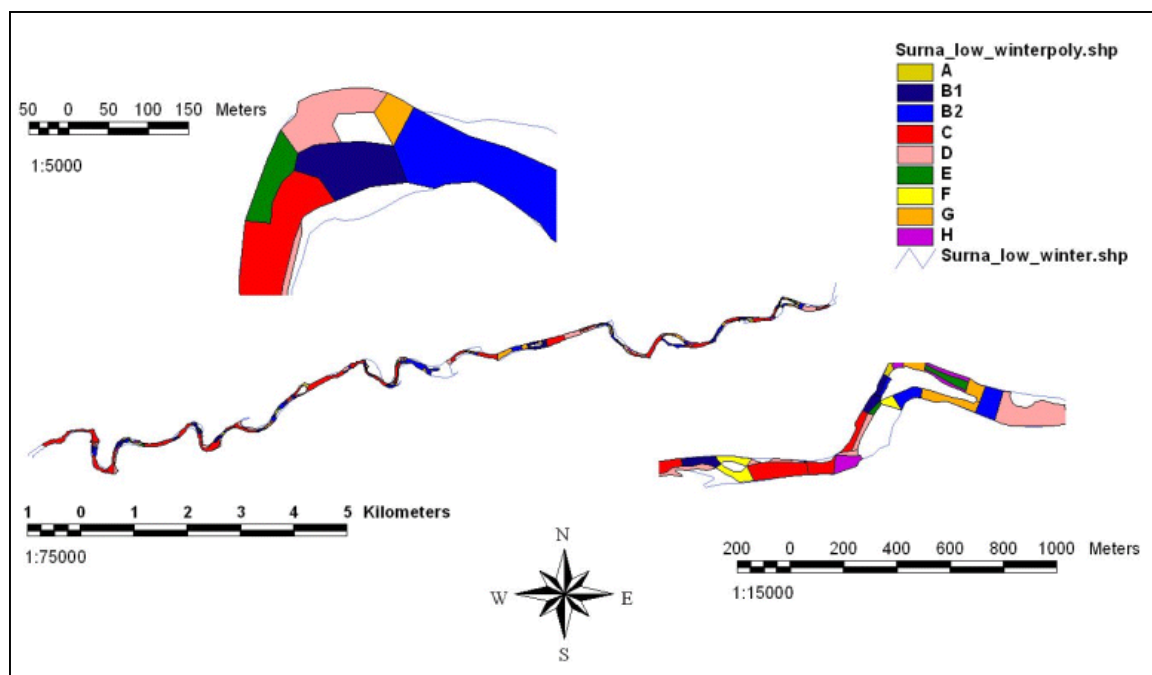
- forsinkelse og oppholdstid for vann i landskapet
- denitrifikasjon i grunnvannet
- selvrensing i bekken og innsjøen

Jordforsk har senere simulert N-balanse og vannbalanse innen områder av ulik størrelse (det enkelte jordet og nedbørfelt) basert på data fra gårdsbruk mhp. jordtype, driftsform, så- og høstedata, gjødselspraksis, produksjonsmengde og bruk av pesticider (Deelstra og Bechmann 2002). For å simulere nedbørfeltavrenning (modellere N- og vannbalansen i hele nedbørfeltet) ble en statistisk bearbeiding av rådataene samt klimadata, benyttet i den én-dimensjonale modellen SOIL/SOILN-NO. Simuleringen benyttet representativ jordtype og en dominerende vekst. Resultatet viste god overensstemmelse mellom målte verdier for nedbørfeltet og de simulerte resultatene, med unntak av noen år.

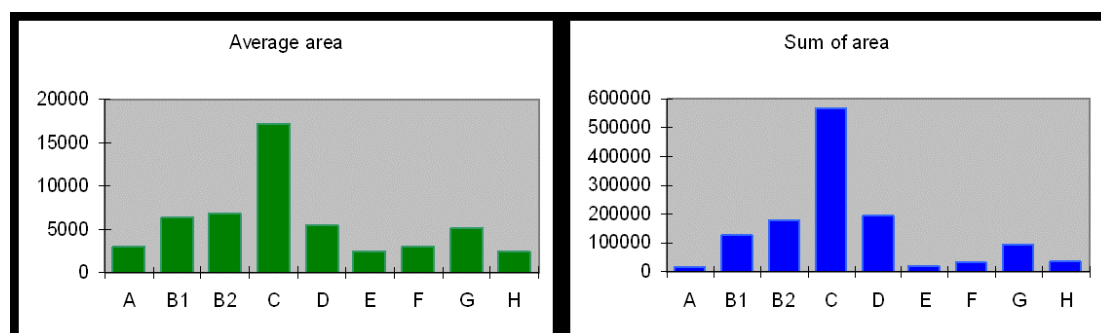
Modellen er videre brukt for å simulere effekten av å optimalisere driftsrutiner mhp N-avrenning for de enkelte jordene (Deelstra et al. 2002). Data for de enkelte gårdsbruk (JOVÅ-data), ble benyttet sammen med avrenningsdata fra hele nedbørfeltet. Avrenning for de enkelte gårdsbruk ble simulert, fordelt på overflate- og grunnvannsavrenning og basert på jordtype og helningsgrad, samt driftsdata og lokale klimadata. Modellering ved bruk av SOIL/SOILN-NO med data fra de enkelte jordene og simulerte (nedskalerte) avrenningsdata ble så benyttet for å simulere beste driftspraksis mhp N-avrenning. Resultatet viste at metoden kan benyttes, men at bedre informasjon om vannhusholdningen i jordprofilene vil gi bedre sikkerhet i simuleringen.

5.3 Surna

Prosjektet i Surna ble startet opp i år 2000 med det formål å finne sensitive habitatstrekninger. Dette begrunnet utfra en mulig endring av driftsregime for Trollheim kraftverk som har sitt avløp til Surna ca 20 km fra utløpet i havet. Kartleggingen har som mål å finne den romlige variasjonen i klassifisert mesohabitat som funksjon av vannføring (se metodisk beskrivelse i kapittel 3.3). Habitatkartleggingen ble inndelt i 2 faser, den første ved lavvannføring (minstevannføring ved undersøkelsens tidspunkt) og den andre fasen ved høy vannføring, en vannføring tilsvarende maksimal driftsvannføring. Metodikk for klassifisering av mesohabitat måtte derfor utvikles. Foreløpig er kun klassifiseringen på lavvannføring gjennomført. Studiet inkluderte strekningen som starter ved utløpet av kraftstasjonen ved Solemshølen og sluttet ved Øye bru ved Skei (figur 5.3). Dataene ble behandlet statistisk for å beskrive de hydromorfologiske egenskapene basert på mesoskala habitatklasser (figur 5.4).



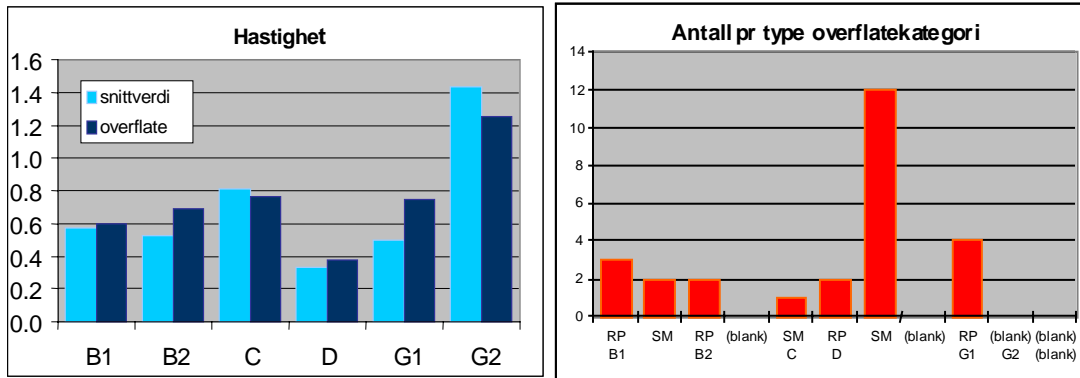
Figur 5.3 Habitatkart av Surna klassifisert på mesoskalanivå ved lavvannføring.



Figur 5.4 Fordeling av mesohabitatklasser og gjennomsnittlig utstrekning (alle enheter i m²).

5.4 Nidelva

Høsten 2002 ble det gjennomført en studie i Nidelva. Undersøkelsen hadde som formål å verifisere de fysiske attributtene som ble brukt i studien i Surna (se kap. 5.3). Til dette formål ble en kortere delstrekning, "Trekanten", utvalgt. Detaljert topografi, vannhastighet, strømningsmønster i overflaten og substratsammensetning ble observert og analysert statistisk. Det opprinnelige systemet ble utvidet fra 9 til 10 klasser, men kun 5 av klassene ble observert på den valgte strekningen. Disse ble verifisert mot hverandre innen hver klasse og mellom de ulike klassene med tanke på gjennomsnittlig dyp og hastighet, overflatehastighet, substratsammensetning, osv. Hensikten var å vise at det er større likheter innen den enkelte klasse enn ved sammenligning med observasjoner i andre klasser. Observasjoner av dyp og hastighet fra to ulike klasse D-habitater viser for eksempel bedre samsvar enn observasjoner fra en lokalitet med klasse D og en med klasse E. Evaluering av resultatene foregår fortsatt, men foreløpige resultater er gitt i figur 5.5.



Figur 5.5. Gjennomsnittlig vannhastighet og antall observasjoner innen hver kategori av vannoverflate (se også tabell 5.1).

Tabell 5.1. Forklaring til koding av kategorier av vannoverflater.

Forkortelse	Engelsk navn	Norsk navn
RP	Rippled	”Riflet”
SM	Smooth	Glatt
UW	Unbroken standing waves	Stående bølger
BW	Broken standing waves	Brutte stående bølger

5.5 Utarbeidelse av nasjonale tålegrensekart basert på innsjødata

Begrepet *Naturens tålegrense* (critical load) er i dag akseptert som utgangspunkt for politiske beslutninger om reduksjoner i utslipp av svovel og nitrogen i Europa. Det er FNs økonomiske kommisjon for Europa (UN/ECE) som organiserer de internasjonale forhandlingene og utarbeider protokoller for utslippsreduksjoner. Norske fagmiljøer har stått sentralt i arbeidet med å utvikle metodikken som har ligget til grunn for disse forhandlingene (Henriksen et al. 1990).

Ved utarbeidelsen av den norske databasen over tålegrenser for forsurening ble hele fastlands-Norge delt inn ruter på 0.5° N og 1.0° Ø, som igjen ble delt inn i 16 mindre ruter (Henriksen et al. 1990). I alt ble dette et nett av 2305 ruter som dekket hele landet. For å anslå overflatevannets kjemi i hver underrute ble egnede vannkjemiske data fra innsjøer og elver i området sammenlignet. Innsjøer fra ”1000-sjøers undersøkelsen” i 1986 (Henriksen et al. 1988) dannet en viktig del av datamaterialet, men det ble også benyttet data fra en rekke andre undersøkelser (for oversikt, se Henriksen et al. 1990). Kjemien (og den avledede tålegrensen) for den innsjøen som ble vurdert som mest representativ, ble valgt til å representere ruten. Ved større variasjon innen en underrute ble det mest følsomme området valgt til å representere underruten hvis det representerte mer enn 25 % av rutens areal. Følsomheten ble vurdert ut fra en kombinasjon av vannkjemie, topografi og berggrunnsgeologi i det aktuelle området. Utvalget av innsjøer ble senere testet mot de 1000 statistisk valgte innsjøene som ble undersøkt i 1995 (Skjelkvåle et al. 1997), men det ble ikke funnet avvik som påvirket det regionale bildet i nevneverdig grad.

Svovel- og nitrogenkonsentrasjoner i luft og nedbør blir overvåket i et nettverk av omlag 40 overvåkingsstasjoner spredt over det meste av landet (Tørseth og Semb 1997). Data fra disse stasjonene er overført til et landsomfattende rutenett ved hjelp av ”kriging”, som er en statistisk interpoleringsteknikk (Tørseth og Semb 1997). Fra dette grunnlaget kan en estimere depositionsjonen av svovel og nitrogen, og dermed overskridelsen av tålegrensen i hver av de 2305 rutene som landet er delt inn i. Utfra dette kan det lages landsomfattende kart som viser overskridelser av tålegrenser, både basert på dagens svovel- og nitrogendeponering og eventuelle fremtidige scenarier basert på vedtatte protokoller. Dette materialet danner også grunnlag for å estimere hvor stor prosentandel av Norges areal (evt. landsdeler, fylker, etc.) som har overskridelser av tålegrensene, og hvor store utslippsreduksjoner som må til for å unngå overskridelser. Oppdatert kartmateriale som viser tålegrenser og overskridelser i Norge finnes i Henriksen og Buan (2000).

Samme metodikk som ovenfor er også benyttet til å lage tålegrense-/overskridelseskart for enkeltvassdrag. En har da benyttet minsteenheter i REGINE-systemet til NVE som geografisk avgrensning istedet for ruteinndeling. Dette er gjort f.eks. for Tovdalsvassdraget i Aust-Agder, hvor det er foretatt beregninger av tålegrenseoverskridelser og avledet avsyrringsbehov (kalkbehov) i ulike vassdragsavsnitt og i vassdraget som helhet, se Hindar og Henriksen (1995).

6. Diskusjon og konklusjon

Denne rapporten forsøker ubeskjedit nok å tilnærme seg ett av de store naturvitenskapelige dilemma - hvordan si noe om den romlige utbredelsen av et fenomen basert på viten om det samme fenomenet innenfor en svært begrenset geografisk område. Nær sagt alle grener av naturvitenskapen opplever dette som svært problematisk og ulike metodikker er utviklet for å håndtere problemet. I denne rapporten er det påpekt metoder og vist eksempler for hvordan skalering kan foregå. En metode, vist med norske eksempler, baserer seg på en statistisk utvelgelse av lokaliteter etterfulgt av detaljerte studier av disse lokaliteter. Denne metoden krever at man i utgangspunktet har en totaloversikt over alle lokaliteter som man kan velge et utvalg fra, gjerne i form av en database. Ønsker man et stratifisert utvalg må totalutvalget samtidig inneholde informasjon/egenskaper man kan stratifisere med hensyn på, for innsjøer for eksempel overflateareal, dybde og høyde over havet. I denne sammenheng er representativitet et vel så viktig stikkord som oppskalering.

Rapporten viser også eksempler hvor man i utgangspunktet ikke har kriterier å stratifisere med hensyn på. Man må derfor utvikle et system (mesohabitat klassifisering) hvor man kan enkelt klassifisere vannforekomster basert på et objektive kriteriesett, som overflatemønster, vannhastighet, osv. Utfra denne grupperingen av delområder av elva kan man deretter velge lokaliteter for detaljundersøkelser (mikro-habitatstudier).

Det er også vist eksempler hvor man har forsøkt å tilnærme seg økologiske gradienter med utgangspunkt i to ulike skalaer (grovskala og finskala). Med utgangspunkt i ett bestemt skaladomene har man forsøkt å tilnærme seg den andre skala gjennom ned- og oppskalering. Konklusjonen fra det beskrevne eksemplet er at betydningen av regionale gradienter (høyde/temperatur) til mesoskala/lokale gradienter (næring, lokal hydrologi, topografi) slår ut ulikt i forhold til den skala de måles på. Det ser ut som de regionale gradientene dominerer ned til ca 5 km oppløsning, og de lokale gradientene dominerer opp til en oppløsning på ca 500 m – 1 km.

Det synes åpenbart at det ikke er mulig å utvikle mer eller mindre universelle oppskaleringmetoder som vil fungere for alle tenkelige naturvitenskapelige prosesser. Prosessenes er av natur i utgangspunktet så forskjellige at de hver og en trenger å analyseres og håndteres på sin særegne måte. På tross av dette vil det kunne være stor overføringsverdi mellom metoder anvendt for skalering av ulike fenomen. Det er også verdt å merke seg at hvilken metode som er den mest egnede for oppskalering av én bestemt prosess også vil kunne variere med hvilket datagrunnlag som er tilgjengelig, samt i hvilken sammenheng de oppskalerte resultatene skal anvendes.

Denne fasen av delprosjektet "Romlig skalering av vassdragsinformasjon" bidrar til å bevisstgjøre behovet for og dilemmaene omkring skalering, samt peke på noen metoder som i Norge som er anvendt innen vannfaglig naturvitenskap. Gjennomgangen viser at det er betydelig aktivitet i de ulike instituttene i forbindelse med skalering. Samlet er instituttene i besittelse av store mengder data, og metoder er under utvikling. Det finnes også programvare for analyse og modellering for å utnytte

datasettene til å avlede produkter/informasjon som kan forbedre muligheten for en framtidig kunnskapsbasert forvaltning av vassdrag på nedbørsfeltnivå. I neste fase søker man å teste ut noen av de identifiserte metodene på naturfaglige prosesser studert i andre delprosjekt under det samme strategiske instituttprogrammet ”Forvaltning av store vassdrag”.

7. Referanser

- Appelo C. A.J., Postma, D. 1996. Geochemistry, groundwater and pollution, A.A. Balkema, Rotterdam, 535 p.
- Bakkestuen, V. og Erikstad, L. 2002. Terrestrisk naturovervåking. Metodeutvikling med fokus på arealdekkende modeller – analyse av detaljerte vegetasjonsdata og regionale miljøvariable. NINA Oppdragsmelding 759, 1-35.
- Blöschl, G., and Sivapalan, M. 1995. Scale issues in hydrological modelling: A review, in Kalma, J.D. and Sivapala, M. (eds). Scale issues in hydrological modelling. John Wiley and Sons. p. 9-48.
- Borgvang, S.-A, Selvik, J.R. og Tjomsland, T. 2002. Tilførsler av næringsalter til Norges kystområder i 2001, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL. Rapport nr. 858/02, TA-nr. 1913/2002. NIVA-rapport O, L.nr. 4644-2003. 46 s.
- Dagan, G., Neuman, S.P. 1997. Subsurface flow and transport: A stochastic approach, Cambridge University Press, Cambridge, 241p.
- Deelstra, J., M. Bechmann and S.H. Kværnø. 2002. SOIL and SOIL-NO at a catchment scale - a case study for an agriculture-dominated catchment. Water. Sci. Tec. 9-17.
- Deelstra, J. and M. Bechmann. 2002. SOIL and SOILN_NO at catchment scale: a case study of an agriculture dominated catchment. IAHS Publication no. 273.
- Elgersma, A. og Asheim, V. 1998. Landskapsregioner i Norge – landskapsbeskrivelser. NIJOS-Rapport 2/98, 65 s.
- Erikstad, L. 1997. Geofaglig landskapsanalyse. I: Erikstad, L. og Jonsson, B. (red.), NINAs strategiske instituttprogrammer 1991-95. Landskapsøkologi Sluttrapport, NINA Temahefte 7, s. 43-49.
- Erikstad, L. og Sloreid, S.E. 2002. Hva kan en GIS-analyse fortelle om et vassdrag? I K. Aagaard, T. Bækken, og B. Jonsson, (red.). Felles instituttprogram - Virkninger av forurensning på biologisk mangfold. Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. Sluttrapport 1997-2001. NINA Temahefte 19/NIVA Inr 4539-2002: 31-33.
- Erikstad, L. Sloreid, S.E. og Hansen, L.P. 1998. Fysiske kartparametre til bruk i en modell for beregning av produksjon av laksesmolt i vassdrag. NINA Oppdragsmelding 533: 1-22.
- Evans, I.S. 1979. An integrated system of terrain analysis and slope mapping. Final report on grant DA-ERO-591-73-G0040, University of Durham, England.
- Faafeng, B. 1995. Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer. Problemnotat om tilfeldig utvalg av innsjøer. NIVA-rapport 3323, 21 s.
- Faafeng, B., Brettum, P. og Hessen, D.O. 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge. Statlig program for forurensningsovervåking rapport nr. 389/90, NIVA-løpenr. 2355, 57 s.

- French, H.K., Van der Zee, S.E.A.T.M. and Leijnse, A. 2001. Transport and degradation of propyleneglycol and potassium acetate in the unsaturated zone. *Journal of Contaminant Hydrology*, 49, 23-48.
- Grayson, R., and Blöschl, G. 2001. Spatial patterns in catchment hydrology, observations and modelling. Cambridge University press, Cambridge, 404 p.
- Henriksen, A. og Buan, A.K. 2000. Tålegrenser og overskridelse av tålegrenser for overflatevann, skogsjord og vegetasjon i Norge. *Naturens Tålegrenser Fagrapport 106*, NIVA-løpenr. 4179, 29 s.
- Henriksen, A., Lien, L. og Traaen, T.S. 1990. Tålegrenser for overflatevann - kjemiske kriterier for tilførsler av sterke syrer. *Tålegrenser for overflatevann, fagrapport nr. 2*, Miljøverndepartementet, NIVA-rapport 2431, 49 s.
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T.S., Sevaldrud, I.S. and Brakke, D.F. 1988. Lake acidification in Norway-present and predicted chemical status. *Ambio* 17: 259-266.
- Henriksen, A., Skjelkvåle, B.L., Mannio, J., Wilander, A., Harriman, R., Curtis, C., Jensen, J.P., Fjeld, E. and Moiseenko, T. 1998. Northern European lake survey, 1995. Finland, Norway, Sweden, Denmark, Russian Kola, Russian Karelia, Scotland and Wales. *Ambio* 27: 80-91.
- Hindar, A. og Henriksen, A. 1995. Kalkingsstrategier for Tovdalsvassdraget basert på nåværende og framtidige overskridelser av naturens tålegrenser for sterk syre. *NIVA-rapport 3211*, 42 s.
- Hovik, S., Selvik, J.R, Vagstad, N, Solheim, A.L., Stokke, K.B. og Brabrand, Å. 2003. Demonstrasjonsprosjekt for implementering av EUs Vanddirektiv i Vansjø-Hobøl-vassdraget: Fase 1. *NIVA-rapport 4621*. ISBN82-577-4282-1. Begrenset distribusjon. 88 s.
- Kaste, Ø., Henriksen, A. and Hindar, A. 1997. Retention of atmospherically-derived nitrogen in subcatchments of the Bjerkreim River in Southwestern Norway. *Ambio* 26: 296-303.
- Lam, N. and Quattrochi, D.A. 1992. On the issue of scale, resolution, and fractal analysis in the mapping sciences, *Prof. Geogr.* 44, 88-98.
- Marceau, D. J. 1999. The scale issue in social and natural sciences. *Canadian Journal of remote sensing*, vol. 25, no.4, pp 347-356.
- Moen, A. 1998. *Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon*. Statens Kartverk, Hønefoss.
- Nordisk Ministerråd. 1984. *Naturgeografisk inndeling av Norden*. NORD 1984.
- Pike, R. J. and Wilson, S. E. 1971. Elevation relief-ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin* 82: 1079-1084.
- SFT 1987. 1000 sjøers undersøkelsen 1986. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 282/87, 31 s. + vedlegg.
- SFT 2002. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2001. *SFT-rapport 854/2002, TA-1900/2002*, 194 s.

- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T.S., Lien, L., Lydersen, E. og Buan, A.K. 1997. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Statens forurensningstilsyn, rapport 677/96, 73 s.
- Solheim, A.L., Andersen, T., Brettum, P., Erikstad, L., Fjellheim, A., Halvorsen, G., Hesthagen, T.H., Lindstrøm, E.I., Mjelde, M., Raddum, G., Saloranta, T., Schartau, A.K., Tjomsland, T. og Walseng, B. 2003. Foreløpig forslag til system for typifisering av norske ferskvannsforkomster og for beskrivelse av referansetilstand, samt forslag til referansenettverk. NIVA-Rapport 2003 (4634): 93 s.
- Tate, N.J. and Atkinson, P.M. 2001. Modelling scale in geographical information science. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England, 271 p.
- Tørseth, K. og Semb., A. 1997. Deposition of major inorganic compounds in Norway 1992-1996. NILU-report OR 67/97, 54 pp.
- Voss C.I. 1984. A finite element simulation model for saturated-unsaturated, fluid-density-dependent groundwater flow with energy transport or chemically-reactive single-species solute transport, Water-Resources Investigation, U.S. Geological Survey.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets, Information and control, Vol. 8.
- Zhang, X., Drake, N.A. and Wainwright, J. 2003. 'Scaling issues in environmental modelling'. In Wainwright, J. and Mulligan, M. (eds). Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity. John Wiley and Sons, Chichester.