



NOTAT

Nr. 2

2000

Knut Alfredsen

SINTEF

Rammeverk for bygging av generelle vassdragsmodellar



-ET FORSKNINGSPROGRAM OM FLOM



HYDRA - et forskningsprogram om flom

HYDRA er et forskningsprogram om flom initiert av Norges vassdrags- og energiverk (NVE) i 1995. Programmet har en tidsramme på 3 år, med avslutning medio 1999, og en kostnadsramme på ca. 18 mill. kroner. HYDRA er i hovedsak finansiert av Olje- og energidepartementet.

Arbeidshypotesen til HYDRA er at summen av alle menneskelige påvirkninger i form av arealbruk, reguleringer, forbygningsarbeider m.m. kan ha økt risikoen for flom.

Målgruppen for HYDRA er statlige og kommunale myndigheter, forsikringsbransjen, utdannings- og forskningsinstitusjoner og andre institusjoner. Nedenfor gis en oversikt over fagfelt/tema som blir berørt i HYDRA:

- ◆ Naturgrunnlag og arealbruk
- ◆ Tettsteder
- ◆ Flomdemping, flomvern og flomhandtering
- ◆ Skaderisikoanalyse
- ◆ Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak
- ◆ Databaser og GIS
- ◆ Modellutvikling

Sentrale aktører i HYDRA er; Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB), Jordforsk, Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Landbrukskole (NLH), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), SINTEF, Stiftelsen for Naturforskning og Kulturminneforskning (NINA/NIKU), Norsk Regnesentral (NR), Direktoratet for naturforvaltning (DN), Østlandsforskning (ØF) og universitete i Oslo og Bergen.

HYDRA - a research programme on floods

HYDRA is a research programme on floods initiated by the Norwegian Water Resources and Energy Administration (NVE) in 1995. The programme has a time frame of 3 years, terminating in 1999, and with an economic framework of NOK 18 million. HYDRA is largely financed by the Ministry of Petroleum and Energy.

The working hypothesis for HYDRA is that the sum of all human impacts in the form of land use, regulation, flood protection etc., can have increased the risk of floods.

HYDRA is aimed at state and municipal authorities, insurance companies, educational and research institutions, and other organization.

An overview of the scientific content in HYDRA is:

- ◆ Natural resources and land use
- ◆ Urban areas
- ◆ Databases and GIS
- ◆ Risk analysis
- ◆ Flood reduction, flood protection and flood management
- ◆ Environmental consequences of floods and flood prevention measures
- ◆ Modelling

Central institutions in the HYDRA programme are; The Norwegian Meteorological Institute (DNMI), The Glommens and Laagens Water Management Association (GLB), Centre of Soil and Environmental Research (Jordforsk), The Norwegian Geological Survey (NGU), The Agriculture University of Norway (NLH), The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), The Norwegian Water and Energy Administration (NVE), The Norwegian Institute of Land Inventory (NIJOS), The Norwegian Institute for Water Research (NIVA), The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology (SINTEF), The Norwegian Institute for Nature and Cultural Heritage Research (NINA/NIKU), Norwegian Computing Center (NR), Directorate for Nature Management (DN), Eastern Norway Research Institute (ØF) and the Universities of Oslo and Bergen.

1. Introduksjon

For å kunne simulere korleis ulike inngrep og reguleringar i vassdraget påverkar flomnivået i ei elv trengs eit modellverktøy som kan representerast dei ulike elementa og prosessane i vassdraget. Til dømes skal alle magasin representerast gjennom data som viser samanheng mellom volum og vannstand og avløp og vannstand i tillegg til modellar av prosessane som styrer utviklinga av magasinet. Funksjonaliteten til vassdragsmodellen vart spesifisert av arbeidsgruppe F i HYDRA prosjektet (Roald 1997). Oppsummert så vert det sett følgjande krav til vassdragsmodellen i HYDRA prosjektet:

Generelle krav:

- Vassdraget skal delast inn i eit sett av komponentar som beskriver kvart element i vassdraget slik som magasin, elvestrekningar og kraftverk. Kvar komponent skal kunne koplast til eit lokalfelt og til ein eller fleire oppstraums komponent(ar). Lokalfelta skal gi tilsig til komponenten i form av tidsseriar som er laga av dei ulike gruppene i prosjektet. Gjennom dette vil ein kunne bygge inn felt påverka av arealbruk og urbanisering. Lokalfelta skal og kunne handtere tilsig beregna gjennom ulike modellverktøy, for eksempel HBV modellen.
- Vassdragsmodellen skal kunne flyttast til ulike vassdrag, noko som krev ein fleksibel struktur og ein enkel konfigurering til ulike problemstillingar i dei forskjellige vassdraga.

Funksjonelle krav:

- Dei ulike delane av det verkelege vassdraget skal representerast i HYDRA modellen gjennom eit sett med komponentar, til dømes elverstrekningar, sjøar, magasin og flomsletter. Kvar komponent skal ha både lokalt tilsig og tilsig frå ein eller fleire oppstraums komponentar. Kvar komponent må også ha ein del eigenskapar slik som areal for eit nedslagsfelt.
- Systemet må ha ei algoritme for å transportere vatn gjennom sjøar og magasin (heretter kalla *routing*).
- Ein full dynamisk hydraulisk modell må kunne inkluderast for å handtere oppstraums effekter og reversert straum. Denne må også kunne handtere flomsletter i detalj.
- Enklare routing metoder må inkluderast til bruk i områder der dynamisk routing ikkje er mogleg eller naudsynt.
- Systemet må kunne handtere styring av kraftverksmagasin.
- Data må kunne organiserast på ein oversiktleg måte for framtidig framhenting og analyse.
- Naudsynte verktøy for å handtere inngangsdata til modellen må utviklast. Typiske inngangsdata vil vere i form av tidsseriar, kurver, raster data, tverrprofil osb.
- Import og eksport av data må vere på ei standardisert form.

Igjennom fleire år har det foregått arbeid ved SINTEF og NTNU på å modularisere modellverktøy og å forenkle kopling av ulike verkty slik at desse dekker komplekse problemstillingar. Med utgangspunkt i arbeidet med vassdragssimulatoren (Killingtveit et al. 1995) vart det hausten 1994 starta opp eit dr.ing. arbeid med mål å utvikle eit genrelt

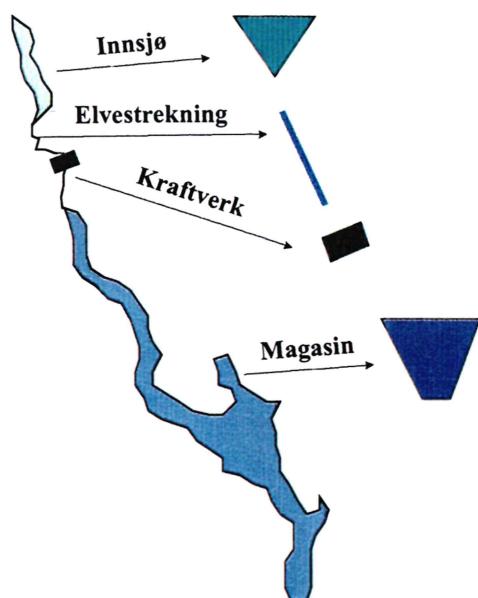
verkty for å handtere utvikling og integrasjon av modulariserte vassdragsmodellar basert på objekt-orienterte utviklingsmetoder (Alfredsen 1999). Dette arbeidet oppfyller mange av dei krava som er sett fram i kravspesifikasjonen til vassdragsmodell HYDRA, og strukturen i dette verktyet er slik at det eignar seg godt til den vidareutvikling som er naudsynt for å dekke alle krav i spesifikasjonen. Verktyet utvikla i dette prosjektet er difor valgt som fundament for utvikling av vassdragsmodellen i HYDRA prosjektet. Verktyet som er utvikla er i form av eit *rammeverk*, eit utvidbart og konfigurerbart verkty som fungerer både som ei samling komponentar som kan settast saman til ein vassdragsmodell og som eit fundament for vidare utvikling¹. For oppbygginga av HYDRA modellen vart det brukt ein del komponentar i rammeverket samt utvikla komponentar spesifikt for denne applikasjonen som bygger opp strukturen.

2. Rammeverket

2.1 Metodikk

Rammeverket er utvikla gjennom bruk av objekt-orienterte metoder i analyse, design og implementasjon (Booch 1996). Det spesielle med denne metoda er at istaden for ei inndeling av det verkelege systemet i data og funksjonar slik det er vanleg i strukturerte metoder, så vil ein ved bruk av objekt-orienterte metoder dele inn verda i *objekt* der kvar

objekt representerer eit element i det verkelege systemet (Figur 1). Desse objekta vil vere definert gjennom interne parametre og metoder som handterer meldingane som objektet mottek. Dei interne parametrane representerer objektet sine tilstandsvariable og strukturparametre (i ein sjø vil tilstandane vere t.d. vannstand og volum, medan strukturen er t.d. magasinkurva). Eit objekt basert system vil vere meldingsorientert, dvs at objekta kommuniserer gjennom å sende meldingar til kvarandre. Objekta vil ha funksjonar som kan tolke og utføre meldingane, for eksempel så vil sjøen ha funksjonar som tar imot vatn frå oppstraums objekt og som sender vatn til nedstraums objekt. Dette gjer at brukarar av eit objekt må vite om grensesnittet mot objektet (kva



Figur 1 Representasjon av det verkelege systemet med objekt.

¹ Eit rammeverk er eit bibliotek der elementa i biblioteket kan utvidast med brukaren sine eigenutvikla konstruksjonar og nye element kan adderast basert på eksisterande element i biblioteket. Det første oppnår ein ved å definere funksjons grensesnitt til ein komponent der brukaren lagar "innmaten" i funksjonane. Det andre oppnår ein ved å bruke arvemekanismer.

meldingar det kan motta og sende), medan det ikkje er naudsynt å kjenne til detaljar om datahandtering og implementasjon. Dette reduserer terskelen ved bruk og dermed og sjansane for å gjere feil. Prosessen med å samle funksjonar og data inne i objektet vert kalla *innkapsling*. Når objekt er identifisert er det vanleg å samle dei som er like i *klasser*. I eit verdssystem vil vi til dømes ha mange sjør og mange elvestrekningar som kan samlast i ei klasse **Sjø** og ei klasse **Elvestrekning**. Det er også mogleg å lage nye klasser basert på eksisterande klasser gjennom arv. Korleis dette er utnytta i rammeverket er vist i Figur 2.

To viktige krav til utviklinga av rammeverket var at ein skulle oppnå høg modularitet og så mykje gjenbruk av komponentar som mogleg. Modulariteten gjer at rammeverket kan tilpassast ulike problemstillingar med minimale krav til omprogrammering. Dette oppnår ein ved at kvart enkelt objekt har så liten kopling som mogleg til andre objekt, samt ved å ta omsyn til dette gjennom programmering av grensesnitt til kvart objekt som gjer at brukaren kan omdefinere innhaldet i objekta samstundes som den naudsynte koplinga mellom objekt vert oppretthalden. Gjenbruk av kode (her i form av objekt) er ein effektiv måte å auke produktiviteten på ettersom ein i større grad vil programmere gjennom å sette saman eksisterande kode og i liten grad utvikle ny kode når nye system skal utviklast. Ny kode vil også vere lettare gjenbrukbar ettersom at den vert utvikla innanfor rammeverket. Eit høgt gjenbruksnivå fører og til at objekta får redusert antal feil og at dei vert grundigare testa.

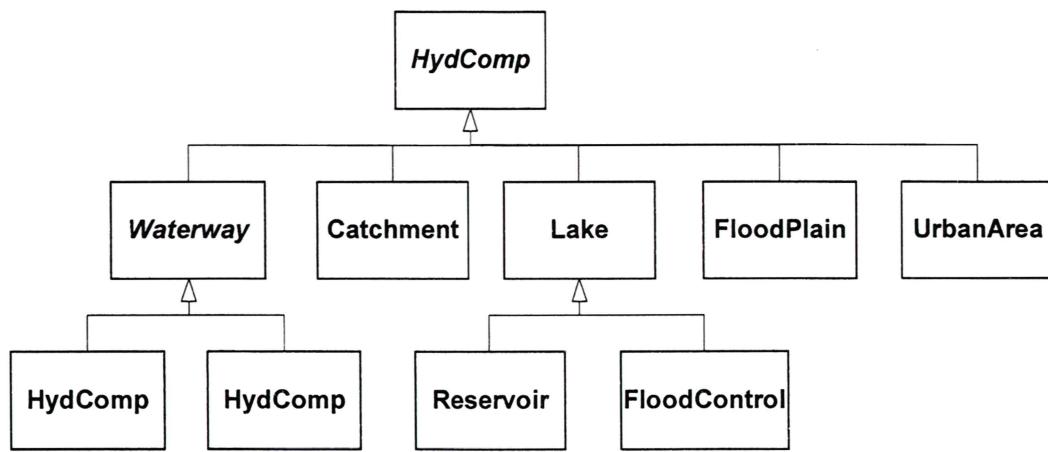
Ein viktig del av rammeverket er systemet for frikopling av metoder og data frå kvar komponent. Dette gjer at vi kan legge til nye datagrupper eller nye metoder til dei komponentane som utgjer strukturen i systemet utan å måtte endre koda i desse komponentane. Dette gjer at vi til dømes kan endre routing metoder i ein komponent når programmet køyrer utan å måtte gjer noko på kodenivå.

For ein oversikt av den analyse og design metoda som er brukt under utviklinga og for ein detaljert gjennomgang av sjølve utviklingsprosessen av rammeverket, sjå Alfredsen (1999).

2.2 Komponentar i rammeverket

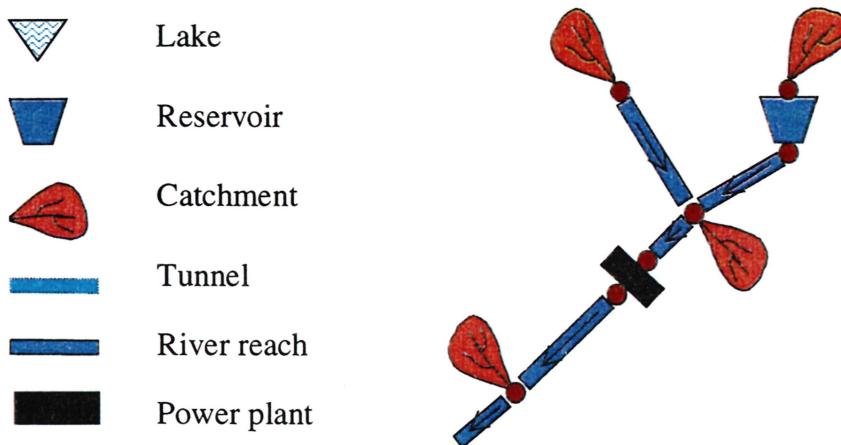
Rammeverket har fem ulike grupper av komponentar. Desse er:

- Struktur og topologi.
- Komponentar for handtering av data
- Grensenitt mot simuleringsmetoder
- Styring og kontroll av simulering
- Ulike hjelpemiddel brukt i dei andre komponentane



Figur 2 Hierarki av strukturkomponentar. Ei boks representerer ei klasse medan pilene viser arv mellom klasser.

I kategorien strukturkomponent samlar vi dei elementa vi finn i det verkelege hydrologiske systemet, med intern struktur og relasjonar til andre komponentar. Vi brukar desse til å bygge opp ein modell av verdssystemet. Strukturkomponentane er utvikla frå ei felles baseklasse gjennom bruk av arv. Hierarkiet av strukturkomponentar som er brukt i vassdragsmodell HYDRA er vist i Figur 2. Komponentane i strukturhierarkiet har ein fleksible struktur for tilkopling av data som beskriver tilstandar og fysisk struktur i komponenten. I tillegg kan ei eller fleire simuleringemetoder koplast til dersom ein ønskjer å simulere prosessar i komponenten. For å bygge opp vassdraget vert kvar komponent sett inn i ein topologistruktur (Figur 3). Denne strukturen er laga som ein retta graf, der nodene representerer ein komponent og kantane viser korleis data vert transportert. Før simulering vil ei rutine gå igjennom grafen og finne simuleringerekkefølgja av komponentane og legge desse inn i ei liste som vert brukt under køyringa.



Figur 3 Representasjon av vassdragsstruktur gjennom objekt i ein retta graf.

Datahandtering er viktig i eit system som vassdragsmodell HYDRA, og rammeverket har ei samling av klasser for handtering av ulike data. Typiske data som er dekt av klasser er tidsseriar (Sæther 1996), kurver, romlege data (observasjonar, nettverk og "grid" for hydrauliske modellar) og tverrprofil. Desse klassene er utvikla med eit felles grensesnitt som gjer at dei enkelt kan koplast til strukturkomponentane. Ved å bruke eit tilsvarende grensesnitt kan nye datakomponentar utviklast slik at dei og enkelt kan koplast til strukturkomponentane, noko som gjer det mogleg å utvide med kompliserte og brukardefinerte datastrukturar utan endringar i dei eksisterande komponentane.

Systemet inneholder i utgangspunktet ikkje nokon form for simuleringsmetoder, men derimot ei baseklasse med eit definert grensesnitt som brukaren må gå utifrå når nye metoder vert utvikla. Dette utgjer koplinga mellom simuleringsmetodene og strukturkomponentane og sørgar for at alle klasser som er utvikla med dette som basis vil fungere. For å gjøre ei simulering kallar ein då ein funksjon i strukturkomponenten som sørgar for at det rette simuleringsobjektet vert køyrt. Denne funksjonen kører enten alle tilkopla simuleringar eller den kan køre ei enkel simuleringsmetode definert gjennom eit namn.

Det finst mange ulike måtar å eksekvere ei simulering på. For å kunne handtere desse er simuleringskontrollrutina definert i ei klasse som brukaren kan endre dersom dette er naudsynt. Den har ein førehandsdefinert funksjonalitet som les inn eit system frå fil og kører alle metoder i kvar komponent frå eit gitt starttidspunkt eit tidssteg om gongen. Dersom dette skal endrast må den førehandsdefinerte komponenten overstyrast.

Den siste kategorien komponentar er ulike hjelpemiddel som er brukt i implementasjonen av dei andre komponentane. Eksempel på denne kategorien er matriser og koordinat klasser brukt i simuleringsrutinene og i dataklassene.

2.3 Bruk av rammeverket

Til å utvikle vassdragsmodellen i HYDRA har vi brukt struktur og dataklassene i rammeverket direkte. Klassenene **FloodControl**, **FloodPlain** og **UrbanArea** er utvidelsar til det opprinnelige hierarkiet som dekker naudsynte element i HYDRA modellen (desse er vist på Figur 1). Rammeverket har alle naudsynte klasser for å handtere data i systemet utan at ytterlegare utvidelsar er naudsynte.

Ein modul for å starte og styre ei køyring med modellen har blitt utvikla basert på den generelle RunControl klassa som finst i rammeverket. Strukturen i denne klassa for HYDRA modellen er rett fram, den finner simuleringars sekvensen og utfører denne. Det er tatt høgde for at det i framtida kan ver naudsynt å køre simuleringar etappevis når MIKE11 vert integrert i systemet.

For magasin routing og enklare elve routing er det utvikla eit sett med hydrologiske routing metoder. I magasin er desse basert på Level Pool metoder medan vi i elvene brukar ulike variantar av Muskingum metoda. Det viser seg at i Glomma er det svært viktig at metodene kan handtere lateral innstrauming til kvar komponent. Ulike variantar av Muskingum med handtering av dette er prøvd ut, og den som er mest brukt er ein

$$(1) \quad Q(t+1) = C_1 \cdot I(t+1) + C_2 \cdot I(t) + C_3 \cdot Q(t) + C_4$$

variant der den originale likninga er utvida med eit lateral ledd (Likning 1 og 2) (Fread 1985).

$$(2) \quad C_4 = \frac{(q_1 + q_2)\Delta x \Delta t}{2K(1 - X) + \Delta t}$$

C_1, C_2, C_3 er Muskingum koeffisientar, Q er utstrøyming og I er innstrøyming til strekninga.

q_1 og q_2 er lateraltilsig ($m^3/s\Box m$, Δx er lengde på strekninga (m), Δt tidsskritt (s), K og X er Muskingum koeffisientar.

3. Kontroll og oppsett av systemet

I skrivande stund er det ikkje utvikla nokon form for grafisk grensesnitt for dette systemet. Inngangsdata vert mata inn gjennom spesielle filer, og resultat kjem ut på filer som lett kan importerast til program som Microsoft Excel for presentasjon.

Styrefila for HYDRA modellen har tre ulike delar. Først vert kvar enkel komponent

```
**HYDCOMP2
Lake Aursunden          *Aursunden - unregulated case
*PHYSICAL
2D_CURVE VOLUME_CURVE 9
685.0 0.0 685.23 200000.0 686.0 23500000.0 687.0 56000000.0 688.0.....
2D_CURVE OUTLET_CAPACITY 8
685.0 0.0 689.1 0.0 689.5 4.0 690.10 31.3 690.6 78.3 691.10.....
FLOAT OUTLET_LEVEL 689.10
*STATE
Q_IN 0.0 0 0 1           *Inputvar, default, store, transfer, receive
Q_CALC 0.0 0 1 0          *Inputvar, initial Q, store, transfer, receive
WATER_LEVEL 689.0 1 0 0
*METHODS
Method: ModifiedPuls    *Method name
0
**END HYDCOMP2
```

Figur 4 Eksempel på komponentdefinisjon for Aursunden. Data delast i tre grupper, strukturdata (*PHYSICAL), tilstandar (*STATE) og metoder (*METHODS).

definert med data og metoder (Figur 4). Systemet brukar namnet på komponenten som identifikasjon. Deretter brukar ein komponentnamna til å definere koplingane i systemet i form av nedstraums og oppstraums komponent for kvar kopling (Figur 5). Til sist set ein opp starttidspunkt, steglengde og antal steg som skal simulerast.

```
Aursunden 002.S  
DownAursunden Aursunden  
DownAursunden Loc002.R
```

Figur 5 Eksempel på koplingar i systemet.

Input data må ligge på filer som vert refererte i styrefila ved namn. Førebels er det brukt eit filformat som baserer seg på reine tekstfiler utan nokon form for kopling mot databasar eller andre datalager.

4. Koplingar til eksterne program

4.1 Generelt

Ein viktig del av HYDRA systemet er å kunne integrere eksisterande simuleringsverkty i det totale systemet. Rammeverket åpnar for integrasjon på fleire ulike nivå avhengig av tilgang på kode for det eksisterande systemet og oppbygginga av dette. Dei ulike integrasjonsmetodene kan samanfattas som:

1. Ein komplett integrasjon på kodenivå der det eksterne programmet vert fullstendig integrert i rammeverket. Dette forutset at ein har tilgang til kjeldekode. I mange tilfelle vil dette vere den mest arbeidskrevande metoda men og den som gir best resultat.
2. Gjennom ein spesiell ”innpaknings modul” som bygger det eksterne programmet inn i rammeverket. Innpakningsmodulen har som oppgåve å legge til rette data og eksekvere det eksterne programmet. Denne metoda forutset at det eksterne programmet kan køyre utan brukarinteraksjon (”batch processing”).
3. Gjennom eksport og import rutiner. I dette tilfellet vil det eksterne programmet vere berre lausleg tilknytta rammeverket. Dette er ei metode som i mange tilfelle tvingar seg fram der ein har eksternprogram som krev brukarinteraksjon.
4. Gjennom bruk av direkte kommunikasjon på prosesssnivå. Dette forutset at det eksterne programmet støttar denne forma for kommunikasjon og at effektive metoder for utvikling av slik kommunikasjon er tilgjengelig. Under WindowsNT som er plattforma for HYDRA systemet finst der ulike metoder, mest brukt er OLEAutomation. Dette vil gi ei fullstendig saumlaus integrasjon.

4.2 PINE

Den hydrologiske modellen PINE (Rinde 1998) er brukt i HYDRA prosjektet til å simulere effekter av endra arealbruk. Denne modellen kan også brukast for simulering av tilrenning frå lokalfelt. I den siste situasjonen kan PINE brukast med ulik konfigurasjon, enten som LANDPINE eller som HBV modell avhengig av korleis feltet skal simulerast. PINE er inkludert i modellen på kodenivå. Dette er gjort ved å opprette ei simulatingsmetode i hierarkiet som heter PINE og å kalle eit sett med funksjonar som styrer PINE derifrå.

4.3 SINBAD

Den hydrologiske modellen SINBAD (Killingtveit et al. 1994) kan inkluderast på to ulike måtar, enten ved å bygge opp SINBAD strukturen i PINE eller ved å integrere den via utveksling av dataseriar. Den siste løysinga er brukt for simulering av effekter av urbanisering i HYDRA prosjektet.

4.4 MIKE11

MIKE11 (DHI 1998) er brukt for å routing simuleringar i dei områda som treng ein full dynamisk hydraulisk modell. Siste versjon av MIKE11 har støtte for OLE/Automation for innlegging og uthenting av tidsseriar. Dette gjer at data kan direkte overførast til programmet utan nokon form for manuell tilrettelegging. I HYDRA modellen er dette gjort ved at ei simuleringssmetode er utvikla som styrer kommunikasjonen gjennom å kalle funksjonar i MIKE11 sitt Automation grensesnitt. Sjølve køyringa av MIKE må derimot startast manuelt.

REFERANSER

Alfredsen, K. (1999). *An object-oriented framework for application development and integration in hydroinformatics*. Dr.Ing Thesis. Dept. of Hydraulic and Environmental Engineering. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology: 193.

Booch, G. (1996). *Object Oriented Analysis and Design with Applications*, Benjamin/Cummings Publishing Company.

DHI (1998). MIKE11 Overview. <http://www.dhi.dk/mike11/index.htm>.

Fread, D. L. (1985). *Channel routing*. In: M. G. Anderson and T. P. Burt (eds) Hydrological Forecasting. John Wiley: 437-503.

Killingtveit, Å., K. Alfredsen and T. H. Bakken (1995). *Vassdragssimulatoren - brukarmanual*. SINTEF - Norwegian Hydrotechnical Laboratory.

Killingtveit, Å., T. Rinde, E. Markhus, T. Bostrøm, T. Furuberg, S. Sægrov and J. Milina (1994). *Application of a semi-distributed urban hydrology model*. In: Proceedings from the Nordic Hydrological Conference, Faroe Islands.

Rinde, T. (1998). *A flexible hydrological modelling system using an object oriented methodology*. Dr.Ing. Thesis. Dept. of Hydraulic and Environmental Engineering. Trondheim, Norwegian University of Science and Technology.

Roald, L. A. (1997). *Kravspesifikasjon for vassdragsmodell i HYDRA prosjektet*. Norwegian Water and Energy Administration.

Sæther, B. (1996). *An object-oriented toolkit for time series handling*. In: A. Mueller (ed) Hydroinformatics '96, Zürich, Switzerland, A.A. Balkema Rotterdam.

UTGITTE NOTAT I HYDRA-SERIEN

- 1/97 Metoder for kvantifisering av hydrologiske prognosefelts representativitet.**
Kai Fjelstad, NLH (diplomarbeid).
- 2/97 Effekter av flomsikringstiltak. En gjennomgang av litteraturen.**
Magne Wathne, SINTEF.
- 3/97 Virkningen av lokal overvannsdisponering på tettstedsflommer.**
Dag Rogstad og Bjørn Vestheim, NLH (hovedoppgave).
- 4/97 Forslag til kravspesifikasjon av vassdragsmodell.**
Lars A. Roald, NVE.
- 5/97 A note on floods in high latitude countries.**
Lars A. Roald, NVE.
- 6/97 Climate change and floods.**
Nils Roar Sælthun, NIVA.
- 7/97 Flomdemping i Gudbrandsdalslågen. Programstruktur og systembeskrivelse.**
Magne Wathne og Knut Alfredsen, SINTEF.
- 8/97 Klima, arealbruk og flommer i perspektiv.**
Arnor Njøs, Jordforsk.
- 9/97 Flood forecasting in practice.**
Dan Lundquist, GLB.
- 1/98 Bruk av ensembleprognoser til estimering av usikkerhet i lokale nedbørprognosenter.**
Marit Helene Jensen, DNMI.
- 2/98 LANDSKAP OG ESTETIKK –et kulturelt perspektiv.**
Oddrun Sæter, Byggforsk.
- 3/98 Betydning av vårflommens størrelse for tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva.**
Arne J. Jensen og Bjørn Ove Johnsen, NINA.
- 4/98 Pure Model Error of the HBV-model.**
Øyvind Langsrød, Arnoldo Frigessi and Gudmund Høst, Norwegian Computing Center
(Norsk Regnesentral)
- 5/98 Analyse av effekter av urbanisering og avrenningsutjevnende tiltak i Svebestadfeltet – Sandnes kommune.**
Jadranka Milina, SINTEF.
- 6/98 Virkning av urbanisering på avrenningsforhold i Storånavassdraget.**
Jadranka Milina, SINTEF.
- 7/98 Metodebeskrivelse for flomsoneanalyse med eksempler fra Flisa og Kirkenær.**
Søren Elkjær Kristensen og Astrid Voksø, NVE.
- 8/98 Statistical Forecasting of Precipitation Conditional on Numerical Weather Prediction Models.**
John Bjørnar Bremnes, DNMI
- 9/98 1995-flommens volum, stigningstid og varighet i Gudbrandsdalslågen.**
Jan Ove Søderholm (Hovedfagsoppgave ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo, våren 1998).

- 10/98 Vårflommer i Glomma. Modellering av maksimalvannføringen på bakgrunn av volum og flomhydrogrammets form.**
Grete Orderud Solberg (Hovedfagsoppgave ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo, våren 1998).
- 11/98 Flomvolum Østlandet våren 1995. Frekvens og regional fordeling.**
Grete Orderud Solberg og Kjell Nordseth. Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo.
- 12/98 A Statistical Model for the Uncertainty in Meteorological Forecasts, with Applications to the Knappom and Røykenes Catchments.**
Turid Follestad og Gudmund Høst. Norwegian Computing Center (Norsk Regnesentral)
- 13/98 Precipitation estimation using satellite remote sensing.**
Øystein Godøy, Det norske meteorologiske institutt.
- 14/98 High Resolution Precipitation Forecasting with Initial and Boundary Conditions from Ensemble Forecasts.**
Viel Ødegaard, Det norske meteorologiske institutt.
- 1/99 Døgnarealnedbør for flomvarsling.**
Ole Einar Tveito, Det norske meteorologiske institutt.
- 2/99 Quantifying uncertainty in HBV runoff forecasts by stochastic simulations.**
Øyvind Langsrød, Gudmund Høst, Turid Follestad, Arnoldo Frigessi og David Hirst, Norsk Regnesentral.
- 3/99 Kvantifisering av usikkerhet i meteorologiske og hydrologiske prognoser.**
Thomas Skaugen, Norges vassdrags- og energidirektorat.
- 4/99 The Effect of Peatland Drainage and Afforestation on Runoff Generation. Consequences on Floods in River Glomma.**
Bjørn Kløve, Jordforsk.
- 5/99 Effekter av flomverk på flomforløpet.**
Ingjerd Haddeland og Øyvind A. Høydal, NVE
- 6/99 Effekter av senkingstiltak på flomforløpet.**
Inger Karin Engen, Øyvind Høydal, Øystein Nøtsund og Eirik Traae, NVE
- 7/99 har fått nr. 11/99**
- 8/99 Hydrodynamisk modell for Glomma mellom Kongsvinger og Øyeren**
Ingjerd Haddeland og Bjarne Krokli, NVE
- 9/99 Storflommers effekt på laksunger i Gaula**
Kjetil Hindar (NINA), Jan Henning L'Abée-Lund (NVE) og Jo Vegar Arnekleiv (NTNU)
- 10/99 Effekten av regulering på flomdempning i Namsen – datarapport**
Magne Wathne, SINTEF
- 11/99 Nødoverløp på flomverk**
Morten Skoglund (SINTEF), Eirik Traae (NVE) og Einar Tesaker (SINTEF)
- 1/00 Improved front line decision tools - risk perception among decision-makers and riparian population.**
Irina Krasovskaia (Univ. i Uppsala), Lars Gottschalk (Univ. i Oslo), Nils Roar Sælthun (NIVA), Hallvard Berg (NVE)
- 2/00 Rammeverk for bygging av generelle vassdragsmodellar.**
Knut Alfredsen, SINTEF



Kontaktpersoner

formann i styringsgruppen: Ola Skauge

Tlf. 73 58 05 00

E-post: ola.skauge@dirnat.no

programleder: Arnor Njøs

Jordforsk

Tlf. 64 94 81 70 (Jordforsk)

Tlf. 22 95 90 98 (NVE)

E-post: arnor.njos@jordforsk.nlh.no

E-post: xarn@nve.no.

naturgrunnlag og arealbruk: Arne Grønlund

Jordforsk

Tlf. 64 94 81 09

E-post: arne.gronlund@jordforsk.nlh.no

Noralf Rye

Universitetet i Bergen

Tlf. 55 58 34 98

E-post: noralf.rye@geol.uib.no

tettsteder: Oddvar Lindholm

Norges Landbrukskole

Tlf. 64 94 87 08

E-post: oddvar.lindholm@itf.nlh.no

flomdemping, flomvern

og flomhandtering: Dan Lundquist

Glommens og Laagens

Brukseierforening

Tlf. 22 54 96 00

E-post: danlund@sn.no

skaderisikoanalyse: Nils Roar Sælthun

Norsk institutt for vannforskning

Tlf. 22 18 51 21

E-post: nils.saelthun@niva.no

miljøvirkninger av flom og

flomforebyggende tiltak: Olian Eikenæs

Norges vassdrags- og energidirektorat

Tlf. 22 95 92 24

E-post: oli@nve.no

databaser og GIS: Lars Andreas Roald

Norges vassdrags- og energidirektorat

Tlf. 22 95 92 40

E-post: lars.roald@nve.no

modellarbeid: Ånund Killingtveit

Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet

Tlf. 73 59 47 47

E-post: aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no

programadministrasjon: Olian Eikenæs

Norges vassdrags- og energidirektorat

Tlf. 22 95 92 24

E-post: oli@nve.no

Hjemmeside: <http://www.nve.no>

Per Einar Faugli

Norges vassdrags- og energidirektorat

Tlf. 22 95 90 85

E-post: pef@nve.no