

RAPPORT LNR 4620-2002

Metodikk for fastsettelse av minstevannføring i regulerte elver

En presentasjon av eksisterende
metoder og noen idéer til
forbedringer

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 Metodikk for fastsettelse av minstevannføring i regulerte elver. En presentasjon av eksisterende metoder og noen idéer til forbedringer.	Løpenr. (for bestilling) 4620-2002	Dato 31.12.2002
	Prosjektnr. Undernr. O-40149	Sider Pris 30
Forfatter(e) Tor Haakon Bakken Anja Skiple Ibrek Jan Sørensen	Fagområde Vannressurs- forvaltning, hydroinformatikk	Distribusjon Sperret (intern)
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NIVA	Oppdragsreferanse Merete Ulstein
--------------------------	-------------------------------------

Sammendrag

Denne rapporten er en gjennomgang av dagens metodikk for fastsettelse av minstevannføring i regulerte elver når et sett av ulike brukerinteresser, temaer og/eller kvaliteter i et vassdrag skal vurderes. Rapporten introduserer også noen nye idéer for tilnærminger til kvantifisering av ulempe som følge av reduksjon av den naturlige vannføringen. Rapporten dokumenterer imidlertid ikke noen komplett oversikt over all nasjonal og internasjonal metodikk innen området.

Rapporten redegjør for de ulike brukerinteresser og kvaliteter som finnes i vassdrag og dokumenterer hvilken metodikk som finnes for å fastsette den enkelte interessens krav til vannføring. Ulempefunksjoner, i form av kurver som viser forringelse av en enkelt interessens kvalitet som funksjon av reduksjon i vannføring, representerer en ny og enhetlig måte å angi brukerinteressens sensitivitet for reduksjon i den naturlige vannføring. Når enkeltinteressenes krav er klarlagt må de sammenstilles og gjerne vektet for å kunne vurderes i en helhet. I hele denne prosessen er det klare metodiske svakheter. Det kan nevnes problemer med å identifisere avhengigheter mellom ulike interesser, kvantifisering av den enkelte interessens krav til vannføring, håndtering av krav til variasjon i vannføring, utvelgelse av representative elvestrekninger og sammenvekting av interessene. Grunnlaget for utvikling av IT-baserte verktøy er derfor noe tynt. Den rent tekniske implementasjonen av ulempefunksjonen synes overkommelig.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Minstevannføring	1. Minimum flow
2. Regulerte elver	2. Regulated rivers
3. Brukerinteresser	3. User interests
4. Ulempefunksjoner	4. Impact functions

Tor Haakon Bakken
Tor Haakon Bakken
Prosjektleder

Dag Berge
Dag Berge
Kvalitetsikrer

Nils Roar Sælthun
Nils Roar Sælthun
Forskningssjef

Metodikk for fastsettelse av minstevannføring i regulerte elver

En presentasjon av eksisterende metoder og noen idéer til forbedringer

Forord

Denne rapporten er en gjennomgang av dagens metodikk for fastsettelse av minstevannføring i regulerte elver når et sett av ulike brukerinteresser, temaer og/eller kvaliteter i et vassdrag skal vurderes. Rapporten introduserer også noen nye ideer for tilnærminger til kvantifisering av ulemper som følge av reduksjon av den naturlige vannføringen. Det gjøres oppmerksom på at prosjektets omfang ikke har tillatt å gjennomgå all nasjonal og internasjonal metodikk innen området og at rapporten følgelig ikke dokumenterer noe komplett metodegrunnlag.

Prosjektet er finansiert og av NIVA.

Oslo, 31. desember 2002

Tor Haakon Bakken

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Prosjektets bakgrunn og mål	7
2. Lovverket	8
3. Nasjonale prosjekter om fastsettelse av vannføring	9
3.1 Nytt NVE-program	9
3.2 EFFEN-MILJØ	9
3.3 MVU-programmet	10
3.4 Effektregulering - Miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak	10
4. Metodegrunnlag – en kort gjennomgang	11
4.1 Hydrologisk grunnlag	11
4.2 Identifisering av interesser og andre kvaliteter	12
4.3 Direkte sammenveide metoder	13
4.4 Fisk og fiske	14
4.5 Estetikk	14
4.6 Friluftsliv	15
4.7 Vannkvalitet	17
4.7.1 Brukerinteresser tilknyttet vannkvalitet	18
4.7.2 Vannkvalitet som grunnlag for å fastsette minstevannføring	19
4.8 Dimensjonsløs ulempefunksjon	20
4.9 Vekting av interesser	22
4.10 Fuzzy logic	24
5. Implementering av metode i IT-verktøy	25
6. Diskusjon og konklusjon	26
7. Referanser	28
Appendix: Databaser og søkekriterier	

Sammendrag

Denne rapporten er en gjennomgang av dagens metodikk for fastsettelse av minstevannføring i regulerte elver når et sett av ulike brukerinteresser, temaer og/eller kvaliteter i et vassdrag skal vurderes. Rapporten introduserer også noen nye idéer for tilnærminger til kvantifisering av ulempe som følge av reduksjon av den naturlige vannføringen. Rapporten dokumenterer imidlertid ikke noen komplett oversikt over all nasjonal og internasjonal metodikk innen området.

Rapporten redegjør for de ulike brukerinteresser og kvaliteter som finnes i vassdrag og dokumenterer hvilken metodikk som finnes for å fastsette den enkelte interessens krav til vannføring. Ulempefunksjoner, i form av kurver som viser forringelse av en enkelt interessens kvalitet som funksjon av reduksjon i vannføring, representerer en ny og enhetlig måte å angi brukerinteressens sensitivitet for reduksjon i den naturlige vannføring. Når enkeltinteressenes krav er klarlagt må de sammenstilles og gjerne vektet for å kunne vurderes i en helhet. I hele denne prosessen er det klare metodiske svakheter. Det kan nevnes problemer med å identifisere avhengigheter mellom ulike interesser, kvantifisering av den enkelte interessens krav til vannføring, håndtering av krav til variasjon i vannføring, utvelgelse av representative elvestrekninger og sammenvekting av interessene. Grunnlaget for utvikling av IT-baserte verktøy er derfor noe tynt. Den rent tekniske implementasjonen av ulempefunksjonen synes overkommelig.

Summary

Title: Methodology for the assesment of minimum flow in regulated rivers. A presentation of existing methodolgy and ideas for improvements.

Year: 2002

Authors: Tor Haakon Bakken, Anja Skiple Ibrekk, Jan Sørensen

Source: Norwegian Institute for Water Research (NIVA), ISBN No.: ISBN 82-577-4281-3

This report is an evaluation of existing methodology for the assessment of minimum flow in regulated rivers, when a number of user interests/qualities of a river are considered. The report also introduces some new approaches for the quantification of impacts from reduced flow. However, the report does not provide a total and complete overview of all national and international methodology within the research area.

The report identifies which user interests that are relevant in the watershed management and documents and evaluates the available methods to assess each interest's water flow requirements. Impact functions, given as curves that display the reduction in the user interest's quality as a function of reduction in water flow, represent a new and consistent way to represent the sensitivity in the water flow reduction for each user interest. When the water flow requirements of each separate user interests are given, they can be integrated again by going through a procedure of weighting. Through this process, a number of weakly defined methods are uncovered. The inter-dependencies between the users interests, quantification of water flow requirements, handling of dynamic flow requirements, selection of representative river sections, and the weighting process of each user interest all represent topics for further research needs. For this reason, the basis for the development of advanced, sophisticated IT-tools seem to be weak. However, the technical implementation of the impact functions seems to be a straightforward task.

1. Prosjektets bakgrunn og mål

Signifikante endringer av vannføringsregimet i elver vil påvirke både miljøkvalitet, biologiske ressurser og menneskelig bruk i og nær vassdraget. Konsekvensen av endringen i det hydrologiske regimet vil særlig variere med:

- størrelsen og variasjonen på den nye, faktiske vannføringen
- hvilken elvestrekning som betraktes
- tid på året
- andre ytre påkjenninger i vassdraget

Vannkraftreguleringer kan medføre store endringer i forhold til det naturlige hydrologiske regimet, og særlig fastsettelse av minstevannføring i regulerte elvestrekninger har utløst stor debatt. Det metodiske grunnlaget for fastsettelse av minstevannføring, basert på helhetsvurdering av all bruk og alle kvaliteter i vassdraget, er både tynt og uklart. Dette prosjektet har som mål å frambringe en oversikt over tilgjengelige metoder for kvantitativ fastsettelse av minstevannføring. Det fokuseres på metoder hvor man relativt raskt og uten bruk av store ressurser kan komme fram til anbefalinger for minstevannføringer. Derne er det forsøkt å vurdere mulighetene for å kunne implementere dette i et IT-basert verktøy for beslutningsstøtte.

Definisjon av minstevannføring er ”vannføring som det påregnes en regulant å overskride for en nærmere bestemt periode” (Østrem 1993). Minstevannføring ved et gitt punkt vil da være naturlig tilsig fra et uregulert restnedbørfelt samt tapping fra et ovenforliggende magasin. I NVEs nye FoU-program er begrepet ”minstevannføring” erstattet med ”miljøbasert vannføring”.

I Norge er vannkraft den store interessen som profitterer på bortledning av vann fra elvestrekninger, mens nær sagt alle andre interesser (bortsett fra flomvern og enkelte tilfeller fiskeinteresser) påvirkes negativt av reduserte vannføringer. Ulempene som omtales i dette prosjektet vurderes således ikke opp mot hvilke gevinster de nevnte interessene kan ha av reduserte vannføringer på elvestrekninger.

Ulempene kan i sin natur enkelte ganger være vanskelig å identifisere, enda vanskeligere å kvantifisere og er følgelig også størrelser som er problematiske å vurdere mot hverandre. I planprosesser kan det ofte være ønskelig å sette en monetær verdi på alle konsekvensene slik at de kan inngå som en del av en vurdering omkring et prosjekts totaløkonomi. På bakgrunn av de nevnte metodiske problemer er dette sjeldent mulig. Selv om det er vanskelig å kvantifisere en ulempe for en bestemt interesse, så må man i en planprosess allikevel vurdere ulike hensyn opp mot hverandre og gjøre mer eller mindre bevisste prioriteringer.

Det finnes tilgjengelige IT-verktøy av ulik kompleksitet som delvis kan håndtere noe av den skisserte problematikken. Eksempelvis kan det nevnes verktøy som Mike Basin (www.dhi.dk), ENMAG/NMAG (<http://www.sintef.no/units/civil/water/rss/interact/enmag/enmag.htm>) for beregning av tilgjengelig vannmengde, den dels nedlagte Vassdragssimulatoren (<http://www.sintef.no/units/civil/water/rss/>) og Stella (www.hps-inc.com). Det gjøres oppmerksom på at innenfor bestemte modelldomener, som for eksempel modeller for vannkvalitet i elver, finnes det en lang rekke modeller tilgjengelig både på et kommersielt og særlig innenfor et ikke-kommersielt marked.

2. Lovverket

Den nye vannressursloven beskriver minstevannføring eksplisitt i § 10:

Ved uttak og bortledning av vann som endrer vannføringen i elver og bekker med årssikker vannføring, skal minst den alminnelige lavvannføring være tilbake, hvis ikke annet følger av denne paragraf. Det samme gjelder når vann holdes tilbake ved oppdemming. I konsesjon til uttak, bortledning eller oppdemming skal fastsetting av vilkår om minstevannføring i elver og bekker avgjøres etter en konkret vurdering. Ved avgjørelsen skal det blant annet legges vekt på å sikre

- a) Vannspeil
- b) Vassdragets betydning for plante- og dyreliv
- c) Vannkvalitet
- d) Grunnvannsforekomster

I forbindelse med den nye vannressursloven, ble det slått fast av myndighetene at det i første rekke er brukerinteresser, kommuner og ideelle organisasjoner som må ta initiativet til minstevannføringskrav.

Dagens opplegg for konsekvensutredninger (KU) er hjemlet i Plan- og bygningsloven. En KU skal vurdere virkningene inngrepet har på miljø, naturressurser og samfunn (f.eks. friluftsliv og rekreasjon). KU-bestemmelsene rammer vannkraftanlegg med en årlig produksjon over 40 GWh, samt demninger og andre anlegg for oppdemming eller varig lagring av vann dersom en ny eller supplerende mengde oppdemmet eller lagret vann overstiger 10 millioner m³. KU skal også utarbeides dersom et tiltak er foreslått lokalisert innenfor vassdragsbeltet, herunder et område på inntil 100 meters bredde på hver side av vernede vassdrag, eller er i konflikt med andre deler av nedbørsfeltet som det er faglig dokumentert har betydning for vassdragets verneverdi.

EUs rammedirektiv for vann, som også norsk vassdragsforvaltning skal forholde seg til, har konkrete miljømål, blant annet skal vannkvaliteten ha mål som er definert ut i fra vassdragets økologi. Vannføring er i stor grad bestemmende for økosystemets karakter og utvikling. Direktivet vil derfor ha betydning ved fastsettelse av vannføring for å ivareta det økologiske samspill.

3. Nasjonale prosjekter om fastsettelse av vannføring

I det følgende gis det en oversikt over løpende og avsluttede nasjonale prosjekter med relevans for dette notatet.

3.1 Nytt NVE-program

NVE startet våren 2001 FoU-programmet ”Miljøbasert vannføring”. Hensikten med programmet er å få økt kunnskap om sterkt reduserte vannføringer i vassdrag. Dette skal gi grunnlag for utvikling og etablering av metoder og modeller slik at forvaltningen har et bedre faglig grunnlag til å fastsette vannføring ved inngrep i vassdrag. Redusert vannføring står sentralt i konsesjonsbehandlingen av vassdragsinngrep. Grunnlaget for presis fastsettelse av vannføring har imidlertid ofte vært for dårlig. Det blir fokusert på følgende fagområder: lavvann, grunnvann, vanntemperatur, sediment og erosjon, biologiske effekter, estetikk og redusert vannføring i relasjon til avbøtende tiltak. Erfaringsmessig har de største diskusjonene rundt fastsettelse av en redusert vannføring vært knyttet opp mot de biologiske og til dels også de estetiske forholdene. Hovedfokuset i programmet går derfor mot de biologiske og økologiske forholds avhengighet av vannføring.

Programmet vil prioritere følgende områder:

- Forbedring av beregningsmetoder for lavvannføring også i vassdrag uten observasjoner.
- Programmet vil innarbeide sesong- og årlige variasjoner.
- Forbedring av analyseverktøy for evaluering av effekten av redusert vannføring på grunnvann og konsekvensen for vassdragsnære områder.
- Kvantifisering av temperaturendringer ved reduksjon i vannføring.
- Innvirkning av redusert vannføring på sediment- og erosjonsprosesser.
- Betydning av endret vannføring, og påfølgende endringer i for eksempel vanntemperatur, for akvatiske organismer.
- Effekten av flom og fleksibel vannføring på liv i vann.
- Fleksibel vannføring og estiske forhold.
- Forhold mellom reduserte vannføringer og andre avbøtende tiltak.
- Utvikling av beslutningsverktøy.

3.2 EFFEN-MILJØ

Fagutvalget for EFFEN-MILJØ igangsatte prosjektet ”Virkninger av minstevannføring på vassdrag med gammel regulering” på bakgrunn av den fokusering som er på forhold omkring minstevannføring. Fagutvalget konkluderte med at det er behov for å styrke det miljøfaglige beslutningsgrunnlaget, og at det er avgjørende for bestemmelse av minstevannføring å ha avklart hvilken funksjon og bruk vassdraget skal ha og at det skal legges fram en anbefalt metode (også kalt ekspertmetoden) (Faugli 1997).

3.3 MVU-programmet

Programmet "Miljøvirkninger av vassdragsutbygging" (MVU) omhandlet minstevannføring i et bredt omfang (Ziegler 1989). Resultater fra dette programmet er omtalt mer i detalj og referert i kapittel 4.

3.4 Effekterregulering - Miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak

Forskningsprosjekt "Effekterregulering - Miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak", avsluttet i 2000, ble ledet av NVE og så på virkninger av effekterreguleringer i vassdrag og i noen grad fjordssystemer. Et av hovedmålene med prosjektet var å utforme planløsninger og foreslå avbøtende tiltak for å redusere negative miljøvirkninger av økt effektkjøring.

4. Metodegrunnlag – en kort gjennomgang

Det har i Norge blitt brukt ulike tilnærminger for å bestemme minstevannføringen på en regulert elvestrekning;

- skjønnsmessig bestemmelse ut i fra kun hydrologiske betraktninger (eksempelvis ”alminnelig lavvannføring”)
- brukerinteresser/kvaliteter gir avgjørende rammer for minstevannføring, hvor beslutningsgrunnlaget er framkommet ved enkle eller mer avansert metodikk, for eksempel ved bruk av modeller og/eller modellsystemer

I vår vassdragslovgivning finnes det ikke lovregler om minstevannføringer, men mange konsesjoner har bestemmelser om det. Indirekte kan en si at vassdragsloven § 104 nr. 1 i sin gamle form medførte krav til vannføring i vassdraget, jfr. kravet om opprettholdelse av «fiskens frie gang». Et eksempel på at det er fastsatt vilkår om stor minstevannføring i medhold av vassdragsloven §§ 104-105 er ved utbyggingen av Nes kraftverk i Hallingdal. Minstevannføringen er her satt til ca. 10-12 m³/s i sommertiden, noe som er vesentlig mer enn alminnelig lavvannføring.

I dag fastsettes det i praksis normalt bestemmelser om minstevannføring i nye konsesjoner for kraftutbygging. Ved fornyelse av konsesjoner har myndighetene vært noe tilbakeholdne med å fastsette nye krav til minstevannføring for å unngå tap av kraft, samt ikke å forstyrre den naturtilstand som i mellomtiden har etablert seg. For andre typer vannuttak, for eksempel til fiskeoppdrett og industriproduksjon, er det i en del tilfeller fastsatt bestemmelser om minstevannføring, også i ekspropriasjonstillatelser.

Den praksis man har idag ved behandling av konsesjonssaker, det vil si fastsettelse av minstevannføring, er ved tradisjonell konsekvensutredning basert på ulike fagutredninger på eksempelvis vannkvalitet, fiskeforhold og kulturminner.

I det følgende (fra avsnitt 4.3 og utover) redegjøres det for eksisterende metodegrunnlag for et sett av de viktigste brukerinteressene, samt noen idéer til nye tilnærminger for fastsettelse av vannføring i regulerte vassdrag. Det poengteres at rapporten ikke representerer noen komplett oversikt over eksisterende metodikk.

4.1 Hydrologisk grunnlag

Hydrologisk informasjon sammen med overordnet manøvrering av vassdraget setter rammer for bestemmelse av vannføringreglementet. Ideelt kreves det detaljerte hydrologiske målinger over flere år for å foreslå en minstevannføring. Det er ikke bare middelavrenningen som vil være avgjørende, men vel så viktig er år med uvanlige nedbørs- og temperaturforhold for å fastsette en ”riktig minstevannføring” ut i fra både økonomiske og økologiske hensyn. Tidsserier kan også framkomme ved hjelp av ulike beregningsmodeller som for eksempel HBV-modellen. Basert på tidsserier for vannføring kan man utlede ulike statistisk variable som belyser frekvensen av ulike vannføringer. Et alternativ til tradisjonell frekvensanalyse er teoretiske fordelingsfunksjoner for lavvann utledet med utgangspunkt i analyse av resesjonsforløp og varighet av tørkeperioder (Gottschalk et al., 1997). Metoden har den fordel at man i felt med lite eller ingen data kan estimere parametrene i fordelingsfunksjonen ut fra feltkarakteristika (resesjonskonstanter) og regionale nedbørmønstre (tørkevarighet).

4.2 Identifisering av interesser og andre kvaliteter

Identifisering og kartlegging av de ulike interesser i tilknytning til elva må naturlig nok gjøres før man kan vurdere hver og en interesse separat, og deretter minimere de negative effektene av redusert vannføring. Det er viktig å bryte ned et problem i løsbare størrelser for å kunne formulere kvantitative metoder før de ved et eventuelt senere tidspunkt vurderes samlet. Særlig ved en vektning og sammenstilling av interesser er det viktig å ha klart for seg hvilke variable (interesser) som kan anses som uavhengige og hvilke som overlapper hverandre. Som et eksempel er fritidsfiske, rekreasjon og friluftsliv størrelser/kvaliteter som har svært mange likhetstrekk og derfor som separate størrelser bør få redusert vekt ved en eventuell sammenstilling med interessen drikkevann. Noen av brukerinteressene, slik som naturvern, eksistensverdi og økologiske verdi, som det må tas hensyn til ved fastsettelse av vannføring, faller ikke umiddelbart inn under kategorien "interesser", men er kategorisert på denne måten av språklige hensyn.

I tabell 4.1 er det identifisert interesser fra 5 forskjellige utredninger med noe ulik tilnærming til interesser i vassdrag/ferskvann. Interessene er naturlig nok forskjellige og varierer en god del i antall, men lar seg forklare ved å se nærmere på hvilken bestemt vannforekomst som er undersøkt eller med intensjonen med utredningen. Noen av interessene som er listet i tabell 4.1 i separate rader er veldig like hverandre, som for eksempel vannforsyning og drikkevann/jordvanning/industrivann. Vannforsyning kan sees som et samlebegrep for de 3 andre. For å anskueliggjøre at interessene vil variere og bruk av termer muligens heller ikke er helt konsistent innen fagområdet er det valgt å ikke slå disse sammen.

Samlet Plan har gjerne et større arealperspektiv enn en del vassdragsundersøkelser, slik at flere interesser naturlig nok er identifisert. I forbindelse med nye utbygginger kan nok dette være riktig, men i tilknytning til fastsettelse av ny minstevannføring, for eksempel i forbindelse med hjemfall, vil et mindre antall være relevant. Utredningen til Børset et al 1989, omhandler primært vannkvalitetsvurderinger og interesser i og omkring Mjøsa. I SFTs klassifiseringssystem identifiserer også ulike interesser selv om det også her fokuseres på vannkvalitet.

Tabell 4.1. Tabellen viser hvilke brukerinteresser/kvaliteter som identifisert i forbindelse med 5 ulike utredninger. Grå celler viser hvilke interesser som er identifisert innenfor de refererte utredninger/undersøkelser.

Identifisert interesse	Samlet Plan	Ziegler et al (rapport 1)	Børset et al	SFTs klassifisering	Råheim og Thaulow
Naturvern (landskapsvern)					
Friluftsliv					
Vilt (jakt)					
Fisk					
Vannforsyning					
Vern mot forurensning					
Kulturminnevern					
Jord- og skogbruk					
Reindrift					
Flom-erosjonssikring og					
Transport					

Is og vanntemperatur					
Klima					
Vannkvalitet					
Estetikk					
Kraftinteresser					
Drikkevann					
Jordvanning					
Industri					
Fritidsfiske					
Bading					
Båtbruk					
Annet friluftsliv					
Naturvern/eksistensverdi					
Miljøtilstand					
Resipientbruk					
Vannforsyning (drikkevann eller industrivann)					
Masseuttak, flomsikring, erosjonsvern, senking					
Rekreasjon (bading, båtsport)					
Fiske og fiskeoppdrett					

4.3 Direkte sammenveide metoder

Enkelte metoder baserer seg ikke på å separere ulike interesser/kvaliteter og analysere disse kvantitativt hver for seg, men betrakter alle aspekt omkring minstevannføring mer eller mindre under ett. I forbindelse med for eksempel ekspertmetoden foregår det helt sikkert diskusjoner omkring de ulike interessene, men metodegrunnlaget baserer seg ikke på å betrakte en og en interesse separat og kvantitativt. I avsnitt 4.3 er det redegjort for noen av disse direkte sammenveide metodene.

Alminnelig lavvannføring

I Norge tas det utgangspunkt i den alminnelige lavvannføringen når det fastsettes minstevannføringspålegg (NOU 1994:12), selv om det gjøres avvik i begge retninger, som eksempelvis i Suldalslågen, Driva, Alta og Lærdal. Den alminnelige lavvannføringen beregnes med utgangspunkt i den vannføringen som overskrides 350 dager av året (Q350). De 15 dagene med lavest vannføring i et år trekkes altså fra når lavvannføringen beregnes. I den observasjonsperioden en har, skytes den tredjedelen av årene som har lavest Q350 ut. Den laveste Q350 for de gjenværende årene betegnes som alminnelig lavvannføring. For en observasjonsperiode på 50 år vil en altså i Norge benytte Q 350 for det 17. laveste året. Normalt vil denne ligge i nærheten av vassdragets midlere lavvannføring (5-15 % av midlere årsvannføring).

Ekspertmetoden

Ekspertmetoden går ut på å evaluere behovet for minstevannføring i et vassdrag ved hjelp av en faglig ekspertgruppe oppnevnt av Olje- og Energidepartementet (OED). Gruppen må ha en

relevant, tverrfaglig sammensetning. I løpet av en bestemt periode skal ekspertgruppa gjennomføre befaringer og enkle inventeringer i vassdraget. Faglige vurderinger skal i størst mulig grad erstatte vilkårlig skjønn, og kartlagte brukerinteresser og mål for bruk av vassdraget skal taes hensyn til. Gruppa skal fungere som en faglig instans og ikke delta i saksbehandlingen. NVE skal vurdere i hvilket omfang ekspertgruppa skal brukes i den enkelte sak. Ekspertgruppa skal rapportere til NVE som konsesjonsmyndighet.

BOGSAT/BOGSAR

BOGSAT står for "Bunch of guys sitting around a table" mens BOGSAR ("Bunch of guys standing along the river") representerer en mer vassdragsnær vurdering. Det vitenskapelige grunnlaget for metoden er noe tynt og kan synes å være en variant av ekspertmetoden.

"Vannverdi"

I Ziegler 1989 nevnes konseptet omkring "handel av vann" mellom regulant og ulike brukerinteresser, antageligvis inspirert av metodikk omkring kjøp og slag av kraft basert på vannverdivurderinger. Et fleksibelt reglement vil kunne tillate at en bestemt brukerinteresse kjøper vannslipp når regulantens forventede gevinsten av å produsere kraft er lavere enn interessentens betalingsvillighet.

4.4 Fisk og fiske

Fauna, og da spesielt laksefisk, har oftest vært den styrende faktor når det gjelder fastsettelse av minstevannføring basert på økologiske kriterier. Her til lands er det såkalt habitatmodellering som er den mest benyttede av de kvantitative metoder for vurdering av fiskeforhold i forbindelse med fastsettelse av minstevannføring. Det er miljøet rundt SINTEF Energiforskning (<http://www.energy.sintef.no/avd/Energisystemer/Hydrology/>) og NTNU Institutt for vann og miljøteknikk (<http://www.bygg.ntnu.no/ivb/>) som er ledende på utvikling og anvendelse av habitatmodellering. Selve modellverktøyet het i sin begynnelse Fysisk Beskrivende Vassdragsmodell (FBV-modellen), men omtales nå som Habitatmodellen.

Habitatmodelleringen baserer seg på den amerikanske IFIM-metodikken (Instream Flow Incremental Method) og går i korthet ut å modellerer de hydrauliske forhold (primært vannhastighet, dyp og substrat) som funksjon av vannføring. Man antar at de hydro-fysiske forholdene er styrende for habitatkvaliteten og man kobler strømningsparameteren med den undersøkte arts (som oftest laks før smoltifisering og/eller ørret) preferanser for de ulike hydro-fysiske variable. Basert på gjentatte simulering av ulike vannføring kan en delstrekning av en elv sitt totale gunstige habitat finnes. Metodikken er etterhvert benyttet i et relativt stort antall elver, slik som Gjengedal, Stjørdalsvassdrag, Mandalselva og Måna (Harby, 2000).

Det er forsøkt å overføre metodikken til andre akvatiske organismer i elver som bunndyr og begroing, men med begrenset suksess så langt.

4.5 Estetikk

Opplevelsen av et estetisk vakkert vassdragslandskap vil være gjenstand for subjektive vurderinger. Forsøkene som er gjort på å relatere estetikk til minstevannføring er oftest koblet til den hydro-fysiske variabelen "vanndekt areal". Denne variabelen kan beregnes ved hjelp av standard hydrauliske modeller som for eksempel HEC-RAS (http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/hec-ras/hecrasprogram.html). I prosjektet i Måna i Telemark (Harby, 2000) er HEC-2, forløperen til HEC-RAS, benyttet som en integrert del av Vassdragssimulatoren for å beregne nettopp vanndekt areal. For å anskueliggjøre effekten av et høyere vannspeil og dermed økt vanndekt areal bør resultatene

fra den hydrauliske modellen kobles med et GIS med en detaljert høydemodell, eventuelt med foto/video av de aktuelle delstrekningene.

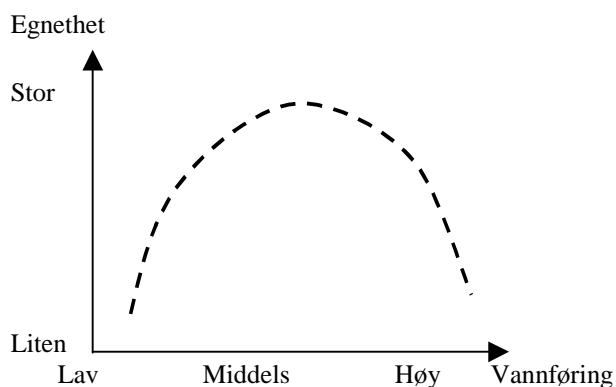
De er også utført studier i tilknytning til fossefall (for eksempel Vøringsfossen, Ziegler et al, 1989) for å anbefale slipp av en gitt vannmengde med den hensikt å opprettholde en viss estetisk kvalitet (lyd- og synsinntrykk).

4.6 Friluftsliv

Friluftsliv og rekreasjon er en svært viktig interesse i tilknytning til vann og vassdrag i Norge. Utøvere av friluftsliv og rekreasjon foretrekker områder og tilholdssteder for sine aktiviteter som er preget av visse funksjonelle egenskaper og miljøkvaliteter. Disse preferansene kan variere mellom ulike former for friluftsliv/rekreasjon og mellom utøverne av den samme aktiviteten, avhengig av f.eks. alder og ferdighetsnivå. Friluftsliv og rekreasjon har således sine "habitatskrav" på samme måte som fiske og vilt har krav til sine oppholdssteder og ferdselsruter (habitat), og det at dyrelivets krav skifter med individenes livssyklus (Teigland, J. 1992).

Vannføringen i et vassdrag vil således ha direkte og umiddelbare effekter for utøvelsen av friluftsliv både når det gjelder vannstrengen og langs elvebreddene. Vannføringen påvirker landkapsopplevelsen og spenningen ved å ferdes i stryk, kano og gummibåter, og dels ved å påvirke sannsynligheten for å få fiske og hvor lang tid det kan ta å ferdes langs elva. Vannføringen vil også ha indirekte og langsiktige effekter for friluftslivet. Flomvannføring kan påvirke vegetasjon og tilgroing langs elvekorridorer, og derved både ha konsekvenser for fremkommelighet, leirslagning og utsiktsmuligheter. Flom og isgang kan også påvirke elveløpets form og derved indirekte fremkommeligheten og landskapsopplevelsene. Vannføringsforholdene kan derved påvirke både kvalitetene som friluftsutøverne opplever og adferden til utøverne. Det aller meste av forskningen på feltet har imidlertid vært konsentrert om opplevelseskvalitetene og forsøk på å måle disse.

I følge Teigland (1992) viser en gjennomgang av faglitteraturen på feltet at det er problemer med både å måle kvalitetsnivå og eventuelle variasjoner i tid og rom når det gjelder kvaliteten av vassdrag i rekreasjonssammenheng. Felles for undersøkelsene som er publisert er imidlertid at sammenhengen mellom vannføring og kvalitet/egnetet har den samme "omvendte u-formen". Denne ikke-lineære u-formen gjelder uansett forskningsmetode, type av vassdrag og aktivitetsformer. Lave vannstander viser seg å være uakseptable; et sted mellom middels store vannføringer er det et optimum eller topp-kvalitetsnivå; og ved meget høye vannføringer blir vannføringen uakseptabel igjen.



Figur 4.1. Undersøkelser viser at middels høye vannføringer gir generelt det beste kvalitetsnivå for utøvelse av friluftslivs- og rekreasjonsaktiviteter knyttet til vassdrag, mens lave og meget høye vannføringer medfører redusert egnethet.

Dette er i overensstemmelse med den innledende hypotesen om en ikke-lineær sammenheng mellom vannmengde og egnethet, men kurvens form (f.eks. om den er u- eller s-formet) vil variere etter hvilken brukerinteresse det dreier seg om.

En økonomisk studie viser at vannmengdene er viktigere for vannavhengige enn vannberikede friluftslivs- og rekreasjonsaktiviteter. Brukerne villighet til å betale for økt vannføring var størst blant kajakkbrukere, vesentlig lavere blant fiskere, og relativt lav blant rekreasjonsutøvere som holdt til på strandbredden; dvs. vannføringen forklarte ca. 45% av variansen i betalingsvilligheten hos kajakkbrukere, men bare 20% blant fiskere og 5 % blant de som rekreaserte langs strendene (Daubert og Young 1981).

Et annet moment knyttet til reduksjon i vannføring er at ulempene for brukerne synes å være mindre når vannføringen endrer seg relativt langsomt, dvs. at brukerne får tid til å tilpasse seg endringene. Relativt store og raske endringer, hvor en tilpasning er vanskeligere, synes derimot å medføre større negative konsekvenser.

Dette betyr at forvaltningen av vassdrag i rekreasjonssammenheng i mindre grad burde være et spørsmål om å finne frem til en minstevannføring, men mer et spørsmål om hvilket kvalitetsnivå en skal tilrettelegge for friluftsliv og rekreasjon.

Hva som er høy-kvalitets vannføring generelt i vassdrag er det ikke sikre kunnskaper om. Nord-amerikanske forskere har konkludert med at eksisterende modeller har for liten treffsikkerhet til at en kan bruke disse ved vurdering av vannføringer. De modeller som er utviklet for padling ("padlebarhet") og bading i vassdrag inkluderer også andre egenskaper enn de rent hydrologiske, slik at det er mulig å rangere vassdrag etter den totalsummen av egenskaper vassdraget har ved ulike vannføringer. Den vekt en vil tillegge de ulike egenskapene kan tilpasses forholdene i det enkelte vassdrag og bør i tilfelle kalibreres gjennom enkle feltstudier.

De aller fleste av de nordamerikanske undersøkelsene har sett på endringer i "opplevd kvalitet" blant friluftslivsutøvere, mens svært få har tatt for seg endringer i bruksvolum. I Norge har endringer i bruksvolum som følge av miljøkvalitet vært undersøkt, men undersøkelsene har ikke spesifikt tatt for seg hydrologiske forhold. I rapporten "Prediksjon av bruksendringer - endringer i friluftsliv av vassdrag som følge av miljø- og vannkvalitetsforbedrende tiltak" (Sørensen og Magnussen 1993) fremgår det at dårlige miljøforhold er en vesentlig årsak til lav friluftslivsutøvelse (bruksfrekvens) i vassdrag. I områder hvor miljøforholdene i vassdragene er generelt dårlig, svarte 46% av de spurte at de ville bruke ferskvannsforkomster mer dersom kvaliteten ble forbedret. Selv om rapporten i

hovedsak har vurdert forhold knyttet til miljøkvalitet/vannkvalitet (forurensning) og ikke redusert miljøkvalitet som følge av redusert vannføring, så er det likevel grunn til å anta at også hydrologiske forhold påvirker både bruksomfang/ bruksfrekvens og tilfredshet blant brukerne.

4.7 Vannkvalitet

Reguleringer av vann og elver skjer i stor grad i fjellområder med liten menneskelig aktivitet, dvs. områder med liten forurensningsproduksjon. Dette medfører at vannkvalitetsendringer som følge av reguleringer generelt er av liten betydning. I lavereliggende strøk derimot kan reguleringer ha stor betydning på vannkvaliteten og brukerinteressene knyttet til vannkvalitet.

Økt vannføring som følge av økt påslipp på en strekning med minstevannføring fører generelt til økt fortykning av forurensende stoffer. En faglig utfordring er å finne mengden og fordelingen av vann som er nødvendig for å gjøre brukerne minst mulig skadelidende.

I tillegg til mengden av minstevannføringen kan overføring av vann med annen vannkvalitet fra andre deler av nedbørfeltet gi endring i både fysisk og kjemisk vannkvalitet i elven.

Mulige endringer i vannkvaliteten som følge av reguleringen kan være;

- økte konsentrasjoner av næringssalter og bakterier
- partikkelforurensning ved anleggsdrift og erosjon
- økte konsentrasjoner av tungmetaller
- økt effekt av forsuring
- introduksjon av nye arter

Økte konsentrasjoner av næringssalter og bakterier

Redusert vannføring i områder med stor forurensningsproduksjon fra andre aktiviteter (f.eks. husholdningskloakk, landbruksforurensning) kan gi økte konsentrasjoner av næringssalter og bakterier. Dette samt de fysiske forhold med mer stillestående og varmere vann kan føre til økt begroing i vassdraget. Økt begroing kan føre til ulemper for bading, fisking og båtliv.

Det kan også tenkes en forringelse av vannkvaliteten som følge av overføring av næringsrikt vann fra tettbefolkede områder til områder med mindre forurensning. Dette skjedde da Rena kraftverk kom i drift og en overførte Glommavann til den mer næringsfattige Storsjøen i Rendalen. Dette ga seg utslag i økt algevekst i Storsjøen, et forhold som bedret seg etter at det ble bygd renseanlegg langs Glomma.

Partikkelforurensning ved anleggsdrift og erosjon i reguleringssonen (partikler og organisk materiale)

Tunnelbygging, steinknusing og deponering av finere steinfraksjoner, kan gi kortvarig partikkelforurensning under og umiddelbart etter oppstarting av et nytt kraftanlegg, særlig i forbindelse med utspyling av tunnelsålen. Hovedproblemet er knyttet til nedslamming av eventuelle fiskeegg, larver og bunndyr i vassdraget nedstrøms utslippet. Erfaringer viser imidlertid at slike utslipp har kortvarig og lokal effekt. I tilknytning til fjellsprenning og boring er det indikasjoner på at visse steinfraksjoner kan skape problemer ved at de gir gjelleirritasjoner hos fisk. Undersøkelser fra Hekniutbyggingen i Otra viste derimot at partiklene fra anleggsvirksomheten hadde en positiv effekt på fisken ved at de bidro til en bedre kjemisk vannkvalitet i det sure vannet.

Økt partikkelkonsentrasjon i vann som direkte følge av reguleringer skjer vanligvis etter erosjon og utrasinger i reguleringssonen, spesielt i senkningsmagasin. Dette kan skje når magasin vannstanden tappes under den opprinnelige vannstanden i magasin med store

løsmasseavsetninger i reguleringssonen. Eksempler på dette er reguleringen av Devdisjavrre i Målselvvassdraget og Sandsavatn i Suldalsvassdraget. Det kan oppstå ulike grader av blakking av vannmassene i magasin og vannløpet nedstrøms. Fisk kan tåle relativt høye partikkelkonsentrasjoner og miljøeffektene er hovedsakelig knyttet til nedslamming, slipeeffekter og problemer for filtrerende zooplankton og bunndyr. Effekten av tilslammingen vil naturligvis variere med omfanget av erosjonen som igjen avhenger av reguleringsmåten og mektigheten av løsmassene.

Endringer i mengde og kvalitet av tilført organisk materiale fra ovenforliggende innsjøer kan også påvirke den biologiske artssammensetning i elven nedstrøms.

Økt konsentrasjon av tungmetaller

Tungmetallkonsentrasjonen påvirkes av reguleringer på tilsvarende måte som bakterier og næringssalter når vannføringen endres i områder med utslipp av tungmetaller fra gruvevirksomhet. Dette kan gi både positive og negative effekter avhengig av konsentrasjonsendringer.

Endret effekt av forsuring

Som for de andre forurensningene som er omtalt, forårsaker ikke vassdragsreguleringen i seg selv forsuringen. Denne kommer via nedbøren, men idet reguleringer har innvirkning på fordelingen av vannet, er forsuringen en viktig faktor som det bør tas hensyn til under manøvreringen av vassdragene. Her gjelder ingen generelle regler, men effekten av reguleringen kan forsterke eller redusere forsuringen avhengig om vann overføres mellom vassdrag med ulik vannkvalitet. Tilsvarende kan magasinering påvirke sure episoder, som ofte er kritiske for fisk, ved måten surt vann magasineres på.

Endrede temperaturforhold

Ved siden av endret vannføring er det eventuelle endringer i vanntemperaturen i elven som påvirker bl.a. bunndyrene mest ved en regulering. I elver med utslipp fra en kraftstasjon som har tilløp fra et stort reguleringsmagasin kan elvevannet bli kaldere om sommeren og varmere om vinteren i forhold til naturtilstanden.

Tilsvarende kan elvestrekninger med redusert vannføring få høyere vanntemperatur om sommeren. Disse forholdene påvirker både biologisk artssammensetning og produksjon, ved at nye arter som er bedre tilpasset de nye forholdene blir dominerende. Mange norske elver, særlig langs vestkysten har i naturtilstand få arter og lave tettheter av f.eks. bunndyr som følge av de ekstreme fysiske forholdene som store svingninger i vannføringen medfører. Ved utjevning av vannføring ved en regulering blir forholdene mindre ekstreme og bunndyrtettheten, særlig av små former, kan øke.

Andre forhold som kan påvirke vannkvaliteten i et regulert vassdrag

I konsesjonsbetingelsene kan det inngå avbøtende tiltak som må gjennomføres for å bedre vannkvaliteten i et regulert vassdrag. Det kan også tenkes andre tiltak som blir gjort enn de som er fastsatt gjennom reguleringen som vil forbedre vannkvaliteten, eksempelvis oppgradering av separate avløpsanordninger eller etablering av buffersoner/vegetasjon i tilknytning til landbruksområder.

4.7.1 Brukerinteresser tilknyttet vannkvalitet

Brukerinteressene som er knyttet til vannkvalitet på en elvestrekning kan være;

- vannforsyning til drikkevanns formål
- jordvanning
- fiske, rekreasjon og friluftsliv

- økologisk status, naturvern

Drikkevann

Det er særlig dersom vannkvaliteten har høye konsentrasjoner av bakterier, humus, partikler eller er svært surt, at det regulerte vannet ikke kan brukes som drikkevann. Inntaket for vannforsyning med drikkevanns formål vil mest sannsynlig bli flyttet i forbindelse med en regulering av elven, siden vannforsyningen vil kreve en jevn tilgang på vann. Konfliktgraden vil således generelt være ganske lav.

Jordvanning

For å bruke vannet til jordvanning er det satt visse normer når det gjelder næringssalter og bakterier for at vannet skal være egnet til jordvanning (SFT 1997). Et stort uttak av vann til dette formålet kan også forverre vannkvaliteten nedstrøms inntaket.

Fiske, rekreasjon og friluftliv

Dårlig eller varierende vannkvalitet vil selvsagt ha en betydning på fiskebestander i elven. Økt begroing som resultat av endret vannkvalitet kan også redusere adkomsten til fiskeplasser.

Om elven er egnet for bading vil særlig være avhengig av bakterieinnholdet, men et høyt innhold av partikler kan også redusere egnetheten til bading.

Vannforekomsten brukt som rekreasjon kan få en forringet kvalitet dersom økt begroing og tilslamming gir elvestrengen et mindre tiltalende utseende. Men dette vil være i ekstreme tilfeller. Men før vannkvaliteten "skremmer bort" folk, har nok forhold som redusert vannmengde og usikkerheten med å oppholde seg i et regulert område gjort det.

Økologisk tilstand og naturvern

Vannkvaliteten er selvsagt avgjørende for artsmangfoldet og den økologiske statusen i elva. Norge har noen av de største og mest mangfoldige vassdrags- og fosselandskap i verden. Av ca. 240 norske karplanter som er knyttet til norske vassdrag, faller 30 % innen IUCN's vernekategorier. Norge har også flere fastsittende alger enn det som er vanlig i internasjonal sammenheng. Mange sjeldne arter innenfor flere dyregrupper hører til i norske vassdrag. 27 av 46 fuglearter som er regnet som sårbare, sjeldne eller truede er knyttet til vassdrag (Selvig 1992). Dersom produksjonsarealet for planter og dyr blir mindre i elvene nedenfor magasinene vil fiskeproduksjonen reduseres. Det vil kunne skje en forskyvning innenfor fiskesamfunnet fra strømkrevende arter som laks, harr og ørret til arter som ørekyt, gjedde, lake og sik. Et vassdrags verneformål kan være som et referansevassdrag, typevassdrag eller som et vassdrag med særlige kvaliteter.

4.7.2 Vannkvalitet som grunnlag for å fastsette minstevannføring

Fagutredninger spesifikt på vannkvalitet i forbindelse med en konsekvensanalyse kan komme med en anbefaling av minstevannføringen. Vannkvaliteten har gjerne blitt overvåket en stund før reguleringen, under anleggsperioden og etter at anlegget er ferdig. Erfaringer med vannkvalitetsendringer etter regulering fra andre vassdrag i området vil også bli lagt stor vekt ved fastsettelse av minstevannføringen.

Ved bruk av vannkvalitetsmodellen QUAL2E i Måna-vassdraget, ble vannkvaliteten (fosfor, nitrogen og bakterier) simulert ved ulike scenarier for minstevannføring. En økning av minstevannføringen ut over 1 m³/s viste seg ikke i betydelige forbedringer i vannkvaliteten. Siden simuleringen var beheftet med en del usikkerhet, ble 2 m³/s valgt som anbefaling som minstevannføring med hensyn til vannkvaliteten (Tjomsland 1998). QUAL2E krever daglige

verdier av vannføring og vannkvalitet som inngangsparameter, noe som vanligvis ikke eksisterer for vannkvalitetsparameter, og må derfor benyttes interpolering/ekstrapolering for å skaffe nok verdier til veie for å kjøre modellen.

4.8 Dimensjonsløs ulempefunksjon

En tilnærming til systematisk å vurdere de totale miljøulemper kan være å utvikle "ulempefunksjoner" for hver enkelt brukerinteresse/kvalitet relatert til en endring i vannføring. Ulempefunksjonen kan variere fra 0 til 1 hvor 0 innebærer ingen ulempe (ingen reduksjon av denne interessens verdi), mens 1 innebærer at interessens verdi er fullstendig forringet. Dette er gitt som "ulempeverdi" i de påfølgende figurer (4.2-4.4). X-aksen indikerer hvor stor andel av naturlig vannmengde som er fjernet. 0 % innebærer ingen reduksjon i vannføring, mens 100 % er et tørt elveleie. Eksempelene i figur 4.2-4.4 viser kurver for "Bading", "Fiske" samt totalfunksjonen, og er basert på tilfeldig valgte verdier for å illustrere metodikken. Årsaken til at skalaen 0 til 1 er valgt, med 1 representerende ingen reduksjon av (bruks)kvaliteten, er for å enklest mulig kunne behandle funksjonen matematisk.

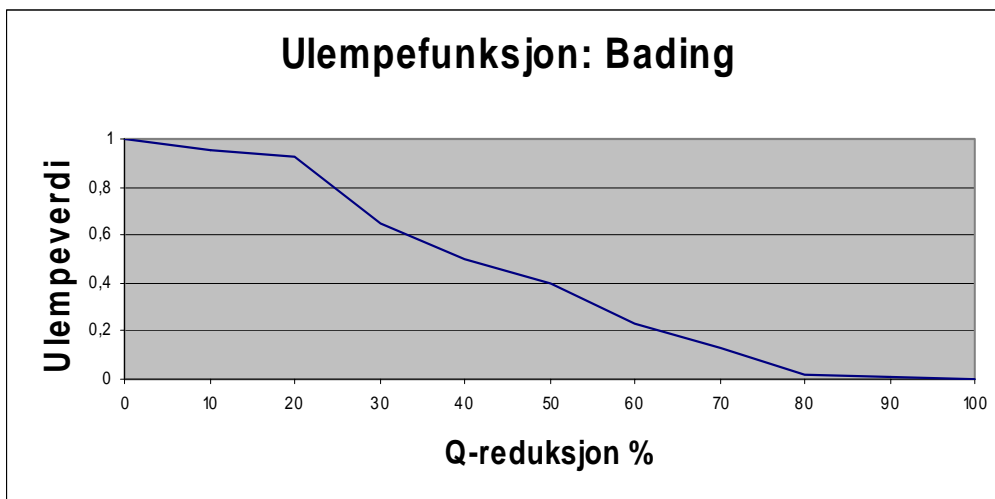
For "Bading" (figur 4.2) ser vi at ulempen er ganske svakt økende fram til en 20 % reduksjon, fra 20 % til noe over 30 % reduksjon øker ulempen raskere. Ved et bortfall av 80 % av vannmengden er ulempen tilnærmet total, det vil si kun en marginal gjenværende nytte med tanke på "Bading". I anvendelsen av kurven betyr dette at det er ikke er en vesentlig reduksjon i badekvalitet om 20 % av vannet ledes vekk fra elva. Ved bortfall av 80 % av vannet kan også de resterende 20 % tas bort ettersom dette ikke vil forverre situasjonen for denne brukerinteressen nevneverdig, ettersom nytten allerede er marginal.

Tolkningen av kurven for "Fiske" (figur 4.3) er helt analog. Som et tillegg til ulempekurven er det satt inn en trendlinje av 2. ordens polynom. Dette muliggjør en matematisk behandling av kurven med den hensikt å for eksempel finne områder hvor graden av ulempe øker/avtar. Dette kan utføres ved en derivasjon av trendlinja. Dette er omtalt mer i detalj i kapittel 5.

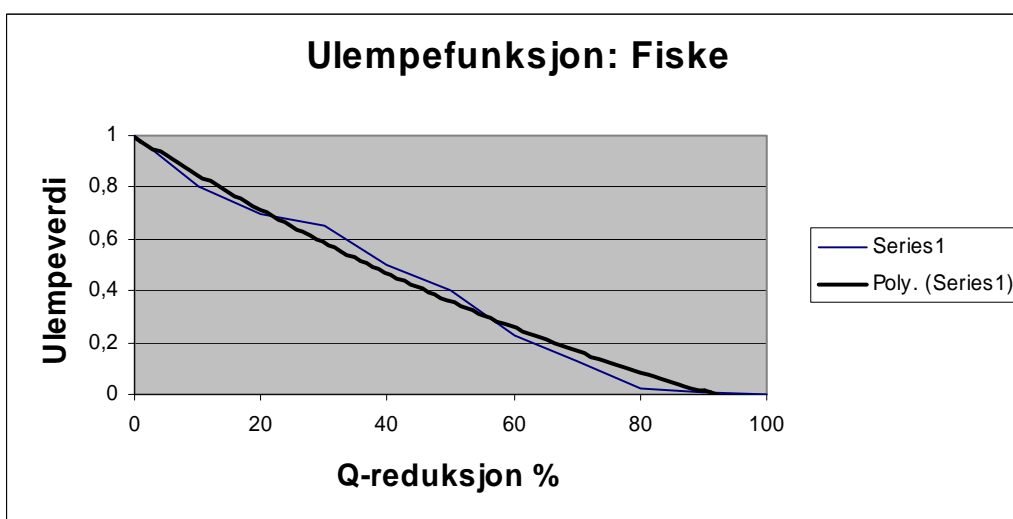
På denne måten kan hver interesse/kvalitet få sin egen kurve. De ulike kurvene må deretter gis bestemte vektore avhengig av interessens relative betydning i den helhetlige vurderingen, se også avsnitt 4.9 om vekting. Kurvene vektres og en totalkurve (figur 4.4) utarbeides.

Hvordan kurvene ser ut vil følgelig variere fra vassdrag til vassdrag. Kurvene må også kunne konstrueres slik at de kan ta opp noe av dynamikken over året slik at sesongkurver kan utarbeides. Et framtidig verktøy må uansett ha en generisk natur slik at det kan overføres fra en lokalitet til en annen og kunne justere kurvenes form basert på den aktuelle elva som betraktes. Kurvene kan utarbeides av eksperter innen de forskjellige brukerinteresser/kvaliteter, mens vektingen av interessene bør avklares gjennom diskusjoner med alle involverte brukere/fagfolk tilstede.

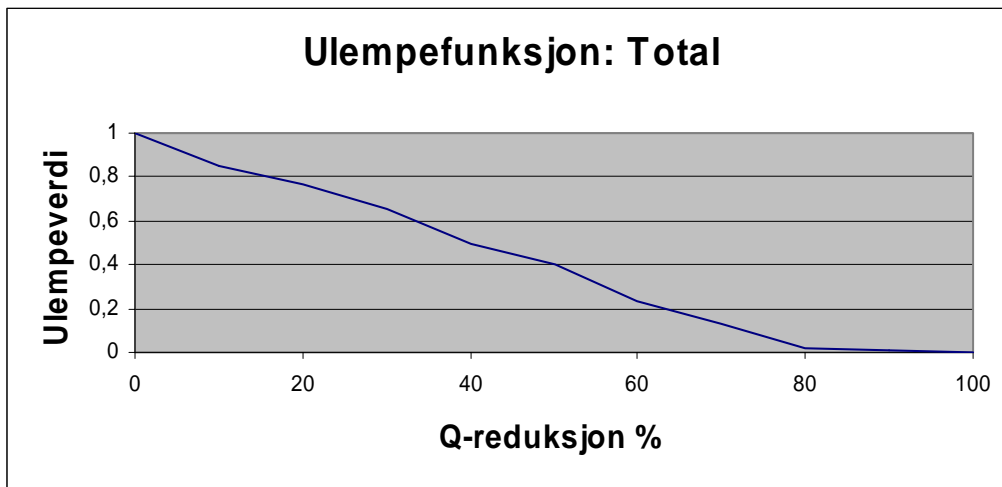
Det poengteres at kurvene gitt i eksemplene er framstilt kun for å vise konseptet og kan ikke tolkes som generelle kurver eller kurver gyldige for en bestemt elv. Ved en eventuell bruk av konseptet må kurvene tilpasses de lokale forhold. Totalkurven som er gitt i figur 4.4 er dessuten basert for flere interesser enn de viste interessene "Bading" og "Fiske".



Figur 4.2. Ulempekurve for brukerinteressen "Bading". Ulempeverdi = 1 innebærer ingen reduksjon i interessens kvalitet, mens ulempeverdi = 0 indikerer ingen gjenværende (bruks)verdi. 0 % reduksjon i vannføring (Q) innebærer ingen endring i det hydrologiske regimet, mens Q -reduksjon = 100 % representerer fullstending tørt elveleie.



Figur 4.3. Ulempekurve for brukerinteressen "Fiske". Den kraftigste av kurvene viser en glattet trendlinje av 2. ordens polynom. Ulempeverdi = 1 innebærer ingen reduksjon i interessens kvalitet, mens ulempeverdi = 0 indikerer ingen gjenværende (bruks)verdi. 0 % reduksjon i vannføring (Q) innebærer ingen endring i det hydrologiske regimet, mens Q -reduksjon = 100 % representerer fullstending tørt elveleie.



Figur 4.4. Vektet og total ulempekurve basert på et antall brukerinteresse, herunder Bading og Fiske. Ulempeverdi = 1 innebærer ingen reduksjon i interessens kvalitet, mens ulempeverdi = 0 indikerer ingen gjenværende (bruks)verdi. 0 % reduksjon i vannføring (Q) innebærer ingen endring i det hydrologiske regimet, mens Q-reduksjon = 100 % representerer fullstending tørt elveleie.

Det må poengteres at konseptet omkring ulempekurver selvfølgelig er et svært forenklet bilde av en langt mer kompleks helhet, men vil kunne være et nyttig verktøy i en beslutningsprosess. De bakenforliggende funksjoner vist i figur 4.2-4.4 er svært enkelt lagd i Excel.

Metodikk som dette vil også kunne overføres til andre tiltak enn reduksjon i vannføring, for eksempel effekter av reduksjoner i utslipp av forurensende stoffer, og kan muligens også kunne benyttes i kystsonoplanlegging.

Det er ingen kjente publikasjoner på denne framgangsmåten for å fastsette minstevannføring, men den skisserte metodikken er inspirert av Børset et al, 1989, som med utgangspunkt i kartlagte brukerinteresser vektet vannkvalitetsparametre (TotP, T-Koli, etc) for vurdering av tiltak.

4.9 Vekting av interesser

En samlet vurdering av de totale ulempe som følge av reduksjon i vannføring i et vassdrag vil måtte ta utgangspunkt i en vekting av interessene i henhold til de enkelte interessenes betydning og omfang i vassdraget (f.eks. målt i bruksvolum), samt grad av avhengighet av vannføring/hydrologiske forhold. Som beskrevet i kap. 4.6 er betydningen (målt i betalingsvillighet) av vannføring større for kajakkbrukere (brukere av selve vannstrengen) enn for friluftaktiviteter som er mer knyttet til strandsonen (f.eks. bading). Når det gjelder bruksvolum innen de enkelte interessene, så fremgår dette av den offentlig friluftstatistikken og levekårsundersøkelsene.

En sammenligning av forskjellige vassdrag med forskjellige brukerinteresser vil derfor kunne gi ulik grad av ulempe i henhold til type interesser (grad av vannavhengighet) og interessenes omfang. I et vassdrag som er svært godt egnet for kano- og kajakkpadling og med et stort antall brukere/bruksfrekvens vil en gitt reduksjon i vannføring kunne medføre en større total

ulempe enn samme reduksjon i vannføring i et vassdrag hvor det drives aktiviteter som er mindre vannavhengige og hvor bruksvolumet er lavt.

Med utgangspunkt i kunnskap (statistikk) om bruksvolum/utbredelse av de enkelte friluftslivsaktivitetene på landsbasis og interessenes grad av vannavhengighet, er det mulig å sette opp en generell hypotetisk "vektingsmatrise" (se tabell 4.2).

Tabell 4.2. Hypotetisk vektning av brukerinteresser knyttet til vassdrag i henhold til bruksvolum/omfang og grad av vannavhengighet. Vektskala 1-3 (3 = størst bruksvolum, vannavhengighet). Vektene er i denne sammenheng skjønnsmessig fastsatt.

Friluftsliv Brukerinteresser	Bruksvolum (landsbasis)	Vann- avhengighet	Samlet (gjennomsnitt) vekt
Kanopadling	2	3	2,5
Fritidsfiske	3	2	2,5
Bading	3	2	2,5
Rafting	1	3	2
Kajakpadling	1	3	2
Spaserturer og strandopphold	2	1	1,5
Naturstudier, foto	1	1	1
Leirslagning på strandbredden	1	1	1

En slik vektingsmatrise vil måtte tilpasses det enkelt vassdrag eller typer eller grupper av vassdrag med fellestrekk dersom den skal ha konkret nytteverdi.

Relatert til ideene gitt i avsnitt 4.8 (ulempenfunksjon) kan kolonnen gitt som "vannavhengighet" i tabell 4.2 tolkes som en forenklet og konstant ulempefunksjon. En svært vannavhengig (gitt verdi = 3) interesse vil muligens ha tydeligere knekkpunkter på kurven og vil ganske sikkert bli gitt ulempeverdi = 0 tydelig før alt vannet er tatt vekk fra elva (markert før vannføringen er redusert til 0 % av naturlig). En interesse med lav vannavhengighet vil ha en kurve tilnærmet en rett linje fra ulempeverdi = 1 (ved 0 % reduksjon) til ulempeverdi = 0 (ved 100 % reduksjon). Brukervolum, gitt i samme tabell, kan tas hensyn til i prosessen når den enkelte interesse gis en vekt som inngår i totalkurven.

En annen måte å vekte på er å ta utgangspunkt i miljøforholdene, i denne sammenheng vannføringen. Eksempelvis kan en bestemt vannføring ha ulik "vekt" i forhold til ulike interesser. Høy vannføring (og dermed høy vannhastighet) kan vektes høyt i forhold til aktiviteter som rafting og kajakpadling, men gis lav vekt i forhold til aktiviteter, f.eks. bading, som foretrekker mindre og roligere vann. Relatert til ulempefunksjonene, forklart i avsnitt 4.8, vil bading og dets ulempefunksjon med preferanse for lavere vannføring ha høyest verdi når vannføringen er redusert i forhold til det naturlige.

Vekting er vanligvis nyttet i konsekvensutredninger der en vekt betydning og verdi av ulike interesser eller tema i forhold til hverandre og også miljøkonsekvensene. Av andre eksempler som har særlig relevans for problemstillingen er vektning av miljøtilstand i forhold til ulike brukerinteresser. Dette er beskrevet i rapporten "Sammenstilling og sammenveing av miljøinformasjon- prioritering av vassdrag i Aust-Agder med tanke på miljøforbedrende tiltak" (Sørensen og Gulbrandsen 1990). I denne undersøkelsen har en tatt utgangspunkt i at ulike miljøtilstander har ulik betydning for forskjellige interesser. F.eks. er verdimålet/parameteren "forsuring" vektet høyere for fritidsfiske enn for bading, fordi forsuring ansees å være et større miljøproblem for fisk(e) enn for badeaktiviteter. På samme

måte er "bakterieinnhold" vektet høyere for bading enn for fiske, da koliforme bakterier normalt utgjør en større (helse)risiko for badende i forhold til fiske og konsum av fisk.

Ved utforming av ulempekurver må det eventuelt utvikles et system for vekting som er funksjonelt og som et mest mulig riktig bilde av de reelle forhold. De ulike metodiske innfallsvinkler som er presentert ovenfor vil i den sammenheng ha både fordeler og ulemper.

4.10 Fuzzy logic

Fuzzy logic er en metode som ble utviklet midt på 1960-tallet. "Fuzzy sett" har i motsetning til tradisjonelle sett ikke absolutte verdier, men glidende overganger mellom medlemskap og ikke-medlemskap (Ratnaweera, Olafsson, 1996). Dette innebærer at metodikken kan brukes til å representere prosesser man ikke har absolutt kunnskap om overgangen fra en fase/tilstand til en annen. Et eksempel kan være der man ønsker å klassifisere forholdene for fisk som en funksjon av vannføring og man ikke vet hvorvidt et gitt antall m³/sek representerer et godt eller middels godt fiskehabitat. For å representere disse uklare, glidende overganger kan man benytte "fuzzy sett". Man tar dermed vare på de kjente hovedtrekkene i forståelse av en bestemt prosess (for eksempel fiskehabitat som funksjon av vannføring), men samtidig usikkerheten omkring grensene for endringer i habitatkvalitet beholdes.

Ideene omkring fuzzy logic vil kunne passe for å beskrive ulike brukerinteresser i vassdrag ettersom man gjerne har en viss følelse med hvordan en bestemt brukerinteresse vil påvirkes av endringer i vannføring. Samtidig har man sjelden kunnskap om absolutte overganger for når og hvordan verdien/kvaliteten i tilknytning til brukerinteressen påvirkes. Det er imidlertid ukjent for forfatterne hvorvidt fuzzy logic-metoden noensinne er benyttet i forbindelse med fastsettelse av minstevannføring hvor vurdering av et antall brukerinteresser/kvaliteter inngår.

5. Implementering av metode i IT-verktøy

På tross manglende metodegrunnlag er det gjort et enkelt forsøk på å implementere noen av ideene fra prosjektforslaget og metodene skissert i et IT-verktøy. Det er særlig ideene gitt i avsnitt 4.8 som er blitt benyttet som utgangspunkt for et verktøy. Metoden har som nevnt tidligere i notatet en del likheter med metodikk skissert av Børset et al 1989, bortsett fra at Børset håndterer flere variable (kl-a, tot P, termotolerante bakterier, miljøgifter), mens dette prosjektet fokuserer på kun én variable, vannføring.

Metoden er enkelt implementert i et Excel regneark som vist i avsnitt 4.8. I tillegg til automatisk uttegning av graf basert på 2 eller flere punkt (2 eller flere punkter som angir ulempe som en funksjon av relativ vannføringsreduksjon), er det gitt mulighet for å gi den enkelte en vekt utfra interessens relative betydning. Dette multipliseres opp i en graf som viser totalbildet (figur 4.4) for hvordan total ulempe varierer som en funksjon av reduksjon i vannføring.

Det vil være relevant å finne hvordan grenseulempen varierer med redusert vannføring, eventuelt enda tydeligere hvor knekkpunkter på kurven opptrer for å avdekke hvor større endringer i totalnytte inntreffer. Dette kan man gjøre gjennom en kurvetilpasning på totalkurve. Man kan tilpasse for eksempel en kurve av 2. orden polynom og få ut en ligning på formen

$$y = ax^2 + bx + c$$

hvor a, b og c er kjente. Denne kan deretter deriveres med hensyn på x og overganger mellom økende og avtagende tendenser vil framtre. Det vil naturligvis også være mulig å konstruere grenseverdier for hva som er akseptabel reduksjon i nytte, for eksempel basert på at bestemte interesser aldri skal underskride bestemte "score values". En annen test som vil være interessant å implementere på kurven for totalulempe kan være å identifisere områder hvor bestemte interesser faller særlig raskt.

Når det gjelder å implementere ideene gitt i avsnittet om fuzzy logic (avsnitt 4.10) er nok dette mer komplisert og vil kreve utvidet kompetanse på metodikk. Det eksisterer imidlertid en god del ferdigutviklede applikasjoner som er gratis tilgjengelig på Web, for eksempel fra følgende

web-adresse:
<http://www.emsl.pnl.gov:2080/proj/neuron/fuzzy/systems/shareware.html>. Det er foreløpig ikke gjort noe konkret forsøk på å teste ut hvorvidt det vil lykkes å implementere "vårt beslutningssystem" ved hjelp av noen av disse programmene.

6. Diskusjon og konklusjon

Tilgjengelig kildemateriale viser at det eksisterende metodegrunnlaget for bestemmelse av minstevannsføring basert på brukerinteressenes krav er svakt. For det første finnes ingen standardisert måte å definere vassdragsrelaterte brukerinteresser/kvaliteter på. En gjennomgang av utvalgte utredninger viser at det er lite sammenfall i identifisering av interesser, selv om det tas hensyn til at en og samme interesse kan være formulert forskjellig. Det er også et metodisk problem at samvirket mellom ulike interesser ofte ikke er definert. Vannkvalitet, som ofte er identifisert som en viktig interesse/kvalitet i seg selv, er et særlig viktig aspekt for å vurdere økologisk tilstand, og påvirker også interesser som friluftsliv, rekreasjon, fiskeforhold, vannforsyning, osv. På lignende måte vil fiskeforholdene påvirke kvaliteten av friluftsliv og rekreasjon. Ved en vekting og totalvurdering av interesser for å fastsette minstevannsføring er det viktig at disse innbyrdes avhengigheter kartlegges.

Videre er det metodiske svakheter ved fastsettelse av den enkelte interessens krav til vannføring. Enkelte av interessene har tydelig uttrykte krav som for eksempel vannforsyning til husholdninger, jordvanning og industri, eller bruk av elva som resipient for avløpsvann. En økonomisk verdsetting av disse interessenes krav kan relativt enkelt utføres ved å se på alternative kilder/resipienter eventuelt rensing av avløpsvann. Når det gjelder å anslå vannkvalitet som funksjon av vannføring finnes det idag et utall datamodeller som kan håndtere dette, med varierende grad av presisjon. Det er uklart hvor gode disse er for "tynt norsk vann" når kravene til prosessbeskrivelse går utover rene fortynningsbetraktninger. For fastsettelse av minstevannsføring basert på unglaks og ørret sine habitatpreferanser så arbeides det med å utvikle metodikken til å kunne anvendes på lengre elvestrekninger utover representative strekninger på opptil noen hundre meter. Metodikken vil da forhåpentligvis benyttes til å fastsette fiskeri-økologisk tilstand.

Når vi beveger oss over i de interesser hvor den menneskelige opplevelse av elva og vannføring kommer inn i bildet, som for eksempel friluftsliv og estetikk, blir usikkerheten omkring krav til vannføring svært usikker. Mennesker opplever naturen forskjellig og for noen vil bevisstheten om at vannføringen er ulik den naturlige være nok til å redusere kvaliteten. Kvaliteter relatert til bevaring av landskapsvern og naturens unike eksistens er naturlig nok vanskelig koble med reduksjoner i vannføring, og særlig eksistens relateres ofte til urørt natur og bør muligens anses som tapt så snart det er en menneskelig manipulasjon av vannføring.

For å kunne utføre helhetsvurderinger ved bruk av for eksempel ulempefunksjoner må de ulike interessene vektas. Det eksisterer lite metodisk dokumentasjon på dette området. Bruk av panel bestående av både eksperter, interessenter og beslutningstagere som diskuterer seg fram til kompromisser later til å være en mye benyttet arbeidsmåte.

Ved fastsettelse av minstevannsføring betraktes ofte kravene til vannføring som konstante over året. Dette er imidlertid for mange interesser en unøyaktig antagelse. For eksempel vil kravene til vannføring i forbindelse med bading kun være aktuelle noen måneder i løpet av året. Enkelte interesser vil også ha eksplisitte krav til variasjon i vannføring, for eksempel for å lokke gyteklare fisk oppover i elva, spyleflommer for å hindre uønsket begroing, osv. Den skisserte metodikk omkring ulempefunksjoner betrakter kravene til minstevannsføring som krav til den absolutt minste og konstant vannføring. For å kunne håndtere tidsdynamikk som antydnet over trengs metodiske forbedringer. En måte å tilnærme seg dette på kunne være å utvikle ulike sesongkurver (vår, sommer, høst, vinter). Dette vil ikke løse alle problemene som nevnt over, men vil kunne imøtegå problemet med å håndtere interesser ulike, innbyrdes vekt på forskjellige tider av året. Eksempelvis kan et område være svært viktig som

rekreasjonsområde på sommeren, men ha mindre betydning som rekreasjonsområde på vinteren.

Analogt gjelder for problemet med håndtering av tid, vil en ulempefunksjon for en enkelt interesse kunne variere fra en del av elva til en annen. Dette kan vanskelig løses ved å klassifisere elva i ulike typer (eksempelvis strykpartier, stilleflytende, tilgjengelig/utilgjengelig, fin sand, store steiner, etc) ettersom de ulike interessene ville kunne kreve forskjellig system for klassifisering. Det later derfor til at det vil være mest hensiktsmessig å generere kun én kurve pr elv pr interesse, og eventuelt pr sesong.

På tross av en rad identifiserte metodiske problemer representerer utvikling av ulempefunksjoner et steg i retning av å kvantifisere de ulike interessers krav til vannføring. Ekspertene vil tvinges til å tenke kvantitativt og et beslutningsgrunnlag vil gjøres mye tydeligere for alle berørte parter. Metoden har også den styrke at den støtter vurdering av en interesse selv om utsagnskraften kan variere. Kurvene kan skisseres basert på eksperterens enkle betraktninger omkring hvordan en interesses kvalitet varierer med vannføringsreduksjon, eventuelt tegnes basert på omfattende detaljstudier (for eksempel habitatmodellering). Etterhvert som ytterligere detaljstudier reduserer usikkerheten, vil imidlertid presentasjonsmåten, i form av ulempekurver, kunne beholdes og inngå på uendret måte i en totalvurdering. For å anskueliggjøre en usikkerhet kan ulempefunksjonen enkelt presenteres som et bånd i stedet for en linje, hvor tykkelsen på båndet vil indikere usikkerheten.

Konseptet med å ta utgangspunkt i ulike brukerinteressers, inkludert vassdragsøkologiske, krav til vannføring synes å være den beste tilnærming til problematikken med fastsettelse av minstevannføring. Pr idag synes det ikke å være etablert en helhetlig metodikk for å bestemme vannføringen utfra en helhetlig vurdering. Metodegrunnlaget bør derfor utvikles før det er relevant å utvikle avanserte IT-baserte verktøy. Implementasjonen av EUs vanddirektiv og kommende hjemfall av konsesjoner aktualiserer utvikling både av metodikk og verktøy.

7. Referanser

Børset, E., Gulbrandsen, R. og Holtan, H. 1989 Sammenhenger mellom utslipp, vannkvalitet og brukerkrav i Mjøsa. NIVA-rapport 2303. 51 s. ISBN 82-577-1605-7.

Daubert, J.; Young, Y. 1981. Recreational demands for maintaining instream flows: a contingent valuation approach. American Journal of Agricultural Economics. 63 (4): 666-675.

DHI, produsent av Mike Basin: www.dhi.dk

ENMAG/NMAG, Kraftverks- og vannmengdemodellen (hjemmesiden der den inngår som en delmodell av Vassdragssimulatoren):
(<http://www.sintef.no/units/civil/water/rss/interact/enmag/enmag.htm>)

Faugli, P.E. (red.) 1997. Fastsettelse av minstevannføring på faglig grunnlag i tidligere regulerte vassdrag. Ekspertmetoden. Effektivt Energisystem – et forskningsprogram i samarbeid med Norges forskningsråd og energiforsyningen, ENCO rapport, 13 s.

Harby, A. (red) 2000. Vassdragssimulatoren for Måna. Hovedrapport. STF22 A00407.

High Performance System inc., USA, produsent av Stella: <http://www.hps-inc.com/>

Norges Offentlige Utredninger NOU 1994:12. Lov om vassdrag og grunnvann.

Ratnaweera, H. og Olafsson, F.1996. Fuzzy kontroll i vannbehandling. Forprosjekt. NIVA rapport Lnr 3393-96.

Råheim, J.M. og Thaulow, H.1979. Offentlig forvaltning av vannressursene. Status 1. mars 1979, NIVA-rapport 1119, 92 s.

Samlet plan for vassdrag. Stortingsmelding nr. 63 (1984-85), Stortingsmelding nr. 53 (1986-87), Stortingsmelding nr. 60 (1991-92).

Selvig, E. 1992. Verdien av norsk vassdragsnatur i internasjonal sammenheng. Serie A nr. 1/92. Senter for utvikling og miljø. Universitetet i Oslo.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Veiledning 97:04, 31 s.

SINTEF Energi, utvikler av Vassdragssimulatoren:
(<http://www.sintef.no/units/civil/water/rss/>)

St meld 42 (2000-2001). Biologisk mangfold, Sektoransvar og samordning.

Sørensen, J.; Gulbrandsen., R.1990. Sammenstilling og sammenveining av miljøinformasjon. Prioritering av vassdrag i Aust-agder med tanke på miljøforbedrende tiltak. BBV-rapport nr. A1 1990. MK32.26355.

Sørensen, J., Magnussen, K.1993. Prediksjon av bruksendringer. Endringer i friluftsbuk av vassdrag som følge av miljø og vannkvalitetsforbedrende tiltak. BBV-rapport, MK32.24332.

Teigland, J.1992. Friluftslivets krav til vannføring. En kunnskapsoversikt med modeller til vassdragssimulering. Telemarksforskning. Bø i Telemark. ISBN 82-7401-067-1.

Tjomsland, T.1998. Simulerte effekter av minstevannføringspåslipp på vannkvaliteten i Måna. NIVA-rapport Lnr. 3831-98, 74 s.

US Army Corps of Engineer, utvikler av HEC-RAS.
http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/hec-ras/hecrasprogram.html

Ziegler T (red.) 1989. Sluttrapportene "Minstevannføringer 1-3", MVU-rapport nr. A12a-c, Oslo.

Østrem, G. (red.) 1993. Ferskvannstesaurus. En første, foreløpig del av Norsk miljøtesaurus. NVE-publ. 18-1993, 236 s.

Appendix: Resultat av litteratursøk

Databaser og søkekriterier

Det er gjort et enkelt litteratursøk ved hjelp av BIBSYS og Cambridge Science Abstracts (CSA) for å få en oversikt over eksisterende kunnskap og dokumentasjon til bruk i prosjektet. BIBSYS dekker alle viktige litteraturbaser og kilder nasjonalt, inklusive universiteter og høyskoler. Det er særlig fokusert på friluftaktiviteter knyttet til vassdrag og aktivitetenes krav til vannmengde og vannføring i vassdrag. De søkeord som er brukt er: friluftsliv, rekreasjon, hydrologi, vannføring, vassdragsregulering, virkninger, konsekvenser, effekter. Engelske søkeord: recreation, outdoor recreation, hydrology, river, flow, waterflow, regulation.

Det finnes en god del litteratur basert på empiriske undersøkelser/brukerundersøkelser på kartlegging av sammenheng mellom friluftsliv/rekreasjonsaktiviteter og miljøkvalitet, herunder vannkvalitet i vassdrag. Når det gjelder sammenheng mellom vannføring (i regulerte vassdrag) og friluftsliv så synes det å være gjennomført få norske studier som er publisert. Det er kun funnet én referanse som har direkte relevans til problemstillingen: "Friluftslivets krav til vannføring: en kunnskapsoversikt med modeller til vassdragssimulering" av Jon Teigland.

Internasjonalt er det publisert en del rapporter og artikler (engelskspråklige), med relevans for temaet, men spørsmålet er hvorvidt resultatene fra disse lar seg overføre på norske forhold. Det er ikke gjort noen vurdering omkring dette. Resultatet er listet ustrukturert og uten tanke på prioritering.

Bedre Bruk av Vassdrag (BBV):

Ingen av prosjektene i forskningsprogrammet synes å ha direkte relevans for problemstillingen, men følgende kan inneholde noe aktuell informasjon:

Fosdal, M., Erlandsen, A., Ibrekk, H.O., Lingaas, O., Olaussen, E., Sande, H.F., Sælthun, N.R., og Vaskinn, K.: Plan for utvikling av vassdragssimulator for flerbruksplanlegging og drift av vassdrag. Vassdragsregulantenenes forening. Asker 1990.

BIBSYS:

Følgende referanser av mulig interesse ble funnet (sortert etter antatt relevans):

Friluftslivets krav til vannføring : en kunnskapsoversikt med modeller til vassdragssimulering / av Jon Teigland. Rapport / Telemarksforskning. Bø ; nr 65, Bø : Telemarksforskning, 1992. 48 s. 82-7401-067-1

Rapport miljøbasert vannføring. Trykt: Oslo : Norges vassdrags- og energidirektorat. ISSN: 1502-234x Eiere: [NBR](#)

Vilkårsetting for friluftsliv i vassdragskonsesjonssaker / Morten W. Melby, Ingum Raastad. Forfatter: [Melby, Morten W.](#) [Raastad, Ingun](#) I serie: NINA utredning ; 007 Trykt: Trondheim : Norsk institutt for naturforskning, 1989. Sidetall: 48 s. : ill. ISBN: 82-426-0026-0

Vassdragsregulerings virkning på friluftsliv og rekreasjon : forprosjekt / Jon Teigland. Forfatter: [Teigland, Jon](#) I serie: MVU-rapport ; A4 Trykt: Oslo : Miljøvirkninger av vassdragsutbygging. Sekretariatet (Norsk institutt for vannforskning), 1986. Sidetall: 65 s. ISBN: 82-577-1002-4 Eiere: [HIT](#) [HSF](#) [NIH](#)

Effekter av vannkraftutbygging for friluftsliv og reiseliv : en langtidsstudie 1990-1999 av endringer i fritidsbruken av Engabreen/Svartisen i Nordland og samspillseffekter mellomkraftutbygging og andre samfunnsendringer / av Jon Teigland. Forfatter: [Teigland, Jon](#) I serie: VF-rapport ; 1/01 Trykt: Sogndal : Vestlandsforskning, 2001. Sidetall: XII, 95 s. : ill. ISBN: 82-428-0194-0 (h.) Eiere: [HIS HSF](#)

Naturopplevelse og naturverdier : seminarrapport / Jon Teigland. Forfatter: [Teigland, Jon](#) I serie: Rapport / Miljøvirkninger av vassdragsutbygging. B ; 24 Trykt: Oslo : NTNFs utvalg for miljøvirkninger av vassdragsutbygging, 1986. Sidetall: 60 s. Noter: Over tittelen på omslaget: Prosjektet friluftsliv, reiseliv og vassdrag. Eiere: [HIT](#)

Effekten av vannkraftutbygging i Aurlandsdalen for friluftsliv og reiseliv / Jon Teigland og Marit Vorkinn. Forfatter: [Teigland, Jon](#) [Vorkinn, Marit](#) I serie: Rapport / Miljøvirkninger av vassdragsutbygging. B ; 30 Trykt: Oslo : NTNFs utvalg for miljøvirkninger av vassdragsutbygging, 1987. Sidetall: VII, 66, 7 s. : ill. ISBN: 82-577-1286-8 Eiere: [HSF NIH UBIT](#)

Vannstrengens betydning for friluftsliv / Gry Stenersen. Forfatter: [Stenersen, Gry](#) Trykt: Ås-NLH : Norges landbrukshøgskole, 1987. Sidetall: 66 s. Noter: Hovedoppgave - Norges landbrukshøgskole, Ås 1987.

Miljøpreferanser, bruk og brukere : en undersøkelse blant fotturister i østlige Saltfjellet-Svartisen nasjonalpark og Gåsvatnan landskapsverneområde / av Jarle Lunde. Forfatter: [Lunde, Jarle](#) Trykt: [Trondheim] : [J. Lunde], 1996. Sidetall: VI, 82 s. : ill. Noter: Hovedoppgave i geografi - Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 1996. Noter: Katalogisert etter omslag.

Formidling og utvikling av kvaliteter ved vassdrag : referat fra Landskonferanse 7.-9. juni 1994 / Øistein Dalland og Per Einar Faugli (red.). Forf./red.: [Dalland, Øystein](#) [Faugli, Per Einar](#) I serie: Publikasjon / Norges vassdrags- og energiverk ; Nr 06, 1995 Trykt: Oslo : NVE, 1995. Sidetall: 214 s. : fig. Noter: Sammendrag på engelsk. ISBN: 82-410-0225-4

Cambridge Scientific Abstracts (CSA):

Følgende referanser av mulig interesse ble funnet (usortert):

Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: linking landscape ecology, environmental modelling and GIS AU: Author [Aspinall, R](#); [Pearson, D](#) Affiliation: Geographic Information and Analysis Center, MT 59717-3495, USA, [mailto:aspinall@montana.edu] Source: Journal of Environmental Management [J. Environ. Manage.]. Vol. 59, no. 4, pp. 299-319. Aug 2000. IS: ISSN 0301-4797 PB: Publisher Academic Press DO: DOI

The value of water levels in water-based recreation: A pooled revealed preference/contingent behavior model. Author: [Eiswerth, ME](#); [Englin, J](#); [Fadali, E](#); [Shaw, WD](#). Water Resources Research [Water Resour. Res.]. Vol. 36, no. 4, pp. 1079-1086. Apr 2000.

Reservoir Water Level Impacts on Recreation, Property, and Nonuser Values. Author: [Hanson, TR](#); [Hatch, LU](#); [Clonts, HC](#). JOURNAL- AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION; VOL 38; PART 4; pp. 1007-1018; 2002

Angling and recreation values of low-flow alleviation in rivers. Author: [Garrod, GD](#). Journal of Environmental Management [J. Environ. Manage.]. Vol. 57, no. 2, pp. 71-83. Oct 1999.

River Recreation Use and Analysis of Carrying Capacity AU: Author [Manning, RE](#) AF: Author Affiliation: Vermont Univ. Burlington. Source Available from the National Technical Information Service, Springfield VA 22161 as PB81-145088, Price codes: A05 in paper copy, A01 in microfiche. Vermont Water Resources Research Center, University of Vermont, Technical Completion Report, October, 1980. 83 p, 13 Fig, 23 Tab, 68 Ref, 4 Append, OWRT-A-034-VT(1), 14-34-0001-9048.

Managing the TVA reservoir system for recreation benefits AU: Author [Burton, Derrick](#). Author Affiliation: Tennessee Valley Authority, Knoxville, TN, USA. The 1995 International Conference on Hydropower. Part 2 (of 3), San Francisco, CA, USA, 07/25-28/95. Source WATERPOWER PROC INT CONF HYDROPOWER, ASCE, NEW YORK, NY, (USA), 1995, vol. 2, pp. 1625-1629, Publisher ASCE, NEW YORK, NY, (USA)

Assessing lay preferences for water level management in a regulated **river** system in northwestern Ontario: Application of a stated preference model AU: Author [Haider, Wolfgang](#); [Rasid, Harun](#). Affiliation: Simon Fraser Univ, Burnaby, BC, Can. Source: CAN WATER RESOUR J. Vol. 23, no. 3, pp. 289-307. 1998. IS: ISSN 0701-1784 PB: Publisher: CAN WATER RESOUR ASSOC, CAMBRIDGE, (CAN)

Modeling to generate recreational alternatives. Author: [Flug, Marshall](#); [Fontane, DG](#); [Ghoneim, GA](#). Author Affiliation: Colorado State Univ, Fort Collins, CO, USA SO: Source J WATER RESOUR PLANN MANAGE, vol. 116, no. 5, pp. 625-638, 1990 IS: ISSN 0733-9496 AB:

Abstract: Water-resource managers are often faced with the task of balancing recreational activities in an attempt to maximize the overall recreational benefits from a river system. Available recreation-use functions for white-water rafting, boating, and fishing as a function of river flow are used to estimate benefits. This paper focuses on the use of optimization models to generate alternatives (MGA) that maximize total recreational activities. Monthly river-flow scenarios that produce different mixes of the three recreational activities, yet have essentially the same value of total recreational benefits, were sought. Four MGA methods were evaluated with data for the New River Gorge National River in West Virginia. Two of the MGA methods were based on linear programming, and two were based on dynamic programming. For this study, the MGA methods based on dynamic programming were easier to use and modify. Examples of the types of alternative flow strategies generated for the New River Gorge are presented. LA: Language. English PY: Publication Year 1990

Controlled Flow Studies for Recreation: A Case Study on Oregon's North Umpqua River. Author: [Shelby, B](#); [Whittaker, D](#); [Roppe, J](#). Affiliation: Department of Forest Resources, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA. Source: Rivers [Rivers]. Vol. 6, no. 4, pp. 259-268. 1998. IS: ISSN0898-8048 AB:

Abstract: The "controlled flow study" or "systematic field assessment" has received considerable attention as a quick, inexpensive, and useful approach to understanding relationships between streamflows and recreation. The approach is distinctive for control of the independent variable, flow, which adds a quasi-experimental component to study design. Many studies have used this approach in recent years, although there has been variation in the specific methods applied. A review suggests that there are five major issues involved in conducting these studies: study output, sample, flow control, impact on other resources, and study complexity. We present a controlled flow study of boating on Oregon's North Umpqua River, which provides examples of study output and reviews the technical challenges involved in conducting the study. Results suggest that the method can provide powerful information about the flow-recreation relationship, but that these studies can be relatively complex. Discussion focuses on ways to address these complexities and cautions researchers from assuming it is the best approach. Several possibilities for future research are also suggested.

Assessing Options for Stream Regulation Using Hydrologic Simulations and Cumulative Impact Analysis: Flathead River Basin , USA. Author: [Hall, CAS](#); [Hauer, FR](#); [Stanford, JA](#); [Jourdonnais, JH](#). Author Affiliation Montana Power Co. Source: Regulated Rivers Research & Management RRRMEP, Vol. 5, No. 3, p 279-293, June/July 1990. 6 fig, 5 tab, 49 ref.