

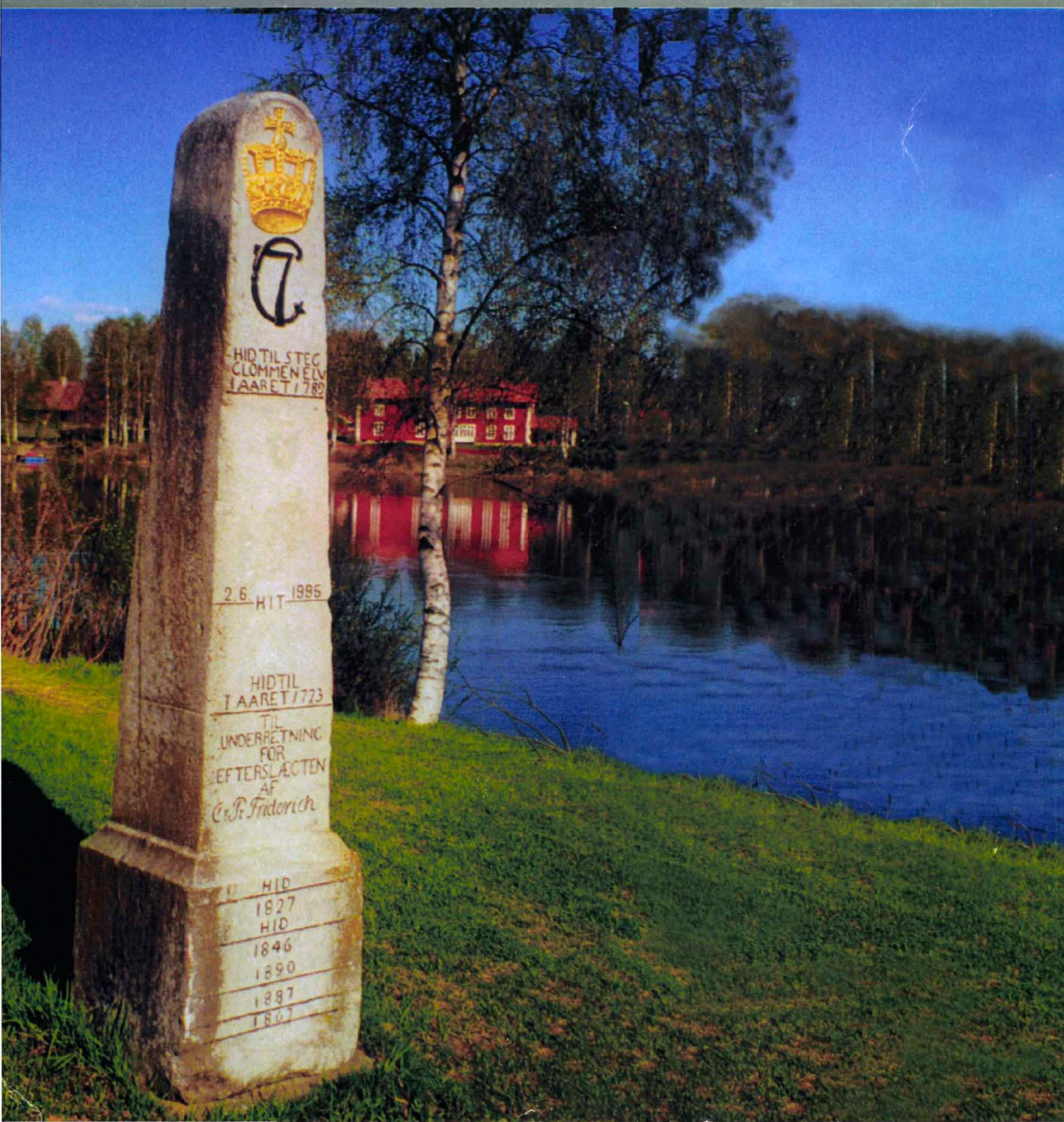


Revitalisering av NVEs system av høydefastmerker og vannlinjer

Eli K. Øydvin (red.)

21
1999

D O K U M E N T



Dokument nr. 21

Revitalisering av NVEs system av høydefastmerker og vannlinjer

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Eli Katrina Øydvin

Forfattere: Hallvard Berg, HG
Vidar Eide, HD
Torstein Herfjord, HG
Øyvind Høydal, VV
Sverre Krog, HH
Astrid Voksø, HG
Eli Katrina Øydvin, HG

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 150

ISSN: 1501-2840

Forsidefoto: Flomstøtte ved Elverum

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

November 1999

Innhold

SAMMENDRAG	1
1. INNLEDNING	7
1.1 BAKGRUNN	7
1.2 MANDAT, SAMMENSETNING AV ARBEIDSGRUPPE, ARBEIDSFORM	8
1.3 BEGREPER	10
2. VASSDRAGSNIVELLEMENT	13
2.1 GENERELT OM NIVELLEMENT, STATENS KARTVERKS PRESISJONSNIVELLEMENT	13
2.2 HISTORISK TILBAKEBLIKK PÅ VASSDRAGSNIVELLEMENT	13
2.3 ARKIV	14
3. TILGJENGELIG MATERIALE OM FLOMLINJER I NVE	15
3.1 TILKNYTTET VASSDRAGSNIVELLEMENTENE	15
3.2 ANDRE OPPLYSNINGER OM FLOMLINJER	17
3.3 DATA FRA FLOMMEN I 1995 OG 1997	17
3.3.1 <i>Flommen 1995</i>	17
3.3.2 <i>Flommen 1997</i>	18
4. REVITALISERING AV NVEs SYSTEM AV HØYDEFASTMERKER OG VANNLINJER	19
4.1 ANVENDELSER	20
4.2 DIGITALE ELLER ANALOGE FASTMERKER OG VANNLINJER	21
4.2.1 <i>Innledning</i>	21
4.2.2 <i>Fastmerkeregister</i>	21
4.2.3 <i>Vannlinjer</i>	22
4.3 NIVELLEMENT ELLER GPS	23
4.3.1 <i>Bruk av GPS for høydebestemmelse</i>	23
4.3.2 <i>SKs arbeid med etablering av nytt horisontalt grunnlag; stamnett og landsnett</i>	24
4.3.3 <i>SKs arbeid med god høydebestemmelse og nytt nasjonalt høydegrunnlag</i>	25
4.3.4 <i>Vurdering/Anbefaling</i>	26
4.4 NVEs SYSTEM AV FASTMERKER MED GOD NØYAKTIGHET I FRAMTIDEN	27
4.4.1 <i>Innledning</i>	27
4.4.2 <i>Forutsetninger</i>	27
4.4.3 <i>Alternativer</i>	28
4.4.4 <i>Beregning av kostnader</i>	28
4.4.5 <i>Anbefalinger</i>	29
4.5 SYSTEMATISERING AV VANNLINJER	30
4.5.1 <i>Innledning</i>	30
4.5.2 <i>Metode for innlegging</i>	30
4.5.3 <i>Alternativer</i>	31
4.5.4 <i>Anbefaling</i>	33
4.6 SYSTEMATISERING AV TIDLIGERE INNSAMLETE FLOMLINJER	33
4.6.1 <i>Innledning</i>	33
4.6.2 <i>Aktuelle problemstillinger</i>	33
4.6.3 <i>Forslag til metode/ opplegg for kvalitetssikring og innlegging i database</i>	34
4.6.4 <i>Alternativer</i>	35
4.6.5 <i>Anbefalinger</i>	36
4.7 SYSTEMATISERING AV FLOMLINJER I FRAMTIDEN	36

4.7.1	<i>Innledning</i>	36
4.7.2	<i>Alternative metoder for innsamling</i>	37
4.7.3	<i>Alternative omfang av flomlinjeregistreringer</i>	38
4.7.4	<i>Beregning av kostnader</i>	39
4.7.5	<i>Anbefalinger</i>	40
5.	ANSVAR- OG OPPGAVEFORDELING	41
5.1	DAGENS ANSVARSFORDELING	41
5.2	FORSLAG TIL FRAMTIDIG ANSVAR-/ OPPGAVEFORDELING	42
5.2.1	<i>Ansvar for NVEs system av fastmerker med god nøyaktighet i framtiden</i>	42
5.2.2	<i>Ansvar for innsamling og registrering av vannlinjer</i>	42
5.2.3	<i>Ansvar for systematisering av tidligere innsamlete flomlinjer</i>	43
5.2.4	<i>Ansvar for innsamling og registrering av flomlinjer i framtiden</i>	44
6.	ØKONOMISKE OG ORGANISATORISKE/ ADMINISTRATIVE KONSEKVENSER AV FORSLAG	46
6.1	RESSURSBEHOV.....	46
6.1.1	<i>NVEs system av fastmerker med god nøyaktighet i framtiden (jf kap. 4.4.5)</i>	46
6.1.2	<i>Systematisering av vannlinjer (jf kap 4.5.4)</i>	46
6.1.3	<i>Systematisering av tidligere innsamlete flomlinjer (jf kap. 4.6.5)</i>	47
6.1.4	<i>Systematisering av flomlinjer i framtiden (jf kap. 4.7.5)</i>	48
6.1.5	<i>Oppsummering</i>	49
6.2	FORSLAG TIL DEKNING AV RESSURSBEHOV	50
6.2.1	<i>NVEs system av fastmerker med god nøyaktighet i framtiden</i>	50
6.2.2	<i>Systematisering av vannlinjer</i>	50
6.2.3	<i>Systematisering av tidligere innsamlete flomlinjer (jf kap. 4.6.5)</i>	50
6.2.4	<i>Systematisering av flomlinjer i framtiden (jf kap. 4.7.5)</i>	51

Sammendrag

Bakgrunn:

I forbindelse med omorganiseringen av NVE f.o.m. 1991, ble arbeidet med vassdragsnivellelementene nedprioritert og ansvaret delt mellom VV og HM.

Etter flommen på Østlandet i 1995 er anvendelsen av vassdragsnivellelementene blitt aktualisert. Det er særlig satt fokus på opplysninger om vannstander som er knyttet opp mot nivellementene. Av St.meld nr 42 (1996-97) s.15, framgår at "departementet mener det er viktig at systemet med flomnivellementer revitaliseres".

En revitalisering av systemet med vassdrags- og flomnivellement reiser en rekke spørsmål av faglig, organisatorisk og økonomisk karakter. På ledermøte i H 31.03.98, ble det besluttet å sette ned en arbeidsgruppe til å vurdere disse spørsmål.

Vassdragsnivellement:

Nivellement er pr definisjon kun en målemetode, men ved omtale av vassdragsnivellementene i NVE har det vært vanlig å inkludere både opplysninger om fastmerker som er etablert i tilknytning til målearbeidet og andre opplysninger spesielt om vannstander som er dokumentert på nivellementsplansjene.

Rapporten er strukturert omkring tre hovedelementer:

- Fastmerker/ grunnlagspunkter
- Systematisering av vannlinjer fra vassdragsnivellementene
- Systematisering av flomlinjer – tidligere innsamlede og flomlinjer i framtiden (flomvannstander utenom det faste stasjonsnettet)

Vurderinger

Fastmerker/ Grunnlagspunkt

Arbeidsgruppa har vurdert behovet for revisjoner og vedlikehold av eksisterende vassdragsnivellement, herunder om det skal opprettes et fastmerkeregister og om ødelagte bolter skal erstattes.

Vassdragsnivellement er ikke gjennomført siden 1991 og systemet av fastmerker er forfalt da mange bolter er forsvunnet. Det er ikke gjennomført nedsetting av nye bolter til erstatning for de som er registrert som forsvunnet i vassdragsnivellementene.

Det er ingen seksjon i NVE som har et overordnet ansvar for NVEs fastmerker. I tillegg til høydefastmerker som finnes i vassdragsnivellementene, er det flere seksjoner i NVE som etablerer fastmerker. Det finnes verken noen samlet oversikt over NVEs fastmerker eller overordnede føringer mht innmåling. Arbeidsgruppa har ut fra dette vurdert behov for et digitalt fastmerkeregister.

Arbeidsgruppa fant det videre nødvendig å se generelt på NVEs behov for et nett av grunnlagspunkter, kontra vedlikehold og måling av vassdragsnivellement. Arbeidsgruppa ser på dette i lys av de muligheter som ligger i GPS som målemetode. Ved bruk av dagens

teknologi er det ikke lenger formålstjenlig å etablere høydefastmerker ved å gå vassdragsnivellelement. I tillegg er det i dag krav om stedfesting av grunnlagspunkt også i grunnriss, mens vassdragsnivellelement kun er stedfestet i høyde.

Systematisering av vannlinjer fra vassdragsnivellelementene

Det er ikke definert til noen spesiell seksjon i NVE å arbeide med systematisering av vannlinjer. Det har heller ikke vært uttrykt at vannlinjene på nivellementsplansjene skal vedlikeholdes, dvs kontrolleres/ måles på nytt.

Behov for overføring av vannlinjer fra vassdragsnivellelement til digital form er vurdert. Arbeidsgruppa peker bl.a. på en rekke bruksområder for digitale vannlinjer og flomlinjer. Blant annet i forbindelse med arealplanlegging, beredskap, planlegging av flomsikringstiltak og andre vassdragstiltak, samt som ledd i utarbeidelsen av flomsonekart er opplysninger om normalvannstand og tidligere flomvannstander av stor verdi. Bruken av GIS til å utføre analyser i elver og vassdrag skaper behov for og muliggjør bruk av stadig flere datatyper. Dette forutsetter at dataene er tilgjengelig digitalt. Det ligger mye informasjon om fallforhold i vassdragsnivellelementene. Gjøres vannlinjene digitale kan en f.eks få oversikt over hele vassdrag, analysere deler av elva på tvers av plansjeinndeling og gjøre ulike analyser der vannlinja er viktig. Spesielt er dette tilfelle i alle analyser om flomforhold, dvs. flomsonekart, flomberedskap, arealforvaltning og i flomforebyggende tiltak.

Videre er det vurdert i hvilket omfang vannlinjer fra vassdragsnivellelement skal overføres til digital form, enten begrenset til strekninger som inngår i flomsonekartplanen eller registrere samtlige vassdragsnivellelement.

Systematisering av tidligere innsamlede flomlinjer

Det har ikke vært definert at en bestemt seksjon i NVE skal sørge for innmåling av flomlinjer. Etter store flommer har det skjedd i varierende grad, basert på ad-hoc løsninger. Dataene ligger spredt i NVE etter hvem som har utført målingene. Det finnes ingen samlet oversikt over hva som finnes av data.

"NVEs arkiv":

Arbeidsgruppa har kartlagt aktuelle kilder for flomlinjer, som finnes dels i tilknytning til vassdragsnivellementene dels andre steder i NVE. Hovedsakelig er disse knyttet til manuelle oversikter i HH (summasjonsmapper og vannmerkeprotokoller) og i VV/ regionkontorenes saksmapper knyttet til forbygningssinngrep (flomverk og senkingssaker).

Kvalitetssikring og systematisering av data fra Vesleofsen:

Arbeidsgruppa fikk særskilt i oppdrag å se på opplegg for kvalitetssikring og systematisering av vannstandsdata fra storflommen på Østlandet i 1995 (Vesleofsen) til flomlinjer. For 1995-flommen må en basere seg på de data som allerede er innsamlet. Alle verdier som kan stedfestes legges inn i en database. Alle vannstandspunktene som ble målt under flommen må registreres med målte koordinater.

Et hovedmål er å komme fram til en "offisiell" flomlinje som beskriver kulminasjonsverdier for Vesleofsen. Punkter som best beskriver fallforholdene under flom velges ut. Disse punktene tilordnes en verdi på den digitale midtlinjen som vil danne grunnlag for opptegning av flomlinjen.

Til dette arbeidet er det i kap. 4.6.3 skissert et opplegg med ulike kriterier for valg av punkter. Ved dette ivaretas også en kvalitetskontroll av dataene.

Systematisering av flomlinjer i framtiden (flomvannstander utenom det faste stasjonsnettet):
Innsamling av data om flomvannstander har vært kjennetegnet av ad-hoc løsninger og en manglende ansvars plassering i NVEs organisasjon. Dette er ikke en tilfredsstillende løsning. Arbeidsgruppa har sett på metoder, omfang og organisering (herunder også ansvarsforhold), av en systematisk innsamling av flomvannstander i framtiden (utenom de faste målestasjonene).

Alternative metoder som er vurdert er å måle inn flommer, ha midlertidige vannmerker hvor en registrer tidsserier og/eller benytte flyfotografering under flom. Videre er omfang av flomlinjeregistreringer vurdert enten systematisk innenfor områder som flomsonekartlegges av NVE eller systematisk innenfor samtlige skadeutsatte områder.

Anbefalinger

Fastmerker / grunnlagspunkt

Arbeidsgruppa anbefaler bruk av GPS istedenfor nivellement til innmåling samt bruk av godt bestemte fastmerker i framtiden. Dette innebærer at å gå nye presisjonsnivellement (vassdragsnivellement) i NVE-regi ikke er aktuelt. Det er heller ikke aktuelt med vedlikehold av vassdragsnivellement med erstatning av ødelagte bolter.

Det anbefales at man søker samarbeid med Kartverket gjennom Geovekst, om plassering og oppmåling av et nett av landsnettpunkt, som godt bestemte fastmerker, slik det er skissert i alternativ 3 og 4 (jfr. kap. 4.4.3).

Omfanget av punkter som NVE deltar i finansieringen av, vil være knyttet til flomskadeutsatte strekninger, definert ut fra flomsonekartprosjektet og forbygningsvirksomhetens behov. Arbeidsgruppa anbefaler at HG får ansvar for kontakt og koordinering mot Statens kartverk gjennom Geovekst om etablering av fastmerker i form av landsnettpunkt.

Fastmerker knyttet til de enkelte forbygningsanlegg, vannmerker, profiler for flomsonekartlegging osv vil det fortsatt være aktuelt å etablere. Disse vil, til forskjell fra landsnettpunktene, NVE ha ansvar for forvaltningen av.

Fastmerkeregister:

Arbeidsgruppa mener det prinsipielt er behov for et fastmerkeregister for å oppfylle krav om oversikt og forvaltning av egne fastmerker. I tillegg er data lettere tilgjengelig på digital form enn ved å måtte lete etter opplysninger i et manuelt arkiv.

Systematisering av vannlinjer fra vassdragsnivellementene

Arbeidsgruppa anbefaler at vannlinjer ved normalvannstand fra vassdragsnivellementene samt de data som finnes om flomlinjer overføres til digital form. Det vil øke tilgjengeligheten og anvendeligheten av dataene. Med utgangspunkt i mange bruksområder (jfr. kap 4.2.3) vil nytten av dette være stor og innebære både bedre og mer effektiv saksbehandling.

Arbeidsgruppa anbefaler at alle vannlinjer fra vassdragsnivellement stedfestes, knyttes til elvas midtlinje og registreres i en sybase-database. Resultatet vil først bli benyttet i flomsonekartprosjektene og gruppa anbefaler derfor at arbeidet starter i de vassdrag som har flomsonekartprosjekt. Deretter bør arbeidet fortsette til alle vannlinjer fra vassdragsnivellementene er tilgjengelig i en database.

Arbeidsgruppa anbefaler at ansvaret for organiseringen av arbeidet med digitale vannlinjer legges til HG som innehar nødvendig GIS-kompetanse. Det er ikke ledig kapasitet i HG til å stedfeste og registrere vannstander, så til det må det tilføres personell.

Systematisering av tidligere innsamlete flomvannstander/ flomlinjer

Arbeidsgruppa anbefaler at alle flomvannstander som er kjent, registreres og legges inn i en database på Sybase. Framdriftsmessig anbefales at en konsentrerer arbeidet i første omgang til de vassdrag det skal flomsonekartlegges, men ikke strengt avgrenset til de strekninger som kartlegges. Alle data en finner, anbefales registrert. Både for identifikasjon av kilder og registrering, må de seksjoner/ regionkontor som sitter med data, ta et ansvar for at dette blir gjort.

Det overordnede ansvaret for at data som pr i dag ligger spredt i NVE blir samlet og tilgjengeliggjort i form av en database, foreslås lagt til HG. HD må bistå ved definering av databasen. Den enkelte seksjon som sitter med data må ta ansvar for at relevante data hentes fram og legges til rette for vurdering og innlegging i database. VV får det faglige ansvar for at vannstandspunktene vurderes for tilknytning til midtlinje og bruk som flomlinjer.

For å unngå dobbeltarbeid anbefales at én person blir satt til jobben med å lete i gamle arkiver. Vedkommende må samarbeide med delprosjektledere i flomsonekartprosjektet og andre medarbeidere ved regionkontorene samt med seksjoner sentralt for å finne alle kilder. HG sørger for at data blir lagt inn i databasen.

Systematisering av flomlinjer i framtiden (flomvannstander utenom det faste stasjonsnettet)

Arbeidsgruppa anbefaler at registrering av flomlinjer i framtiden knyttes til faste måleskalaer som settes opp på strategiske steder på alle flomskadeutsatte strekninger hvor skadepotensialet er av en viss størrelse og skadene er relatert til høy vannstand. Ressursene som legges ned på den enkelte strekning bør tilpasses skadepotensialet og nytten av dataene for øvrig. Det vil gjelde både mht valg av tetthet på målepunkt, målemetode og hyppighet mht registrering.

Arbeidsgruppa anbefaler at kommunene og Statens Vegvesen får ansvaret for etablering og vedlikehold av lokale måleskalaer, herunder innmåling av referansebolter.

Det anbefales at NVE får ansvar for å velge ut målepunkter som er egnet, og vil yte veiledning ved oppsetting av skalaer. NVE bør ha ansvaret for at det etableres et system for innsamling, systematisering og lagring av data fra disse målepunktene.

Det må sørges for et system med beredskap for innsamling av data, et nettverk av lokale observatører m.v. Lønning av observatører kan skje gjennom NVE tilsvarende som for det øvrige nett av målestasjoner. Det vil være naturlig at NVE dekker kostnaden for noen målepunkter, mens resten fordeles på Statens Vegvesen og kommunene. NVEs egeninteresse vil ligge i flomvarsling, flomsikring og flomsonekartlegging.

I tillegg til faste måleskalaer kan det være aktuelt å foreta supplerende målinger mellom disse ved spesielle episoder i vassdraget, for eksempel ved ekstremflommer. Ansvaret for at dette skjer foreslås tillagt NVE, men også her anses det aktuelt at mye av det praktiske arbeidet tilfaller kommunene, Statens Vegvesen og andre offentlige etater med anlegg i det berørte området.

Internt i NVE mener arbeidsgruppa den mest hensiktsmessige arbeidsformen vil være et samarbeid mellom VV og HG. VV vil ha det faglige ansvar for at flomlinjer registreres på relevante vassdragsavsnitt og for utvelgelse av punkter. VV får også det faglige ansvar for at vannstandspunktene vurderes for tilknytning til midtlinje og bruk som flomlinjer.

HG vil ha ansvar for at innmåling skjer på en måte som tilfredsstiller brukernes krav til nøyaktighet på data. HG vil også ha ansvar for at data blir tilgjengeliggjort i form av en database. HD må bistå ved definering av databasen.

Regionkontorene vil bli tildelt oppgaver fra seksjonene sentralt. Mest aktuelt vil være de operative funksjoner som påvisning av målepunkter, veiledning ved oppsetting og innmåling av skalaer med tilhørende fastmerker. Registrering av ”tilfeldige” punkter utenom faste skalaer f eks ved ekstremflommer bør gjøres av medarbeidere ved regionkontorene. Generelle anvisninger for dette arbeidet gis fra VV.

Ressursbehov

Ressursbehovet som følge av arbeidsgruppas forslag summeres slik:

Tabell: Oppgaver som er en engangsjobb.

Oppgave	Ansvarlig Seksjon	Utførende Seksjon	Tid (månedsværk)	Kroner
Landsnettpunkt	HG	HG / VV	-	300 000,-
System av vannlinjer	HG	HD HG Engasjement	0,5 6 18	-
System av tidligere flomlinjer	HG VV	HD HG, HH, VV, Reg.kontor	0,5 6-12	-
Etablering av målepunkt for flomvst.	HG VV	HG Reg.kontor	12	-

Landsnettpunkt: Kostnader ved etablering av landsnettpunkt gjennom Geovekst er beregnet til ca. 300.000 kr. Kostnadene deles mellom VV og Flomsonekartprosjektet og blir fordelt over flere år.

System av vannlinjer: Timeverk på HG og evt. HD registreres på flomsonekart, kan evt. dekkes av flomsonekartmidler. Engasjement: 4-5 månedsværk dekkes av flomsonekartprosjektet.

System av tidligere flomlinjer: Timeverk på HG og evt. HD registreres på flomsonekart, kan dekkes av flomsonekartmidler. Engasjement: usikkert omfang, ca 40 % på flomsonekartprosjektet, resten på seksjoner med data.

Etablering av målepunkt:

Ressursbehovet i NVE til påvisning til av aktuelle målepunkter anslås til ca 1 time pr pkt, dvs totalt ca 1750 timeverk. Bistand for etablering av målesteder på flomsonekartstrekninger: dekkes 100 % av flomsonekartprosjektet.

Tabell: Oppgaver som vedvarer.

Oppgave	Ansvarlig Seksjon	Utførende Seksjon	Tid	Kroner
Landsnettpunkt	HG	HG	1 ukeverk pr år	-
Registrering av flomlinjer i framtiden	VV HG	Reg.kontor HG	4 ukeverk pr år	75000,- pr år

Det anbefales at en person engasjeres på fulltid på HG til å gjennomføre en rekke av oppgavene knyttet til etablering av digitale vassdragsnivelllement. I første omgang kan dette defineres som et 12 mnd engasjement, men det regnes med at arbeidet vil ta flere år. Det bør utarbeides en kostnadsfordeling mellom berørte seksjoner i NVE. De deler av arbeidet som krever høy kompetanse innenfor datamodellering, GIS eller vassdragsteknikk anses ikke aktuelt å legge til dette engasjementet. Dette forutsettes innarbeidet i de enkelte seksjoners virksomhetsplaner.

Det anbefales at kommunene og Statens Vegvesen dekker kostnader til etablering og vedlikehold av måleskalaer. Årlige kostnader til avlesning av måleskalaer foreslås fordelt med 75% på kommuner/ vegvesen og 25% på NVE. Registrering av ekstremflommer forutsettes å utløse ekstraordinære bevilgninger.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Vassdragsnivellementene langs mange vassdrag i Norge representerer betydelige verdier. En rekke måledata er knyttet opp til disse nivellementene. Blant annet finnes det for en del av vassdragene opplysninger om vannstander ved historiske flommer.

I forbindelse med omorganiseringen av NVE f.o.m. 1991, ble arbeidet med vassdragsnivellementene nedprioritert. Vedlikehold av systemet ble lagt til HM og VV uten tilføring av ressurser, jfr. VV-notat nr 18/92.

HM har ansvaret for videreføring av arkivet med vassdragsnivellement og salg av nivellementsplansjer og nivellementskataloger. VV har ansvaret for etablering av nye nivellementer og vedlikehold av eksisterende nivellementer, med forutsetning om at regionkontorene står for det praktiske arbeidet.

Etter 1989 er det ikke gjennomført oppmåling av nye vassdragsnivellement. HM har gjennomført innlegging av oversiktene over nivellementene i Vassdragsregisteret.

Etter flommen på Østlandet i 1995 er anvendelsen av vassdragsnivellementene blitt aktualisert. Det er særlig satt fokus på opplysninger om vannstander som er knyttet opp mot nivellementene. I forbindelse med utarbeidelse av flomsonekart er opplysninger om tidligere flomvannstander av stor verdi.

Av St.meld nr 42 (1996-97) s.15, framgår at ”departementet mener det er viktig at systemet med flomnivellementer bør revitaliseres”. NVEs brev av 04.08.97 til OED redegjør for NVEs behov for tilleggsressurser på bakgrunn av stortingsmeldingen. Systemet med flomnivellementer foreslås revitalisert og knyttet opp mot flomsonekartarbeidet. Under avsnittet om flomsonekart foreslås opprettet 2 permanente stillinger, hvorav en er knyttet til oppfølging og vedlikehold av vassdragsnivellementene. Gjennom behandlingen av St.prp. nr 1 Tillegg nr 3 (1997-98), ble NVE tilført midler blant annet til flomsonekartlegging. Etter avklaring med OED, knyttet til tildelingsbrevet for 1998, er det klargjort at stillinger knyttet til flomsonekartarbeidet skal finansieres gjennom tildeling på post 21, som for 1998 var på 2,5 mill kr, videre 5 mill for 1999.

I forbindelse med forskningsprogrammet HYDRA er det satt i gang arbeid med digitalisering av vassdragsnivellement for Glomma.

1.2 Mandat, sammensetning av arbeidsgruppe, arbeidsform

En revitalisering av systemet med vassdrags- og flomnivellement reiser en rekke spørsmål av faglig, organisatorisk og økonomisk karakter. På ledermøte i H 31.03.98, ble det besluttet å sette ned en arbeidsgruppe til å gjennomføre dette arbeidet.

Arbeidsgruppa fikk følgende mandat:

"Med utgangspunkt i HM-notat nr 14 /98 skal arbeidsgruppen vurdere og komme med forslag til løsning på de problemstillinger som reises.

- 1) Arbeidsgruppen skal vurdere hvilket behov det er for overføring av vassdragsnivellementene til digital form og foreslå metode for innlegging og organisering av data, samt framdrift for et slikt arbeid. Behov og opplegg for etablering av et elvenettverk med midtlinjer inngår i arbeidet ,med mindre dette defineres som eget prosjekt..*
- 2) Det skal vurderes behovet for revisjoner og vedlikehold av eksisterende vassdragsnivellement, herunder om det skal opprettes et fastmerkeregister og om ødelagte bolter skal erstattes.*
- 3) Det skal gjennomføres en kartlegging av omfang av tilgjengelig materiale i NVE om flomvannstander, både de som allerede er knyttet opp mot vassdragsnivellementene og tilsvarende data hvor slik tilknytning ikke har skjedd. Det skal også fremskaffes oversikt over hvilket grunnlagsmateriale for vassdragsnivellementene som finnes og hvor det er lagret.*
- 4) Det skal foreslås et opplegg for framtidig organisering av flomnivellement inkludert ansvar for innsamling og systematisering av data.*
- 5) Det skal foreslås metode for kvalitetskontroll av de data som ble samlet for Vesleofsen. Systematisering og innlegging av data foretas etter at et slikt opplegg er godkjent.*
- 6) Arbeidsgruppen vurderer administrative og økonomiske konsekvenser av sine forslag og kommer med forslag til ansvarsfordeling og hvor ressurser kan hentes.*
- 7) Arbeidet samordnes i nødvendig utstrekning med arbeidet i NVE med etablering av nasjonal database for tverrprofiler. Det forutsettes at arbeidsgruppen underveis i arbeidet tar kontakt med Statens kartverk og eventuelle andre relevante institusjoner for avklaring av samordningsmuligheter.*
- 8) Arbeidsgruppen rapporterer til ledermøtet i H. Prosjektgruppa i flomsonekartprosjektet fungerer som referansegruppe i arbeidet. Alle forslag til vedtak legges fram for ledermøtet i H, som vurderer om andre avdelinger må trekkes med i beslutningene.*
- 9) Frist for avlegging av rapport settes til 01.06.98."*

Det var forslått at seksjonene HM, HH og HD var representert i gruppa, samt representanter for V sentralt og regionalt. Hallvard Berg ble oppnevnt som leder av gruppa og fikk i oppdrag å avklare med V deres representasjon.

I løpet av tiden det er arbeidet med denne rapporten har personene i arbeidsgruppa som før tilhørte HM flyttet over til ny seksjon, HG (Seksjon for Geoinformasjon). Som følge av

opprettelsen av HG er mange fagoppgaver og ansvar nevnt i denne rapporten, som tidligere lå innunder HM nå tilhørende HG.

Berørte seksjonssjefer fikk frist til 17.04.98 med å oppnevne medlemmer til gruppa. Det ble avklart at kun Øyvind Høydal representerer V i gruppa, men at regionkontorene trekkes med i arbeidet når det anses nødvendig.

Etter dette har gruppa hatt følgende sammensetning:

Hallvard Berg, HG – leder
Vidar Eide, HD
Torstein Herfjord, HG
Øyvind Høydal, VV
Sverre Krog, HH
Astrid Voksø, HG
Eli Øydvin, HG

Det er avholdt 11 møter i gruppa.

Arbeidsgruppa har i rapporten valgt å skille begrepet vassdragsnivellelement i system av vannlinjer og system av fastmerker (se mer i kap. 4).

Arbeidsgruppa har i denne rapporten valgt å bruke ordet flomlinje om flomvannstand og flomnivellelement.

I rapporten omtales flommen i 1995 som Vesleofsen.

Nedenfor kommer en omtale om i hvilke kapitler man finner svar på de forskjellige punkt i mandatet.

Pkt. 1

Behov for overføring av vassdragsnivellementene (vannlinjer og fastmerker) til digital form er vurdert i kap. 4.2. Metode for innlegging og organisering av vannlinjer er foreslått i kap. 4.5. Framdrift for et slikt arbeid omtales i kap. 6.1. Midtlinje blir etablert for alle vassdrag med vassdragsnivellement. Metoden er beskrevet i kap. 4.5. Oppretting av elvenettverk med midtlinjer blir definert som eget prosjekt og omtales ikke her.

Pkt. 2

Vedlikehold av vassdragsnivellement i form av et fastmerkeregister vurderes i kap. 4.2. Vedlikehold av vassdragsnivellement med erstatning av ødelagte bolter, er besvart i kap. 4.3 i sammenheng med spørsmål om bruk av presisjonsnivellement eller GPS som metode i framtiden. Dette er også bevart i kap. 4.4 hvor omfang av et system av fastmerker i framtiden vurderes.

Pkt. 3

I kap. 3 er omfang av tilgjengelig materiale om flomvannstander kartlagt og oversikt over hvilket grunnlagsmateriale som finnes for vassdragsnivellement fremskaffet.

Pkt. 4

I kap. 4.7 foreslås et opplegg for framtidig organisering av flomnivellement. I kap. 5.2 avklares spørsmål om ansvar for innsamling og systematisering av data.

Pkt. 5

Metode for kvalitetskontroll av data som ble samlet for Vesleofsen er foreslått i kap. 4.6.

Pkt. 6

Forslag til ansvarsfordeling er omtalt i kap. 5. I kap.6 er administrative og økonomiske konsekvenser av forslag og forslag til hvor ressurser kan hentes vurdert.

Pkt. 7

Samordning med arbeid med etablering av nasjonal database for tverrprofil ivaretas gjennom utarbeidelse av retningslinjer for flomsonekartprosjektet.

På møte 18.05.98 informerte Olav Vestøl fra Geodesidivisjonen i Statens kartverk, om Kartverkets arbeid med presisjonsnivellement.

1.3 Begreper

Ellipsoide:

Lukket krum flate som av ethvert plan blir skåret i en ellipse. Er to av halvaksene like store, blir ellipsoiden en omdreiningsellipsoide (eller rotasjonsellipsoide) idet den kan tenkes fremkommet som dreining av en ellipse om en av sine halvaksler. Omdreiningsellipsoiden benyttes innen geodesi som referanseflate og for angivelse av jordens form og størrelse. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Fastmerke:

Varig merket punkt, markert med bolt der plane koordinater og/ eller høyde er bestemt, eller er planlagt bestemt i et geodetisk system. Fastmerke tjener hovedsakelig som grunnlag ved kartlegging og oppmåling. Tidligere kunne fastmerke også innbefatte borehull, merke i fjell eller lignende (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Flomlinje:

Vannlinje (se egen definisjon) ved en flom.

Geoide:

Geoiden er en ekvipotensialflate (nivåflate) i jordens tyngdefelt som faller sammen med midlere havflate når man tenker seg havet i fullstendig ro (uten tidevannsbevegelse, havstrømmer eller bølger). Geoiden følger havets tenkte forlengelse under kontinentene. Tyngdekraftens retning står normalt på geoiden i ethvert punkt. Geoiden er bl.a. referanseflate for høydeangivelse og astronomiske observasjoner. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Geoidehøyde:

Avstanden mellom referanseellipsoide og geoiden målt langs ellipsoidenormalen. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Geovekst:

Organisert samarbeid om etablering av kart og geodata (teknisk/ økonomisk kartlegging). Sentral intensjonsavtale er inngått mellom en rekke større etater/ organisasjoner med store behov for geodata. Kartleggingen styres av Statens Kartverk i fylkene. Hvert enkelt

kartleggingsprosjekt gjennomføres etter samfinansieringsmodell, med åpning for enhver part som ønsker data for området.

GPS:

Global Positioning system, egentlig NAVSTAR GPS som står for NAVigation System with Time And Range Global Positioning System. Et satellittbasert posisjoneringssystem utviklet av det amerikanske forsvarsdepartement tidlig på 70-tallet.

Grunnlagsnett: Punkter (fastmerker) i et overordnet nett som utgjør grunnlag for beregning av nye punkter (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Grunnlagspunkt: Utgangspunkt (fastmerke) med gitte verdier brukt under beregning av nye punkter i et geodetisk måleopplegg (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Høydegrunnlag:

Et geodetisk høydegrunnlag kan defineres som et sett av punkter (fastmerker) med gitte høyder som andre høydebestemmelser kan basere seg på.

Landsnett:

Nettet under stamnett benevnes landsnett (innmålt med minimum 4 GPS-vektorer) (Retningslinjer for innføring av EUREF89, 1997).

Loddavvik:

vinkelforskjell mellom stedets loddlinje og ellipsoidenormalen på stedet. L. angis vanligvis med en nord-sørkomponent og en øst-vest komponent. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Midtlinje: Matematisk generert midtlinje av en digital elv. Utgangspunktet er høyre og venstre elvebredd. Øyer i elva har en sett bort ifra.

Nivellement:

målemetode, måler høydeforskjeller ved å utføre horisontale sikt. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Normal null 1954, NN 1954:

datum for gjeldende nasjonalt høydegrunnlag

Ortometrisk høyde:

Et punkts avstand fra geoiden, målt langs loddlinjen. Med høyde over havet menes vanligvis ortometrisk høyde. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Presisjonsnivellement:

Meget nøyaktig nivellement med nærmere definert feilgrense. Ved fram- og tilbakenivellement skal avviket i høydeforskjell ligge på eller under en grense som i Norge etter 1974 har vært $2\sqrt{s}$ mm hvor s er avstanden i kilometer mellom nabofastmerker. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Stamnett:

Navn på nytt geodetisk overordnet nett som består av 930 fastmerker fordelt over hele landet.

De offisielle koordinatene på fastmerkene er oppgitt i datumet EUREF89. (Retningslinjer for innføring av EUREF89, 1997).

Vannstand:

Høyden av vannflaten på et bestemt sted i et gitt tidspunkt. (Ordbok for kart og oppmåling, 1989)

Vannlinje:

Linje som viser fallforholdene i et vassdrag, basert på sammenhørende observerte eller beregnede vannstander.

Vassdragsnivellement:

Nivellement utført på tilsvarende måte som presisjonsnivellement, men med et større tillatt avvik i høydeforskjell. Før 1970 var tillatt avvik $15\sqrt{s}$ mm og $10\sqrt{s}$ etter 1970.

2. Vassdragsnivellement

2.1 Generelt om nivellement, Statens kartverks presisjonsnivellement

Nivellement (geometrisk) er en målemetode for å bestemme høydeforskjeller, ved å utføre horisontale sikt (vanligvis inntil 50 m lange), med et nivellerinstrument mot loddrette oppstilte nivellerstenger eller loddrettstående meterskalaer. Vanligvis plasseres nivellerinstrumentet nær midt mellom stengene. Presisjonsnivellement er et meget nøyaktig nivellement med nærmere tillatt feilgrense. Ved frem- og tilbakenivellement skal avviket i høydeforskjell ligge på eller under en grense som i Norge etter 1974 har vært $(2\sqrt{s})$ mm hvor s er avstand i kilometer mellom nabofastmerker. Statens kartverks 1. ordens presisjonsnivellement følger disse kravene. Avstanden mellom fastmerkene som normalt settes ut som merkede bolter i terrenget, er i gjennomsnitt ca. 1 km. Presisjonsnivellement til Kartverket er innmaten i gjeldende nasjonalt høydegrunnlag, NN1954. Kartverket går mange presisjonsnivellement i dag. Det viktigste formålet med dette er å forbedre geoidmodellen til Kartverket. Denne geoidmodellen ligger til grunn både for beregning av geoidehøyde, for overgang fra ellipsoidisk bestemte høydepunkt (GPS målinger) til høydeverdi referert til NN1954, og blir grunnlaget for overgang til nytt nasjonalt høydegrunnlag (se kap. 4.3.3). Man fortetter i områder hvor det fra før av er glissent med nivellement (typisk i Nord-Norge). Videre har dagens krav til 1 km mellom fastmerker ført til at enkelte strekninger går opp på nytt, da avstand mellom bolter i nivellement før 1970 var 3 km.

NVEs vassdragsnivellement er utført på samme måte som Kartverkets nivellement, men med et tillatt maksimalt avvik på $15\sqrt{s}$ før 1970 og $10\sqrt{s}$ etter 1970. Dette er en nøyaktighet som tilsvarer rimelige krav til formålet med et vassdragsnivellement. Avstanden mellom fastmerkene varierer, men er i gjennomsnitt omtrent 2,5 km.

2.2 Historisk tilbakeblikk på vassdragsnivellement

NVE skiller mellom "Eldre vassdragsnivellement" og "Nyere vassdragsnivellement".

De eldre nivellementene er målt og opptegnet i perioden fra før 1900 fram til 1920 og gir kun en orientering om fallforholdene i vassdraget. Flere av disse nivellementene finner man i oppgradert form blant de "nyere". De nyere nivellementene er utført i perioden fra 1920 til 1990 og gir flere og mer nøyaktige data som vedrører vassdraget. Man finner her i tillegg skisser over fastmerkene, samt nedbørfeltet angitt i km^2 oppstrøms ethvert sted i vassdraget. Både de eldre og nyere nivellementene er utført som rene høydemålinger uten angivelse av andre koordinater, heller ikke for fastmerkene. I den senere tid har Kartverket målt inn nye høyder på NVEs fastmerker når deres presisjonsnivellement har passert i nærheten av disse.

Det antas at målinger normalt er utført med nivellerkikkert, men at det i spesielt kupert terreng er benyttet teodolitt. Avstanden mellom de nivellerte punktene er målt optisk med

målestang. Så vidt man har brakt i erfaring er det ikke benyttet målebånd. De målte vannstandene i vassdraget er angitt bare på nivellementsplansjene som høyder stedfestet med målt avstand fra vassdragets utløp i havet eller for sidevassdragene fra utløpet i en større elv eller innsjø. Ingen nivellement er inntegnet på kart bortsett fra på oversiktskartet i målestokk 1:1,8 mill., som er vedlagt som bilag til "Katalog over nivellerte elver av 1981" nevnt nedenfor under pkt. 2.3. Heller ikke fastmerkene er inntegnet på kart og finnes bare beskrevet og inntegnet på fastmerkeskissene til hver enkelt nivellementsplansje. Fastmerkene i vassdragsnivellementene er satt ut som merkede metallbolter i fjell, brokar, store steiner og lignende. Fastmerkene er fortløpende nummerert fra F.M.1, med stigende tall fra nederst og oppover i hvert enkelt vassdrag.

Flere tilknyttede data til nyere vassdragsnivellement er påført lengdeprofilene, ofte kalt "plansjer". Det er bl.a. påført følgende: Dato og årstall for oppmålingen, vannmerker i vassdraget og for enkelte steder er vannstand målt på forskjellige dager. Det gjøres spesielt oppmerksom på at til de aller fleste nivellement foreligger et ark med evt. korrigerte høyder og nye opplysninger om fastmerker, flommerker og vannmerker. Disse opplysningene skal alltid følge vassdragsnivellementene.

I "historisk tid" fram til 1990, var oppmåling av nye og vedlikehold av eksisterende vassdragsnivellement tillagt den tidligere "Avdeling for vassdragsundersøkelser". Etter den tid har det ikke vært konstruert nye vassdragsnivellement og vedlikeholdet har vært forsømt. I prinsippet skal nå, så vidt kjent, oppmåling av nye vassdragsnivellement utføres som oppdrag og vedlikehold av eksisterende tillegges regionkontorene (1990).

2.3 Arkiv

Oversikt over både de eldre og nyere vassdragsnivellementene framgår av "Katalog over nivellerte elver med korreksjoner og tillegg 1981", utgitt av NVE. Til denne katalogen foreligger det et løssblad, kalt "Tabell B – Tabell, over de vassdragsnivellementene som NVE har utgitt i tida 1981-1990". Tabellen omfatter vassdragsnivellement nr. 591-607, i alt 12 vassdrag, og skal følge all distribusjon av katalogen sammen med bilagskartet som viser den geografiske beliggenheten til de nummererte vassdragsnivellementene fram til 1981. Av annet grunnlagsmateriale foreligger det et utall av gamle nivellements bøker som er ført i felten og som i dag neppe har noe annet enn historisk interesse. På flere av de ark som følger hvert enkelt vassdragsnivellement er det bemerkninger om innmåling av flommerker og "Resultatet av målingene finnes i NVE's arkiv". Dette har man ikke funnet. Seksjon for Miljøhydrologi har i dag ansvaret for arkiv og distribusjon av vassdragsnivellementene.

NVEs regionkontorer har transparentkopier av nivellementsplansjer, samt kataloger og tabeller. Arbeidsgruppa har mottatt indikasjoner på at noe originalmateriale i form av flomlinjer påtegnet transparentkopier av nivellementsplansjer kan finnes på regionkontorene.

Både innenfor og utenfor NVE er det svært variabelt hvor god kjennskap man har til vassdragsnivellementene, og det er høyst variabelt om de brukes.

3. Tilgjengelig materiale om flomlinjer i NVE

3.1 Tilknyttet Vassdragsnivellementene

Det er knyttet en viss usikkerhet både til hva som finnes av data i tilknytning til vassdragsnivellementene og hvor disse er lagret. Arbeidsgruppa ved Torstein Herfjord, HG, har gjennomført en del "leteaksjoner". Her refereres det som gruppa så langt har klart å finne av relevant materiale.

I forbindelse med at vassdragsnivellementene ble gått opp, ble det nivellert en del flommerker. Disse er påført nivellementplansjene på aktuelt sted i lengdeprofilen, med henvisning til type merke, sted og flomår (evt. dato).

Eksempel: *"Flom 1879 – 13.243 – merke i fjell i indre veikant"*

Som bilag til nivellementsplansjene er det funnet enkelte hefter. I disse redegjøres for en rekke forhold som er av interesse både for nøyaktigheten på selve nivellementet og flommerkene. Som eksempel siteres fra "Bilag til nivellement av Skienselv, Sauarelv og Eidselv", side 7:

"Så vel i Skienselv som i Sauarelv og Eidselv har man en god del flommerker fra de største flommer, men en del av dem er mindre godt fiksert og andre er kun nærmest å betrakte som sagnmessige. Dette gjelder især de eldre flommer og da særlig flommen i 1860."

I samme hefte er det opplysninger om tilknytning til presisjonsnivellement, grunnlag for opptegning av lengdeprofiler, flommerker og avleste flomvannstander samt vannstandsobservasjoner i løpet av oppmålingsperioden for nivellementet.

Det er funnet slike hefter for følgende vassdrag, plansjenr. i parentes:

- Skienselv, Sauarelv og Eidselv (338, 339, 340), utgitt 1930
- Glomma nedenfor Øyeren (19-22 og 24 – Glomma bl 1-4 og 6), utgitt 1923

Det er i heftene vist til at det er tegnet opp lengdeprofiler for en rekke vannføringer. Det har ikke lyktes gruppa å gjenfinne alle disse.

For Glomma er det funnet følgende lengdeprofiler for flommene i 1916 og 1934:

- Glomma fra Øyeren til Aursunden (bl 24 – 42)
- Håa (bl 57)
- Hitteråa (bl 59)
- Folla (bl 66)
- Osa (bl 79)
- Rena (bl 169 – 171)

For flommen i 1966 er det funnet lengdeprofil for:

- Glomma fra Øyeren til Aursunden (bl 24 – 41)

For alle disse opptegningene er det presisert at vannstanden refererer til samme generalplan som høydekotene på nivellementsplansjene.

For flommen i 1934 finnes det i tillegg et notat, datert desember 1934, på 20 sider, som rapporterer fra måling av flomvannstander etter flommen i 1934. Det er detaljerte beskrivelser av hvert målepunkt som gir grunnlag for å bedømme kvaliteten. Det er dessuten for enkelte punkter tatt med enkelte opplysninger om vannstander ved tidligere flommer. Sammen med notatet finnes også en grafisk framstilling av differansen i vannstand mellom flommene i 1916 og 1934 for strekningen fra Steibroen til Øyeren.

For Gaula i Sør-Trøndelag er det funnet lengdeprofiler som viser flomlinje for 1940-flommen:

- Gaula fra Gaulosen til samløp med Forra (bl 1-3)

Sammen med disse følger en rapport fra ingeniør Olaf Strand på 111 sider, som omtaler en rekke forhold ved flommen i Gaula i august 1940, også skaderapporter fra vassdraget. Som bilag til denne følger diverse figurer, som dels går på hydrologiske forhold, dels på hydrauliske forhold. En rekke vannlinjer er tegnet opp for området Gaulfoss – Sokna. Bilag 4 (i alt 13 sider) er av særlig interesse her, da det omtaler bestemmelsen av flomhøydene og gir en beskrivelse av de innmålte flommerer samt en vurdering av kvaliteten. Som bilag 5 følger diverse foto fra flommen og like etter, med dokumentasjon av skader. Fra Region Midt-Norge er det mottatt opplysning om at flomlinjen fra 1940 foreligger i form av original påtegning på transparentkopier av nivellementsplansjene.

For Drammensvassdraget er det funnet et særtrykk av Norsk Teknisk Tidsskrift, 1887:

”Bidrag til Drammens vassdrags hydrografi”, utarbeidet av Kanalvæsenet. Her finnes blant annet lengdeprofiler for hovedgrenene i vassdraget med lavvannstand og noen flomlinjer. Flomvannstander er oppgitt med referanse til en rekke vannmerker, og flomlinjer er tegnet opp, blant annet for flommen i 1860, 1853 og 1879. Vannlinje for middelflom er også vist en rekke steder. Høydene refereres til ”Kanalvæsenets nivellement i årene 1856-64”.

I etterkant av flommen i 1995 ble det nivellert inn en rekke punkter, dels av NVE selv dels av andre etater, som skal representere maksimalvannstand for flommen. Disse data er samlet av HH og lagt inn i regneark. Punktene ble plottet med sine målte høydeverdier på flomarealkartene som ble produsert i samarbeid mellom NVE og SK. Det gjenstår et betydelig arbeid med gjennomgang av observasjonene for tilknytning til vassdragsnivellelementet. Det er ganske sikkert feil/ unøyaktigheter i materialet som en må ta stilling til før en definerer den ”offisielle” vannlinjen for 1995-flommen.

I kap 3.3 er det redegjort nærmere for data fra flommen på Østlandet i 1995 og flommen i Nord-Norge i 1997.

3.2 Andre opplysninger om flomlinjer

I Hydrologisk avdelings arkiv finnes en del opplysninger om vannstander under tidligere større flommer. Dette gjelder både ordinære observerte data og spesielt innmålte kulminasjonsvannstander utenom de vanlige avlesnings-tidspunkter. Slike opplysninger er samlet i de såkalte ”summasjonsmapper” i arkivet, og utdrag av opplysningene er også ført i våre gamle ”vannmerke-protokoller”. Dessuten finnes en del annet skriftlig flommateriale samlet i spesielle mapper ved avdelingen.

Avdelingens områdehydrologer (13 stk.), som er godt kjent i sine respektive områder, har også kjennskap til enkelte flomhøyder i marken under tidligere storflommer. Det samme gjelder noen av våre lokale vannstandsobservatører, som kan påvise hvor høyt vannet steg under nærmere angitte flommer.

I tillegg finnes mer offisielle flommerker, som viser flomhøyden under ulike flomår.

I avdelingens dataarkiv er døgnvannstander lagret for praktisk talt alle hydrologiske målestasjoner og samtlige observasjonsår. Disse vannstander er som oftest oppgitt i lokal høyde. Vannstanden er, naturlig nok, angitt for observasjonstidspunktet. Kulminasjonsverdien kan følgelig ha vært noe høyere.

Etter storflommen på Sør- og Østlandet i oktober 1987, sendte Hydrologisk avdeling ut en anmodning til berørte kommuner om å rapportere inn lokalt observerte flomvannstander. Det er mottatt et omfattende og verdifullt materiale fra 109 av de 119 berørte kommunene.

Forbygningsanlegg som er finansiert og utført av NVE er ofte satt i gang etter flomskader. For hver plan eller anlegg finnes det egne saksmapper som går opptil 100 år tilbake. I disse planene ligger det ofte informasjon om vannlinjer. Dette gjelder spesielt for senkings- og flomverksanlegg. Vannlinjer som ligger i planen er ofte observert under flom, normal vannlinjer eller vannlinje på oppmålingstidspunktet. For senkingstiltak vil det også finnes beregnet vannlinje etter senking. Enkelte mapper er også samlemapper for hele vassdrag som inneholder utklipp og observasjoner fra spesielle flomhendelser.

3.3 Data fra flommen i 1995 og 1997

3.3.1 Flommen 1995

Etter flommen i 1995 utførte Hydrologisk avdeling et betydelig arbeid med å registrere vannstandens kulminasjonsverdi på flest mulig steder langs vassdraget. Registreringen baserte seg på følgende grunnlag:

- a) Alle aktuelle kommuner ble skriftlig oppfordret til å melde fra om registrerte flomhøyder. Mange kommuner fulgte oppfordringen.
- b) Samme oppfordring ble gitt aktuelle kraftverk. Også disse ga oss nyttige opplysninger.
- c) Enkelte privatpersoner foretok avmerking av kulminasjonsvannstanden.
- d) Ved mange av våre permanente hydrologiske målestasjoner ble vannstanden registrert kontinuerlig under flommen. Her fikk en altså ikke bare kulminasjonsverdien, men også utviklingen under flommens gang.

- e) I terrenget kunne en like etter at flommen var over, mange steder tydelig se hvilken høyde vannstanden nådde opp til.
- f) Høydeverdiene er basert på nivellering til et kjent punkt i nærheten. Det er variabelt hvilken nøyaktighet som kan forventes ved de ulike grunnlagspunktene.
- g) Koordinater i planet er tatt ut fra avmerking av målepunktene på kart i målestokk 1:50 000 (N50).

Ved hjelp av ovennevnte grunnlag foretok Hydrologisk avdeling, sommeren 1995, et omfattende oppmålingsarbeid for å få registrert vårens flomhøyder. Alt innsamlet materiale er arkivert i tre velfylte mapper, omfattende som følger:

- 1) Glomma . Strekningen Fredrikstad – Stai.
- 2) Glomma. Strekningen Stai – Aursunden og Rena, Folla og Atna.
- 3) Laagen. Strekningen Vormsund – Dovre.

For Glomma er det registrert 222 punkter, for Lågen 49 punkter.

VRØ har i tillegg registrert en del punkter, særlig i tilknytning til flomsikringsanlegg på strekningen Os-Elverum, samt Trysilelva fra Innbygda og sørover til Plassen. Det er nivellert inn en del av disse, men fortsatt mangler innmåling av noen av punktene.

Statens Kartverk i de berørte fylkene Hedmark, Oppland, Akershus og Østfold koordinerte innsamlingen av flomvannstandsdata som ble lagt inn på flomarealkartene. Ved å kontakte disse kontorene nå i ettertid, har en fått tilgang til grunnlagsmaterialet for de punktene som ble lagt inn på flomarealkartene. Det er verdt å merke seg at noen av vannstandspunktene som finnes i bakgrunns materialet ligger utenfor flomarealkartene og derfor kun finnes dokumentert på disse listene.

Statens Vegvesen i Hedmark målte inn en rekke punkter knyttet til vegstrekninger som ble oversvømt og har systematisert materialet i en ringperm. Antall punkter i Hedmark er ca 100. Det er tatt utgangspunkt i vegstrekninger som ble oversvømt. Målearbeidet foreligger som dokumenter i en ringperm med detaljkart og opplysning om hvilke fastmerker som er benyttet som grunnlag.

Kartverket i Akershus har oversendt nærmere dokumentasjon knyttet til 8 punkter. Til dels dreier det seg om tidsserier ut fra manuelle avlesninger av oppsatte skalaer.

I Østfold finnes det etter det vi har fått opplyst fra Kartkontoret ikke opplysninger om vannstander ut over det NVE har i sitt materiale.

NVE har ikke fått tilbakemelding fra Kartverket i Oppland.

3.3.2 Flommen 1997

I forbindelse med flommen i Nord-Norge i 1997 ble det satt opp midlertidige måleskalaer i en rekke vassdrag. Skalaene ble oppsatt av kommunene etter innspill fra NVEs regionkontor. Dataene er ikke innhentet til NVE. Det er ukjent hvilket omfang materialet har og om det er systematisert av kommunene.

4. Revitalisering av NVEs system av høydefastmerker og vannlinjer

Arbeidsgruppa har fått i oppdrag å vurdere en modernisering av systemet med vassdragsnivellelement, inklusive revisjoner og vedlikehold. Det har i NVE vært vanlig å omtale systemet av fastmerker både om selve målearbeidet og data på plansjene som 'vassdragsnivellelementene'. Arbeidsgruppa synes dette blir uryddig og ikke i samsvar med vanlig definisjon av nivellement, se kap 1.3.

Det er derfor valgt å skille mellom systemet av fastmerker og vannlinjer. Både med hensyn til type data, anvendelse og kompetanse som kreves for forvaltning, er det forskjeller mellom disse systemene. Samtidig er det selvsagt slik at det er en sammenheng når vannstandsdatene tar utgangspunkt i fastmerkene fra nivellementet.

Fastmerkene representerer en forankring av måledata i faste punkter i terrenget. Ikke minst danner fastmerker et utgangspunkt for videre målearbeid. Fastmerker inngår i geodetiske system som må forvaltes av personer med landmålingskompetanse. Et system av fastmerker ses i denne sammenheng på som en systematisert plassering av fastmerker i terrenget, som dermed inngår i et såkalt fastmerkenett. Et system av fastmerker har et strengere krav både til plassering og nøyaktighet til hvert enkelt punkt, enn for eksempel fastmerker etablert ved en målestasjon eller i et tverrprofil.

Vannlinjene er kun dokumentasjon av en tilstand i vassdraget, der vannstandspunkter er målt og satt sammen til en vannlinje. For å kunne presenteres i forhold til et felles referansesystem, er det nødvendig å ta utgangspunkt i fastmerker.

På nivellementsplansjene er det framstilt minst en slik vannlinje. Denne skal være slik at den representerer fallforholdene i vassdraget på en god måte. Vannlinjer er hydrologiske data som har en helt annen anvendelse enn fastmerker. Flomlinjer er kun en type vannlinje. Det er likevel valgt å gi flomlinjer en spesiell omtale, da dataene pr i dag stort sett ikke er systematisert på tilsvarende måte som vannlinjer på vassdragsnivellementsplansjene.

I dette kapitlet gjennomgår først i kap 4.1 hvilke anvendelser en ser for et system av fastmerker med god høydebestemmelse og vannlinjer. Det er lagt hovedvekt på anvendelser innenfor NVEs arbeidsområde. Som underlag for en vurdering av modernisering av systemene er det gjennomført en drøfting i kap 4.2 av behovet for digitale vannlinjer og et fastmerkeregister som arvtakere etter de eksisterende plansjer og lister. Det er i kap 4.3 redegjort for de store omveltninger med hensyn til målemetoder og grunnlagsnett som pågår for tiden, idet det legger visse føringer på en modernisering av 'vassdragsnivellementene'.

I kap 4.4 – 4.7 gjennomgår arbeidsgruppa ulike alternativer for revitalisering av NVEs system med høydefastmerker og vannlinjer ('vassdragsnivellementene') og foreslår løsninger.

4.1 Anvendelser

I følgende nevnes arbeidsområder innenfor NVEs virksomhetsområde, hvor det er behov for tilgang på fastmerker og vannstandsdata tilknyttet nasjonalt grunnlag i grunnriss og høyde.

- Planlegging og bygging av flomverk

På flomverk trenger man høyde referert til et felles høydegrunnlag, angitt som høyde over havet. Dette fordi det er viktig med sammenheng med andre terrenghøyder, som eksempelvis sokkelhøyde på hus bak flomverket. Varslede vannstander og høyden på flomverk må ha felles høydegrunnlag - se også nedenfor om beredskap. Det blir mer og mer viktig at flomverkene også stedfestes i grunnriss. Grunnen til dette er at inngrep som flomverk bør kunne plasseres inn på kommunale kart.

- Stedfesting av forbygninger

Det må regnes med langt større krav til dokumentasjon av alle typer forbygninganlegg i framtiden. Det må regnes med krav i henhold til plan- og bygningsloven om at NVE måler inn ferdigstilte anlegg i et nasjonalt koordinatsystem, med verdier både i grunnriss og høyde. Som en konsekvens av at NVE deltar i Geovekst, vil det være naturlig at forbygninger inngår som tema i kartleggingen. NVE vil på sin side dermed også fra Geovekst få krav på seg om å levere data om nyanlegg eller ajourførte data om anlegg som endres i forbindelse med vedlikehold. Det vil følge av ajourholdsavtalen mellom partene i Geovekst, som skal sikre at den felles kartdatabasen oppdateres.

- Flomvarsling og flomberedskap

For den lokale beredskap vil det være nyttig med et nett av fastmerker langs vassdragene. Etter hvert som den kvantitative flomvarslingen kommer i gang i en del vassdrag, vil behovet for gode høydereferanser bli tydeligere. En varslet vannstand på utvalgte punkter må i praksis omsettes i vannlinjer.

- Behandling av areal- og byggesaker

Innmåling av flommerker krever nivellering fra kjente høyder. Det må være sammenheng mellom høyden på vannstander og andre målte høyder (flomverk, sokkelhøyder o.a). I forbindelse med arealutnyttelse langs vassdrag er dette særlig nyttig informasjon.

- Vannmerker

Når et vannmerke etableres knyttes denne til en kontrollbolt. For modellering (hydralisk- eller grunnvannsmodellering) er det nødvendig at kontrollbolten knyttes opp mot gjeldende høydegrunnlag. I dag er dette bare gjort i noen få tilfeller.

- Erosjon og masseavlagring

Kontroll av endringer i bunniva over tid krever faste referanser. Endringer i bunniva er det svært aktuelt å dokumentere etter inngrep i vassdrag og dette krever stedfesting i grunnriss og høyde.

- Flomsonekart

Flomsonekartprosjekter trenger terrengdata samt vannstandsdata både i elveleie og på land. Observasjoner som skal benyttes i flomsonekart må også være stedfestet i grunnriss, da dataene både skal kunne kobles sammen fra ulike kilder og kunne presenteres på kart.

- Flomvannstandsobservasjoner og arealplanlegging

Maksimum høyde av en flom er viktig informasjon. Kvaliteten på fastmerkene som vannstandsobservasjonene måles inn fra er avgjørende for videre bruk av observasjonene. Mange observasjoner langs et vassdrag gir historiske vannlinjer. Ei vannlinje for en flom vil kunne svare til ulike gjentakintervall nedover i vassdraget. Lokalt, på en delstrekning vil vannlinja svare til en høyde som direkte kan brukes i flomsonekartsammenheng og direkte i vurdering av arealplaner. Historiske vannlinjer har dessuten større gjennomslagskraft hos publikum enn modellerte vannlinjer svarende til en vannføring med et eller annet gjentakintervall. I konkrete saker om arealplanlegging er tidligere flommerker et godt grunnlag for å vurdere flomfaren

4.2 Digitale eller analoge fastmerker og vannlinjer

4.2.1 Innledning

Å omtale fastmerker og vannlinjer som analoge vil si at informasjonen er lagret og tilgjengelig i papirform. Slik er det i dag. Den eneste informasjon som er tilgjengelig digitalt om vassdragsnivellelementene finnes i rapportbiblioteket i Vassdragsregisteret. Dato for oppmåling og stedfesting med vassdragsnummer for hver plansje er lagret der.

Vassdragsnivellelementene inneholder flere typer informasjon. Det mest sentrale er vannlinjen, fastmerkene og nedbørfeltarealene. Nedbørfeltarealene er gamle data som i dag er erstattet med digitaliserte data i REGINE (REGIster over Nedbørfelt).

Å omtale vannlinje og fastmerker som digitale vil si at data overføres til en database og gjøres tilgjengelig fra forskjellige edb-verktøy (GIS, Excel).

4.2.2 Fastmerkeregister

I likhet med andre etater har NVE ansvar for forvaltning av egne fastmerker. Hovedtyngden av fastmerker er høydefastmerker i vassdragsnivellelementene og fastmerker som kontrollbolter til vannmerker. Disse finnes kun på analog form og i ulike arkiv og er vanskelig tilgjengelig. Det er i tillegg for dårlig kontroll med og oversikt over for eksempel hvilke høydefastmerker i vassdragsnivellelementene som fortsatt eksisterer i terrenget og dermed er aktuelle for bruk ved måleoppdrag. Det er et problem ved dagens krav til stedfesting, at kun et fåtall av kontrollboltene til vannmerkene er tilknyttet nasjonalt høydegrunnlag, NN1954.

Etablering, systematisering og lagring av fastmerker i NVE er ikke bare et tilbaketrukket stadium som representerer noe som inngår i et historisk arkiv. I dag pågår for eksempel, i regi av flomsonekartprosjektet, tverrprofilering i elver, der fastmerker etableres på hver side av elva. NVE mottar digitale koordinater på disketter, og disse dataene er det behov for å ta vare på en egnet måte.

Arbeidsgruppa mener det prinsipielt er behov for et fastmerkeregister for å oppfylle krav om oversikt og forvaltning av egne fastmerker. I tillegg er data lettere tilgjengelig på digital form enn ved å måtte lete etter opplysninger i et manuelt arkiv.

Ved hjelp av et fastmerkeregister er det for eksempel enklere å få oversikt over og fremskaffe nødvendig informasjon om aktuelle grunnlagspunkt i forkant av et måleoppdrag. Tilsvarende kan fortløpende ajourføring og kontroll utføres, ved at for eksempel opplysning om et forsvunnet høydefastmerke, rapporteres direkte inn til et fastmerkeregister.

Det har vært spørsmål om ikke Kartverket kan overta ansvaret for NVEs fastmerker. Kartverket har sagt at dette er en mulighet, men at de selv sliter med begrensede ressurser og midler til vedlikehold av eget fastmerkeregister. Arbeidsgruppa ser det derfor vanskelig å satse på samarbeid med Kartverket, da det er viktig med et fortløpende oppdatert og oppegående fastmerkeregister.

Det må stilles krav at punkt som legges inn i et fastmerkeregister må være tilknyttet nasjonalt grunnlag, slik at punkt med lokal referanse unngås. Eksempelvis kan først vannmerker legges inn etter hvert som kontrollbolt innmåles og tilknyttes NN1954 og horisontalt grunnlag.

Arbeidsgruppa har ikke sett det som sitt ansvar å utarbeide databasebeskrivelse og implementering av database. Men det stilles krav at Statens kartverks standard for "Fastmerkenummerering og fastmerkeregister" legges til grunn for fastmerkeregisteret.

4.2.3 Vannlinjer

Bruken av GIS til å utføre analyser i elver og vassdrag skaper behov for og muliggjør bruk av stadig flere datatyper. Dette forutsetter at dataene er tilgjengelig digitalt. Det ligger mye informasjon om fallforhold i vassdragsnivellelementene. Så lenge de er analoge, kan de bare sees på hver for seg og analyseres manuelt. Selv ikke en oversikt over hvilke strekninger som er nivellert finnes digitalt i dag. Gjøres vannlinjene digitale kan en f.eks få oversikt over hele vassdrag, analysere deler av elva på tvers av plansjeinndeling og de kan brukes i ulike analyser der vannlinja er viktig. Spesielt er dette tilfelle i alle analyser om flomforhold, dvs. flomsonekart, flomberedskap, arealforvaltning og i flomforebyggende tiltak. Det har vist seg spesielt nyttig med digitale vannlinjer ved flomsoneanalyse for elvestrekninger der det ikke finnes tverrprofiler eller hydrologiske simuleringer. Her er vannlinja fra vassdragsnivellelementene benyttet som lavvannstand og ulike flommer er beskrevet ved å heve denne vannlinja med ulik antall meter. I tillegg er flomlinjer fra kjente historiske flommer benyttet. Resultatene er flomsonekart som viser oversvømt areal ved hjelp av disse vannlinjene.

Informasjon som ligger i Vassdragsnivellelementene er lite kjent blant saksbehandlere. Arbeidsgruppa tror at ved å gjøre vannlinjene digitale og dermed få mulighet til å spre denne informasjonen, vil bruken etter hvert øke og saksbehandlingen bli mer effektiv.

Arbeidsgruppa anbefaler at vannlinjene overføres til digital form. Man bør starte arbeidet med først å registrere hvilke elvestrekninger som er vassdragsnivellert. Resten av arbeidet bør tas vassdrag for vassdrag i en prioritert rekkefølge.

4.3 Nivellement eller GPS

4.3.1 Bruk av GPS for høydebestemmelse

Det finnes flere metoder for høydebestemmelse. Et felles trekk ved høydemåling er bestemmelse ved hjelp av avstandsdifferanser langs en loddlinje. Den metoden folk flest forbinder med høydebestemmelse er nivellement (jfr. kap. 2.1). Ved krav til god nøyaktighet over lengre avstander må tyngdemålinger også utføres og trekkes inn i beregningene. Dette på grunn av at jordens flattrykning fører til for eksempel at man vil oppleve å få ulike høydeverdi i hver ende av et vann. En annen metode er å benytte teodolitt med avstandsmåler eller totalstasjon. Høyde bestemmes ved måling av vertikalvinkel og avstand. Avstand er også her avgjørende for nøyaktighet. Ved avstander mer enn 250 meter må man ta hensyn til feilkilder som jordkrumning og refraksjon. En tredje metode er bruk av GPS for høydebestemmelse. Denne metoden omtales spesielt i dette kapittelet.

GPS er en forholdsvis ny landmålingsmetode. Punkt bestemmes både i grunnriss og høyde, tilsvarende som for eksempel med totalstasjon. Den store forskjellen fra tradisjonelle landmålingsmetoder er at denne metoder er et satellittbasert posisjoneringssystem. Praktisk konsekvens av dette er at man ikke lenger krever fri sikt mellom punkter på bakken. Man trenger heller ikke dagslys og hindres ikke av tåke, snøvær osv. Man må bare passe på å ha god nok sikt til et tilstrekkelig antall satellitter (min. 4 stk). Systemet er utviklet av det amerikanske forsvarsdepartementet tidlig på 70-tallet. Formålet var å utvikle et passivt posisjoneringssystem, og opprinnelig var systemet kun tenkt brukt til militære navigasjonsformål. Etter hvert tok sivile i bruk systemet og dette førte til at i 1994 ble systemet offisielt erklært operativt. Anvendelsesområder er i dag bl.a. navigering av fly, skip og biler og diverse landmålingsformål. I løpet av de siste årene har det skjedd mye med bl.a. forbedring av utstyr, økt tilgjengelighet av satellitter og reduksjon av pris. Høyest nøyaktighet oppnås ved såkalt differensiell fasemåling og sanntidsmålinger. Måletiden er også avgjørende for hvilken nøyaktighet man kan oppnå.

Med GPS måles det fra mottaker på bakken til satellitt. Mellom to mottakere på bakken får man en såkalt GPS-vektor (dx, dy, dz). I beregningsprogram for prosessering av GPS-vektorer, omdannes denne vektoren til en horisontalvinkel, en vertikalvinkel og en avstand. Tilsvarende som eksempelvis med totalstasjon benyttes så vertikalvinkel og avstand til beregning av høyde.

Forskjell GPS og tradisjonell landmåling:

Med et punkts absolutte høyde menes punktets vertikale avstand fra den midlere havflate som man tenker seg forlenget innunder den faste jordskorpe. Denne referanseflaten¹ omtales som geoide og er benyttet i nasjonal høydegrunnlag (NN1954). Med tradisjonelle målemetoder refereres høyde i forhold til denne geoiden, som høyde over havet (ortometrisk høyde). GPS anvendes ved hjelp av et verdensomspennende nett av satellitter. Dette ga behov for å lage til et entydig system for å referere målinger. Som følge av dette gir GPS målinger

¹ Egentlig benyttes en referanseellipsoide (den modifiserte Bessel ellipsoiden) og ikke geoiden, men den er tilpasset geoiden i en avgrenset region (Geoidehøyde og loddavvik er gitt lik null i Oslo). I Norge ligger geoiden 18-47 meter over EUREF89-ellipsoiden.

høydeforskjeller referert til en matematisk global ellipsoide (WGS84-ellipsoiden), som slutter best mulig til hele geoiden og som har sentrum i jordens tyngdepunkt.

Høyder målt med GPS, som refereres til ellipsoiden, må overføres til gjeldende nasjonalt høydegrunnlag (NN1954). For å kunne utføre denne omregningen må man få kjennskap til geoideshøyden, som er differansen mellom geoiden og ellipsoiden. En metode er å bestemme loddavviket i området slik at man kan korrigere for helningen på geoiden i forhold til ellipsoiden. I bratt terreng derimot oppstår store svingninger på geoiden, og et estimert loddavvik kan ikke gjelde for hele området. En annen metode er å bruke Kartverkets geoidmodell (VREF1996) til å beregne ortometriske høyder (se kap. 4.3.3).

God høydenøyaktighet oppnås ved presisjonsnivellement (se kap. 2.1). I tillegg gir senitdistansemålinger med korte sikt, målt gjensidig og simultant med totalstasjon, tilnærmet like bra nøyaktighet. GPS gir også forholdsvis god høydenøyaktighet med høydeverdier referert til ellipsoiden. Ved overgang til ortometrisk høyde forringes nøyaktigheten noe. Hvor mye nøyaktigheten forringes er igjen avhengig av hvor mye ressurser man ønsker å sette inn i målearbeidet. Vi kan velge å bruke kartverkets geoidmodell til overføring (kap 4.3.3), som i dag har en nøyaktighet på 3-10 cm. Denne regnes som god nok til mange formål, og vil forbedres fortløpende i årene framover. For å oppnå enda bedre nøyaktighet kan vi styrke geoidmodellen med egne målinger og kontroller ved innmåling av punkter både med nivellerutstyr og GPS.

Valg av målemetode vil være avhengig av flere forhold, bl.a.:

- Nøyaktighetskrav ved måleoppdrag
- Terrengformasjoner (skog, fjell, flatt/kupert/åpent terreng osv.)
- Avstand og sikt til grunnlagspunkt
- Tilknytning til nytt stamnett eller annet punktgrunnlag

4.3.2 SKs arbeid med etablering av nytt horisontalt grunnlag; stamnett og landsnett

I forbindelse med innføring av nytt horisontalt datum, EUREF89, meldte det seg behov for et skifte av det eksisterende geodetiske grunnlaget i Norge. Det gamle nettet er bygget opp som et ordensnett med 1.ordens som det øverste overordna nettet. Deretter fulgte 2.ordens, 3.ordens osv. som mer og mer detaljerte nett.

Etablering av et nytt overordna geodetisk grunnlag, stamnettet, pågikk i perioden 1994-1997. Punkt ble etablert jevnt utover i kommuner, fortrinnsvis i nærhet til veg, med en avstand på ca. 20 km. I dag er man i gang med etablering av punkt i et såkalt landsnett. I navnet ligger det at det er landsdekkende, og dette blir et nett under stamnettet med en mer finmasket struktur. Generell punktavstand er 3-5 km i bebygde områder og ned mot et punkt pr. 100 km² ellers. Avvik fra dette skal kunne gjøres etter brukernes ønsker og behov. Etablering av landsnettet skal gjennomføres som Geovekstprosjekt og er planlagt slutført innen år 2004.

Både stamnetts- og landsnettpunkt etableres med krav om bruk av GPS som målemetode. Bakgrunn for dette finner man bl.a. i følgende, om årsaker til krav om overgang til EUREF89 (Sitat fra Kap.16. "Retningslinjer for innføring av EUREF89");

- EUREF89 er tilpasset GPS-teknologien uten særnorske korreksjoner

- Innføring av ny teknologi. Et bredt spekter av brukere kan utnytte den nøyaktighet og fleksibilitet som GPS-teknologi tilbyr.
- Det er en økende generell bruk av GPS i samfunnet.
- Brukere av GPS-teknologi finner i dag betydelige uoverensstemmelser i de gamle geodetiske grunnlagene (ED50 og NGO48).

4.3.3 SKs arbeid med god høydebestemmelse og nytt nasjonalt høydegrunnlag

Det nasjonale høydegrunnlaget med god høydebestemmelse stammer fra to beregninger av presisjonsnivellement, et i Sør- og et i Nord-Norge. Disse stemte så godt overens at de regnes som ett system med betegnelsen NN1954. Senere er nivellement knyttet til ved tvang og det arbeides stadig med supplerende målinger for å få et mer homogent høydenett (se kap 2.1). I dag er det utstrakt bruk av GPS ved grunnlagsmålinger og også til høydebestemmelse. Nytt nasjonalt horisontalt grunnlagsnett er målt med GPS og alle stamnettspunkt og landsnettspunkt har dermed ellipsoidisk høyde. Anslagsvis ligger middelfeilen på høydepunktene i stamnettet på 3 mm, mens påliteligheten er i snitt rundt 1 cm. Enkelte av stamnettspunktene er presisjonsnivellert og finnes dermed både med ellipsoidisk og ortometrisk høyde.

Kartverket har satset på tilrettelegging for god høydebestemmelse med GPS.

Man ønsker å referere målt høyde i henhold til nasjonalt høydegrunnlag. Ved overgang fra satellittmålinger med ellipsoidisk høyde til høyde over havet, trengs en best mulig beskrivelse av geoiden i området. Dette er bakgrunnen for at Statens kartverk i dag jobber med en modell som skal gi sammenhengen mellom ellipsoide- og geoidhøyde. Denne geoidmodellen (tilpasset geoidforløpet) kalles VREF1996. På Østlandet har modellen i dag et avvik på < 3cm og regnes som god. Målet er < 5 cm for hele landet. For å forbedre modellen trengs fellespunkt, det vil si punkt som både har høyder som er bestemt ellipsoidisk og ortometrisk. Dette oppnås ved måling med både nivellement og GPS på samme grunnlagspunkt. Det første ved presisjonsnivellement der man tar med stamnetts- og landsnettspunkt for å få ortometriske høyder. Ellipsoidisk høyde oppnås på nivellementspunkt ved å måle med GPS. Ved bruk av GPS til landmålingsformål vil man ved hjelp av denne modellen oppnå overgang til ønsket høydeangivelse.

Framtidsutsikter tilsier at geoidmodellen til Kartverket i løpet av få år blir så god at bruk av GPS til høydebestemmelse vil konkurrere med tradisjonelle målinger, som nivellement, når det gjelder nøyaktighet over store avstander, og vil bli mye raskere i bruk, noe som igjen gir reduserte kostnader.

Nytt geodetisk høydegrunnlag:

Det nasjonale høydegrunnlaget NN1954 har nå hatt gyldighet i snart 50 år. I denne perioden har landhevningen vært betydelig (i Rørostraktene 30-40 cm). Dette sammen med ønske om tilknytning til nett ut over landegrensen og utstrakt bruk av GPS har ført til aktualisering av et nytt høydesystem.

Det er planlagt overgang til et nytt nasjonalt høydegrunnlag som er antatt ferdig rundt år 2005. Dette nettet skal inngå i det europeisk høydenettet (UELN). Geoidmodellen til kartverket vil bli lagt til grunn ved overgang til nytt nasjonalt høydegrunnlag. Det er tenkt at det europeiske høydenettet skal ha ortometriske høyder (høyde blir angitt som høyde over havet) felles over landegrensene. For å tilfredsstille krav som vil stilles, forbedres referanseflaten til kartverket fortløpende, slik at ellipsoidiske høyder kan omregnes til ortometriske høyder i nasjonalt grunnlag på cm nøyaktighet. I tillegg må landhevingen kartlegges. I forbindelse med den nye geodatanormen arbeides det med et system hvor høydene i nytt nasjonalt grunnlag garanteres innenfor visse toleranser (Olav Mathisen, Kart og Plan 1/98)

4.3.4 Vurdering/Anbefaling

I framtiden ønskes målinger knyttet opp mot gjeldende nasjonalt høydegrunnlag, NN1954. Det er også oftere krav om stedfesting i grunnriss (x og y). Med dette unngås å operere i lokale systemer. I framtiden ønsker arbeidsgruppa ikke å forsvare at NVE skal holde fram med å gå presisjonsnivellement for innmåling og vedlikehold av gode grunnlagspunkt, da bruk av denne metoden kun gir punkt bestemt i høyde. I dag er det bare Kartverket som fortsatt går presisjonsnivellement. Dette gjør de på grunn av arbeid med forbedring av en geoidmodell som skal ligge til grunn ved overgang til nytt nasjonalt høydegrunnlag.

GPS som målemetode har overtatt mange landmålingsoppgaver. GPS har vist seg å være en effektiv og rask metode som gir stor reduksjon i kostnader, i forhold til tradisjonelle målemetoder som nivellement og måling med totalstasjon. Samtidig oppfylles krav til nøyaktighet. Statens kartverk baserer som tidligere nevnt innmåling av nytt horisontalt grunnlag på bruk av GPS som målemetode.

Arbeidsgruppa anbefaler bruk av GPS istedenfor nivellement til innmåling av godt bestemte fastmerker i framtiden. Dette innebærer at å gå nye presisjonsnivellement (vassdragsnivellement) i NVE-regi ikke er aktuelt.

Det må her presiseres at denne vurderingen er gjort med tanke på valg av målemetode for innmåling av fastmerker i et "overordnet" nett. Målemetoder som benyttes til for eksempel utsetting av ulike anlegg, måling av flomlinjer og tverrprofil vil variere etter måleforhold. Aktuelle måleinstrument for slike oppgaver er fortsatt nivellerkikkert, totalstasjon og GPS.

4.4 NVEs system av fastmerker med god nøyaktighet i framtiden

4.4.1 Innledning

Tidligere har fastmerkene i vassdragsnivellelementet fungert som et godt grunnlag, egnet for NVEs oppgaver i vassdrag. Dette fordi oppgaver i NVE tradisjonelt har vært knyttet opp mot høydebestemmelse. Ved opprettelsen av nivellementene ble det satt ut bolter ca. hver 2,5 km, og disse har oppgitt en høydeverdi med en eventuell korreksjon som knytter det opp mot NN1954. I dag er det et faktum at systemet av fastmerker i vassdragsnivellementene er forfalt ved at bolter er forsvunnet. Det regnes med at kanskje så mye som 50% av boltene er ødelagt eller borte.

Andre fastmerker man finner langs vassdrag i dag, er ofte punkt satt ut av kommuner og vegvesen. Disse har vist seg å ha varierende nøyaktighet og ikke alltid egnet for de krav som stilles til høydenøyaktighet ved NVEs landmålingsoppgaver.

Arbeidsgruppa går inn for at NVE også i framtiden skal ha tilgang på et nett av godt bestemte fastmerker langs vassdrag. Begrunnelsen bygger på en oppsummering av omfanget av landmålingsoppgaver NVE har, som krever tilgang på fastmerker tilknyttet nasjonalt grunnlag. (jfr. kap. 4.1).

Kartverket har ansvar for etablering og vedlikehold av overordna nett av fastmerker, der det er krav om god nøyaktighet. Valg av punktplassering ved etablering av nye punkt har de siste årene vært preget av samarbeide mellom Kartverket, kommune og vegvesen. Erfaring viser at slike fastmerker ønskes plassert nær vei og bebyggelse. Å plassere godt bestemte fastmerker nær vassdrag er det ikke tatt spesielle hensyn til.

Dette gir grunnlag for og fører til at arbeidsgruppa må vurdere hvor tett, det vil si omfanget, et nett av godt bestemte fastmerker bør være langs vassdrag og i hvilke vassdrag gode fastmerker ønskes etablert. Deretter må det vurderes på hvilken måte dette skal utføres.

4.4.2 Forutsetninger

Følgende forutsetninger er lagt til grunn for en vurdering om omfang av et nett av godt bestemte fastmerker:

- Det er behov for tilknytning av data om vassdraget eller innretninger i vassdraget til et felles nasjonalt høydegrunnlag NN1954.
- Det er behov for fastmerker bestemt både i grunnriss og høyde langs vassdrag.
- Det finnes ikke og vil ikke uten påvirkning fra NVE bli etablert av andre, et tett nok nett av fastmerker med god nok høydenøyaktighet langs vassdragene.

- Fastmerker med god nøyaktighet bør oppfylle krav tilsvarende landsnettpunkt (disse tallene er noe usikre ennå, men det antas 5-10 ppm + 1 cm i grunnriss, og 1 1/2 gang dårligere i høyde. Ppm = millimeter per kilometer).
- Benyttet målemetode for innmåling av et nett av gode fastmerker er primært GPS.

4.4.3 Alternativer

Arbeidsgruppa har diskutert følgende alternativer:

1. Gjør ingenting.
Alternativ 1 gir 0-alternativet, det vil si at man opprettholder dagens situasjon angående punktgrunnlag. Ved et landmålingsoppdrag vil man da forsøke å finne nivellementsbolter og/eller finne fastmerker etablert av eksempelvis kommune og vegvesen. Dagens situasjon synes ikke holdbar, da vassdragsnivellementene er forfalt og kvaliteten til andre fastmerker varierer for mye. Dette er nettopp en situasjon man ønsker å unngå i framtiden. Arbeidsgruppa ser istedenfor nødvendighet av å gjøre noe med dette, slik at måleoppdrag i framtiden kan utføres tilfredsstillende.
2. Vedlikeholde alle fastmerkene i Vassdragsnivellementene og erstatte bolter der disse er ødelagt eller forsvunnet. Det er et fastmerke ca. hver 2,5 km.
Alternativet tar utgangspunkt i ønske om vedlikehold av alle bolter i vassdragsnivellementene. Dette representerer videreføring av det arbeid som tidligere er lagt ned i vassdragsnivellementene, ved at forsvunne bolter erstattes og punkt plassering opprettholdes. I dag stilles det krav til stedfesting i både grunnriss og høyde. Dette medfører at alle bolter må måles inn på nytt, da disse kun er høydebestemt.
3. Å ha et system av godt bestemte fastmerker hver 3-5 km i bebygde og flomskadeutsatte områder, som er angitt til ca. 3500 km. Det søkes samarbeid med Statens kartverk gjennom Geovekst om etablering av landsnettpunkt nær vassdrag.
4. Å ha et system av godt bestemte fastmerker hver 3-5 km innenfor områder som flomsonekartlegges (1500 km). I dette alternativet tas også med alle områder der NVE har forbygningsinngrep (et anslag på ca. 3000 km). Tilsvarende som for alternativ 3 søkes samarbeid med Statens kartverk gjennom Geovekst om etablering av landsnettpunkt nær vassdrag.

4.4.4 Beregning av kostnader

Forutsetninger:

- Beregningsgrunnlag er basert på GPS som målemetode: Det regnes ca. 3000 kr for innmåling av grunnlagspunkt med GPS med nøyaktighet tilsvarende landsnettpunkt (tall fra Kartverket).
- Det forutsettes innmåling av samtlige fastmerker i hvert enkelt alternativ.
- Punktantall er angitt som et maksimalt anslag.

- Erfaringstall tilsier at NVE ved deltakelse i Geovekst vil få ca. 10% av totalkostnader i et prosjekt.

Alternativ 1: Gjør ingenting. Ingen målekostnader.

Alternativ 2:

Det er ca. 15175 km med vassdragnivellement. Med et fastmerke ca. hver 2,5 km gir dette 6070 høydefastmerker.

Kostnader ved punktmålinger: $6070 \text{ pkt} * 3000 \text{ kr} = 18,2 \text{ mill kr}$

Alternativ 3:

Flomutsatte strekninger er ca. 3500 km. Et anslag utregnet med et punkt hver 3 km gir 1170 grunnlagspunkt.

Kostnader ved punktmålinger: $(1170 \text{ punkt} * 3000 \text{ Kr}) * 10\% = 0,35 \text{ mill kr}$

Alternativ 4:

Flomsonekart dekker 1500 km. Forbygningsområder dekker et område anslått til ca. 6000 km. Regner grovt at områdene dekkes av begge temaer. Et anslag utregnet fra 3000 km med et punkt hver 3 km gir 1000 punkt.

Kostnader ved punktmålinger: $(1000 \text{ punkt} * 3000 \text{ kr}) * 10\% = 0,3 \text{ mill kr}$

4.4.5 **Anbefalinger**

Arbeidsgruppa velger alternativ 4 med et behov som avgrenses til å gjelde vassdrag som skal flomsonekartlegges. Begrunnelse for dette valget er gjort ut fra vurdering om at det er innenfor flomsonekartprosjektet man har dokumentert konkrete behov. Det anses å være et generelt behov for å ha et system av fastmerker i vassdrag med forbygningsvirksomhet. Strengt tatt kunne derfor både alternativ 3 og 4 inneholdt et anslag med utstrekning av forbygningsområder.

Alternativ 2, der alle fastmerker i vassdragsnivelementene vedlikeholdes, anses for kostnads- og ressurskrevende til å kunne forsvares gjennomført. Det er også et minus at det ikke finnes vassdragsnivelement innenfor alle flomsonekartprosjekt der behovene er størst. Å gå nye presisjonsnivelement i NVE regi er ikke aktuelt. I tillegg er det ikke gitt at boltplassingene til fastmerkene i nivelementene alltid er de best egna, for bruk ved dagens målemetoder.

Det anbefales å søke samarbeid med Kartverket gjennom Geovekst, om plassering og oppmåling av et nett av landsnettspunkt, som godt bestemte fastmerker, slik som det er skissert i alternativ 3.

I dette samarbeidet må NVE sørge for påvirkning av punktplassing, slik at landsnettspunkt legges i nærhet til vassdrag. Framdrift ved etablering av landsnettspunkt vil da følge framdrift Kartverket har planlagt, for de enkelte geovekstprosjekt i kommuner og fylker. Begrunnelse for et slikt valg baseres på følgende:

- NVE ønsker å samarbeide om punktplassing der flere etater har felles oppmålingsinteresser, og dermed redusere det totale antall fastmerker innenfor et område.

- Geovekst fungerer som et spleiselag der man oppnår at alle parter kommer gunstigere ut kostnadmessig enn dersom måleoppdrag tas i egenregi.
- I dette samarbeidet vil Statens kartverk få hovedansvar for administrasjon, innmåling og vedlikehold av et nett av godt bestemte fastmerker.
- Arbeidsgruppa anser at en punktavstand på 3-5 km er tilstrekkelig for NVEs behov.
- I måleplanen for landsnettet omfattes tilknytning til presisjonsnivellement (NGO, NSB eller NVE) minst hver 10. km.

4.5 Systematisering av vannlinjer

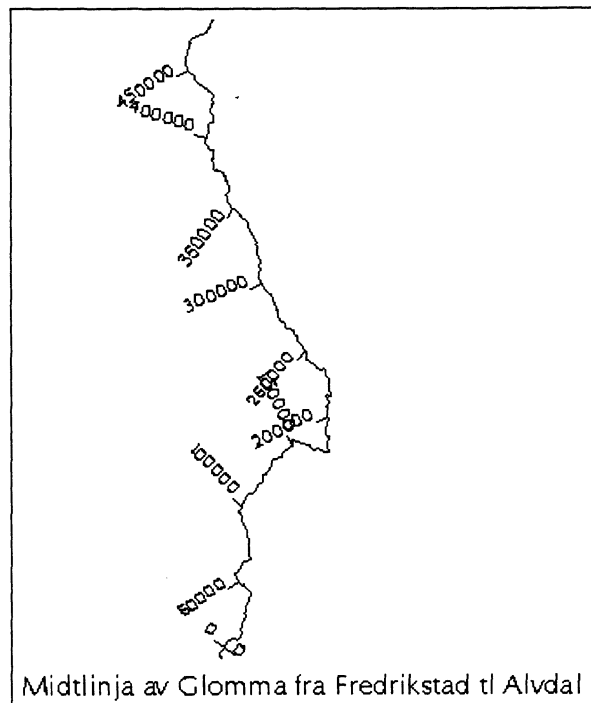
4.5.1 Innledning

I det digitale kartgrunnlaget som finnes for elver, er alle elver med elvebredde > 3 meter beskrevet med en linje for venstre og en linje for høyre bredd. For å kunne beskrive disse elvene som en linje, benyttes en matematisk generert midtlinje. For å få en digital vannlinje må vannstanden i hvert knekkpunkt i vassdragsnivellementet registreres. Resultatet i form av en tabell, må gjøres tilgjengelig for hele NVE fra en database.

4.5.2 Metode for innlegging

Midtlinja av elva blir definert automatisk ved bruk av thiessen-polygoner i Arc/Info. Metoden er utviklet i NVE og gir en matematisk midtlinja av elva. Det vil si at den verken tar hensyn til djupålen eller øyer i elva. Denne midtlinja defineres med start ved utløp i havet (eller i overordnet elv). I Arc/Info beregnes da avstand i meter fra utløp til et vilkårlig punkt. Midtlinja kan genereres fra tilgjengelig datagrunnlag, men blir mest nøyaktig hvis den genereres fra data i stor målestokk. En sammenligning av resultatet fra generering av midtlinje fra 1:5000 og 1:50.000 viser at midtlinja fra 1:50.000 er litt mindre detaljert, men den ligger stort sett innenfor elva fra 1:5000. Midtlinja bør genereres fra det samme kartgrunnlaget i hele landet. Det mest detaljerte digitale landsdekkende kartgrunnlag NVE har er 1:50.000 og bør derfor brukes.

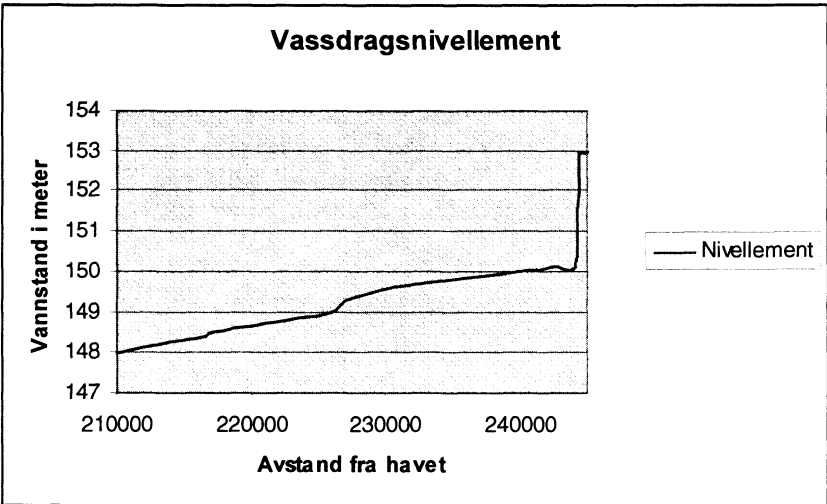
Vannlinja i vassdragsnivellement er på plansjene tegnet som en rett linje mellom punkter med vannstandsverdier. Lokalisering av punktene er beskrevet i plansjene ved avstand fra havet eller overordnet elv. I tillegg er sideelver markert og navngitt. Fastmerker er markert på



Midtlinja av Glomma fra Fredrikstad til Alvdal

lengdeaksen og stedfestet på kartskisser. I tillegg til dette en del opplysninger om noen stedsnavn. Disse er antagelig hentet fra tilgjengelig kartgrunnlag fra den gang nivellementplansjene ble laget og vil ikke alltid være så lett å finne igjen på dagens kart. Et digitalt vassdragsnivellement forutsetter at alle punkt er stedfestet med en koordinat og har en avstand fra havet eller overordnet elv som egenskap. Stedfestingen foregår ved å gjenfinne punktet der vannstand er målt på 1:50.000 kart og lese av UTM-koordinaten fra kartet. Nøyaktigheten på stedfestingen vil variere etter alderen på vassdragsnivellementene og etter hvor godt knekkpunktene er beskrevet og kan gjenfinnes. UTM-koordinaten, UTM-sone og datum må registreres for hvert punkt. Knekkpunktene på vannlinja knyttes til den digitale midtlinja av elva og dette gir en tabell med høyde og avstand fra havet til ethvert punkt langs elva. Tilsvarende kan punkter fra andre vannlinjer stedfestes og knyttes til den samme midtlinja. Resultatet blir digitale vannlinjer.

Avstand	Høyde
206820.812	147.78
212866.125	148.18
216674.328	148.40
217020.906	148.48
221066.359	148.73
225909.125	149.00
227033.891	149.28
230561.609	149.61
234521.000	149.79
238936.859	149.94
241983.078	150.08
242832.719	150.10
244098.156	150.11
244376.516	152.89
244690.781	152.93
247652.656	153.20



Det må modelleres en database i SYBASE som inneholder alle nødvendige data. Data fra registreringsarbeidet sammen med avstand/høydetabellen legges inn her. Fra databasen vil alle vannlinjer for hele eller deler av elvestrekninger være tilgjengelig for bruk eller presentasjon i ulike verktøy. (Excel, Arc/Info osv.).

4.5.3 Alternativer

I flomsonekartprosjektet er det nødvendig med en midtlinje av elva ved avstandsberegninger. For å få en oversikt over hvor det er vassdragsnivellement og hvor det skal flomsonekartlegges, anbefales først å etablere en midtlinje for alle elvestrekninger der det enten er vassdragsnivellement eller et flomsonekartprosjekt. Midtlinja opprettes for alle elver til utløp i havet. Dette er fordi avstandsberegningene skal starte på 0 ved utløpet.

Det finnes 607 vassdragsnivellementsplansjer fordelt i ca. 115 vassdrag. De fleste dekker en strekning på ca. 25 km. I dagens flomsonekartplan er det registrert 165 prosjekter som omfatter ca. 1500 km elvestrekning i 80 vassdrag. Av disse er det 30 vassdrag der det ikke finnes vassdragsnivellement.

Det er etter arbeidsgruppas mening bare omfanget av registreringene som skiller de to alternativene.

Alternativ. 1. Bare opprette digitale vannlinjer for de strekningene som inngår i flomsonekartplanen.

Det umiddelbare behov for digitale vannlinjer er kommet i forbindelse med flomsonekartleggingen. I dette alternativet foreslås det derfor at man konsentrerer registreringsarbeid om oppretting av digitale vannlinjer bare for de strekningene som skal flomsonekartlegges.

Flomsonekartprosjektene varierer i utstrekning og mange vil ikke dekke en hel vassdragsnivellementsplansje (ca. 25 km), men for å holde orden på hvilke plansjer som er overført til digital form bør hele nivellementsplansjer registreres.

Dette alternativet omfatter registrering av vannlinjen til ca. 180 vassdragnivellementsplansjer i 80 vassdrag.

Resursbehov dager

Stedfesting og registrering av vassdragsniv.

Arbeidstid ca. 0.5 dag pr. plansje (180 plansjer) 90 dager

Tilordning av vannstand til midtlinje og oppretting av data i database

Arbeidstid ca. 0.5 dag pr. vassdrag (80 vassdrag) 40 dager

Alternativet krever 90 dagsverk med registreringsarbeid. I tillegg krever det 40 dagsverk fra personell med Arc/Info kompetanse.

Alternativ. 2. Opprette digitale vannlinjer for alle vassdragsnivellement

I dette alternativet foreslås å opprette digitale vannlinjer for alle vassdragsnivellement. Dette begrunnes med at alle dataene som er samlet inn om fallforholdene bør lagres på digital form, slik at de blir lett tilgjengelig for bruk. Registreringsarbeidet må utføres av engasjert personell og når man allikevel skal ansette personell til arbeidet, kan like godt hele jobben gjøres med en gang.

Ressursbehov dager

Stedfesting og registrering av vassdragsniv.

Arbeidstid ca. 0.5 dag pr. plansje (607 plansjer) 350 dager

Tilordning av vannstand til midtlinje og oppretting av data i database

Arbeidstid ca. 0.5 dag pr. vassdrag (115 vassdrag) 65 dager

Alternativet krever 350 dagsverk med registreringsarbeid. I tillegg krever det 65 dagsverk fra personell med Arc/Info kompetanse.

4.5.4 **Anbefaling**

I alle elvestrekninger som skal flomsonekartlegges vil det bli opprettet digitale vannlinjer. Det vil bli utført hydrauliske simuleringer for å bestemme vannstand ved flere punkter langs elva. For de strekningene som ikke skal flomsonekartlegges kan flomutsatt areal beregnes omtrentlig, ved å benytte vannstanden fra vassdragsnivellelement og heve vannstanden parallelt etter beregninger ved ett representativt vannmerke. Av denne grunn vil digitale vannlinjer være til god nytte i alle flomutsatte elvestrekninger. Kjenner vi middelvannstand, vil man i en beredskapssituasjon lett kunne beregne flomutsatt areal ved en prognosert vannstand. Derfor bør alle vannlinjer fra vassdragsnivellelementene være tilgjengelig digitalt.

Arbeidsgruppa anbefaler at alle vannlinjer fra vassdragsnivellelement stedfestes, knyttes til elvas midtlinje og registreres i en sybase-database. Resultatet vil først bli benyttet i flomsonekartprosjektene og gruppa anbefaler derfor at arbeidet starter i de vassdrag som har flomsonekartprosjekter. Deretter bør arbeidet fortsette til alle vannlinjer fra vassdragsnivellelementene er tilgjengelig i en database.

4.6 **Systematisering av tidligere innsamlete flomlinjer**

4.6.1 **Innledning**

For å kunne framstille målte vannstandspunkter som vannlinjer, kreves som omtalt i kap 4.5, en tilordning til en midtlinje. For noen vannstandspunkter, typisk lavvannstandslinjene på vassdragsnivellementsplansjene, er grunnlaget en opptegning av punktene i form av vannlinjer. Utfordringen her ligger i å få disse punktene inn i et felles koordinatsystem. For alt materialet må det utformes en database som er egnet for lagring og senere bruk av dataene.

For flomvannstandspunkter er grunnlaget mer variert, se kap 3. Flomlinjer som er tegnet opp på vassdragsnivellementsplansjer, vil utgjøre et grunnlag parallelt til lavvannstandslinjene. I andre tilfeller har en kun data for enkeltpunkter, ofte langt inne på land, som må gjennom en vurdering og tilordning til midtlinje før en flomlinje kan presenteres. Det er i dette kapitlet tatt utgangspunkt i behandling av denne typen data. Den samme vurdering som skisseres for disse, bør likevel gjøres også for flomlinjer opptegnet på vassdragsnivellementsplansjene. Forskjellen vil nok først og fremst ligge i graden av dokumentasjon, som kan gjøre at den evaluering som har vært gjort langt tilbake i tid vanskelig lar seg overprøve i dag.

4.6.2 **Aktuelle problemstillinger**

For å kunne vurdere de målte flompunkter er det nødvendig å ha en viss kunnskap om

egenskapene til punktene. Som minimum må selvsagt punktene ha en form for stedfesting i grunnriss og høyde, enten plassering på elvas lengdeprofil eller med koordinater.

I tillegg vil det være nyttig med opplysninger som kan si noe om kvaliteten på punktet. Eksempler på spørsmål som bør søkes besvart:

- Er det avlest en vannstand på en fast skala eller et annet fast målepunkt ?
- Hvor godt bestemt er tidspunktet for avmerkingen i forhold til tidspunktet for den vannstanden som skal representeres ?
- Hva vet en om kvaliteten på høydebestemmelsen; er målepunktet knyttet til slamavsetninger på vegetasjon, fargenyanser/ striper på murvegger etc ?
- Hvilken målemetode/ utstyr er brukt ?
- Hvor god er høydebestemmelsen på fastmerkene som benyttes som grunnlag ?
- Hvor i/ langs elva er punktet målt, dvs hvor representativ er målingen for vannstanden midt i elva ?

For bruk ved kalibrering av vannlinjemodeller vil det være interessant å ha vannstanden i form av et lengdeprofil langs midtlinje i elva. Normalt er det ikke der en måler vannstanden. Det vil derfor være nødvendig med en mer eller mindre manuell tilordning av verdier fra andre steder i elva til en midtlinje. Når en skal gjøre en slik tilordning, reises en rekke problemstillinger i tillegg til de som er nevnt ovenfor. Eksempler på slike problemstillinger, avhengig av hvor målepunktet er plassert, kan være:

- hastighetsforskjeller omkring brukar/ pillarer;
- vannstandsforskjell yttersving/ innersving
- vannstandsforskjell stillestående vann på elveslette i forhold til strømningsarealet
- eventuell ekstraordinær oppstuvning, eksempelvis pga rekved på brupillarer, masseavlagring eller is i elveløpet.

4.6.3 Forslag til metode/ opplegg for kvalitetssikring og innlegging i database

For data fra flommen i Nord-Norge i 1997 vil første punkt være å få tak i de aktuelle data som ble samlet inn av kommuner. Det er viktig ved henvendelsen til kommunene at en søker besvart alle aktuelle spørsmål som kan belyse målepunktenes kvalitet og som kan gi veiledning ved tilordning av verdier til midtlinja. Det bør derfor utarbeides et standard skjema til forespørselen.

For 1995-flommen må en basere seg på de data som allerede er innsamlet. Alle verdier som kan stedfestes, legges inn i en database. Det legges videre til grunn at det skal opptegnes en "offisiell" flomlinje som beskriver kulminasjonsverdier for Vesleofsen. I en flomsituasjon endrer elva form. Innmålte punkter ligger oftest i ytterkant av flomforløpet. Det er ikke i alle tilfeller lett å bestemme hvilket punkt på midtlinja et innmålt flompunkt representerer. Derfor må de punkter som beskriver fallforholdene under flom velges ut. Til dette arbeidet skisseres følgende opplegg:

- målt vannstandsverdi og målepunkt plottes på kart sammen med midtlinje påført avstandsmerker. Flomareal vises hvis dette er kartlagt.
- målte vannstandsverdier plottes i lengdeprofil (vannlinje) langs elvas midtlinje sammen med lengdeprofil fra eventuelt vassdragsnivellelement for strekningen.

- punkter flyttes manuelt der maskinen gjør "feil" mht tilordning til midtlinja.
- opptegnet vannlinje evalueres i forhold til sannsynlig flomstigning, sannsynlige fallforhold basert på generell vassdragsteknisk teori og kunnskap om lokale forhold.
- Der flere punkter ligger tett med ulike verdier, velges antatt beste punkt.
- Dersom et punkt anses så tvilsomt at vannlinjen antas å bli påført større feil enn ved interpolasjon mellom nærmeste oppstrøms og nedstrøms, tilordnes det ikke midtlinjen.
- Basert på informasjon fra tidligere vannlinjer og kunnskap om de faktiske forhold i vassdraget, kan det legges inn "syntetiske" punkter for å forbedre formen på vannlinjen. Eksempelvis kan det gjelde tilfeller der en har stor avstand mellom målepunktene omkring en foss. En forutsetning må være at en har kunnskap som tilsier at det syntetiske punktet faktisk fører til en forbedring. I databasen må det finnes en kode som klargjør hvilken "status" punktet har.

Alle punkter der flomvannstander er registrert må stedfestes og flomvannstanden må knyttes til en bestemt flom. Informasjon om lokalisering er ulik for de ulike kildene. Dersom punktet der flomvannstanden er registrert er kjent på ØK, bør stedfestingen benytte ØKs koordinatsystem (NGO), ellers bør en så godt som mulig prøve å gjenkjenne punktet på 1:50.000 kart og koordinatfeste punktet ut fra det. Hvilket kartgrunnlag som er benyttet og hvor nøyaktig punktet er bestemt bør beskrives.

For historiske flommer er kilden til flomvannstanden ikke alltid kjent. Det bør fremgå i dataene hva som er kilden og hvor nøyaktig den er bestemt.

Alle punkter som er målt, legges inn i en tilsvarende database som vannlinjer fra vassdragsnivellelement. Punkter som anses å ha tilfredsstillende kvalitet for å beskrive fallforholdene ved en flom, knyttes til midtlinjen. Databasemodellen bør også her defineres før en massiv registrering starter.

Det presiseres at alle vannstandspunktene må registreres med koordinater der de er målt. For et utvalg av punktene vil en i tillegg ha en verdi på midtlinjen, som vil danne grunnlag for opptegning av flomlinjer.

4.6.4 Alternativer

Det er forskjellige alternative fremgangsmåter.

Alt. 1

Det opprettes ingen database over flomvannstander.

Prosjektlederne for de enkelte flomsonekartprosjektene benytter de flomlinjer som finnes manuelt.

Alt. 2

Alle flomvannstander innenfor flomsonekartprosjektene registreres og legges inn i en database på Sybase.

Alt. 3

Alle flomvannstander som er kjent registreres og legges inn i en database på Sybase. I tillegg foretas flere undersøkelser i NVE og evt. hos regulanter for å finne flere data.

4.6.5 **Anbefalinger**

Flomvannstander vil være mye mer anvendelige når de er tilgjengelige digitalt. Det vil være til stor nytte å få samlet alt materiale som ligger lagret ulike steder. Dette er antagelig den største jobben. Det vil ha størst nytte å få lett tilgang til flomvannstander i de vassdrag som ikke skal flomsonekartlegges, da en her i utgangspunktet ikke vil ha tilgang til beregnede vannlinjer. I forbindelse med flomsonekartprosjektet bør det for de strekninger der det finnes flomvannstander for en bestemt historisk flom, lages flomarealkart som dokumenterer utstrekningen av den flommen som en del av rapporten fra flomsoneprosjektet. Anvendelsen i de to tilfelle er dermed forskjellig, men nytten er stor for begge.

Arbeidsgruppa anbefaler at alle flomvannstander som er kjent registreres og legges inn i en database på Sybase.

For å unngå dobbeltarbeid anbefales at én person blir satt til jobben med å lete i gamle arkiver. Vedkommende må samarbeide med delprosjektlederne i flomsonekartprosjektet og andre medarbeidere ved regionkontorene samt med seksjoner sentralt for å finne alle kilder. HG sørger for at data blir lagt inn i databasen.

Framdriftsmessig anbefales at en konsentrerer arbeidet i første omgang til de vassdrag det skal flomsonekartlegges, men ikke strengt avgrenset til de strekninger som kartlegges. Alle data en finner, anbefales registrert. Både for identifikasjon av kilder og registrering, må de seksjoner/ regionkontor som sitter med data, ta et ansvar.

4.7 **Systematisering av flomlinjer i framtiden**

4.7.1 **Innledning**

Innsamlingen av data om flomvannstander har vært kjennetegnet av ad-hoc løsninger og en manglende ansvars plassering i NVEs organisasjon. Basert på de mange og viktige anvendelsesområdene for disse data, anses dette ikke for noen tilfredsstillende løsning. Det er derfor sett på metoder, omfang og organisering av en systematisk innsamling av data om flomvannstander i framtiden. For ordens skyld presiseres at vi her snakker om vannstandsdata utenfor de faste målestasjonene.

4.7.2 Alternative metoder for innsamling

For den framtidige registrering må det vurderes både aktuelle metoder og hvilket omfang en slik innsamling av data skal ha. Aktuelle metoder kan være:

- a) Flommerker som representerer kulminasjonsvannstander registreres under eller like etter flommen og måles inn. Koordinatbestemmelse av punktene kan skje ved bruk av GPS. Avmerking på økonomisk kart kan være en alternativ måte å finne x og y-verdiene på, dersom en velger å bestemme høyden ved nivellement.
- b) Midlertidige vannmerker registrerer en tidsserie omkring en flomtopp. Koordinater for målepunktet registreres som angitt ovenfor. Ulike registreringsteknikker kan være aktuelle – som utlegging av loggere og manuell avlesning på oppsatte skalaer.
- c) Flyfotografering av flomarealet under flommen. Ved vertikalfotografering og tilstrekkelig antall kjentpunkt, kan vannstanden på fotograferingstidspunktet beregnes.

Felles for alle metodene er at det kreves en organisasjon som både er i stand til å identifisere et registreringsbehov og iverksette de nødvendige tiltak for at flomvannstandsdata blir samlet.

Metode a) har vært mest vanlig til nå. Fordelen med metoden er at den er enkel. Ulempen er at høydeverdien på målepunktene kan bli beheftet med betydelig unøyaktighet, fordi en stort sett vil merke av punktene etter at flommen er over. Av de tre skisserte metodene stiller denne minst krav til organisasjonens beredskap, idet det vil være tilstrekkelig å konstatere i ettertid at en flom har vært av en slik art/ størrelse at den er interessant å registrere.

Metode b) innebærer at en på forhånd må ha definert aktuelle målepunkter. Metoden ligner ellers mye på metode a), men innebærer at en i en tidlig fase av en flom må igangsette en organisasjon for registrering, enten ved utlegging av loggere eller ved mobilisering av personell for avlesning av skala. Metoden vil kreve betydelig mer ressurser enn alternativ a). Det vil i svært mange vassdrag ligge en betydelig utfordring i å klare å mobilisere til riktig tid, idet flommen kan være over i løpet av få timer.

Metode c) innebærer samme utfordring som alternativ b). En fordel vil være at en rekker over store områder i løpet av kort tid, samt at en kan få registrert både vannstand og flomareal. Et problem med konvensjonell fotografering vil være værforholdene, idet lavt skydekke vil være hyppig forekommende. Det er noe usikkert hvilken nøyaktighet en kan oppnå mht beregnede vannstander uten signalisering av kjentpunkter. Metoden er svært ressurskrevende og derfor neppe aktuell unntatt for de største flommene.

For både metode b) og c) vil registrering etter metode a) være aktuell som supplement, for kontroll/ verifisering av bildedata eller som siste utvei når noe ”går galt” etter metode b) eller c).

4.7.3 Alternative omfang av flomlinjeregistreringer

Det neste spørsmålet blir hvilket omfang en slik registrering bør ha i framtiden. Arbeidsgruppa har sett på følgende alternativer:

1. ingen registrering
2. ad hoc ved ekstreme flommer
3. systematisk innenfor områder som flomsonekartlegges av NVE
4. systematisk innenfor skadeutsatte områder

Alternativ 2 er dagens situasjon og kjennetegnes ved lav ressursbruk og tilfeldig omfang av registrering. I og med at ingen del av NVEs organisasjon har dette som arbeidsfelt, blir en avhengig av at noen tar et initiativ under eller etter en storflom. Det blir derfor et noe tilfeldig omfang av registreringene. Systematisering av målte data har nesten ikke forekommet og tilgjengeligheten for andre enn de som har vært ute og målt, har derfor vært svært dårlig.

Alternativ 3 og 4 innebærer at det defineres noen deler av vassdragene som skal overvåkes, dvs at en ved flommer over en viss størrelse foretar registrering av flomvannstander. Hvor stor en flom skal være for å ha interesse, kan enten defineres i forhold til flomstørrelse/ gjentaksintervall eller være gjenstand for en kvalifisert vurdering fra gang til gang. Ulike hensyn kan dra i ulike retninger. Noen steder kan det være av særlig interesse å bruke vannstandsregistreringene som indikatorer på mulig endring av elveløpet. Dette drar i retning av relativt hyppige registreringer. Arbeidsgruppa antar at det vil være mest aktuelt få representert flere flomstørrelser, f eks fra 10-årsflom og oppover. Alle flommer over en 50 - 100-årsflom antas å være av interesse, selv om de skulle komme tett på hverandre i tid.

For strekninger som flomsonekartlegges, jf alt 3, vil det i prosjektfasen ha stor interesse med tilgang til vannstandsdata fra store flommer. For kalibrering av den hydrauliske modellen vil det også være interessant med mindre flommer, f eks omkring en middelflom. På disse strekningene vil en ha god oversikt over aktuelle målepunkter. Når flomsonekartprosjektet er fullført, kan det hevdes at overvåking av strekninger er mindre aktuell idet kartene gir nødvendige oversikt over forholdene. Et viktig motargument er at det i etterkant av store flommer vil være aktuelt å vurdere kvaliteten på flomsonekartene og om det er behov for revisjoner, f eks fordi elveløpets form er endret som følge av flommen. De strekninger som flomsonekartlegges er nettopp de som har det største skadepotensial. Det vil derfor være særlig viktig å ha god oversikt over flomforholdene på disse strekningene.

Alternativ 4 vil innebære en betydelig utvidelse av antallet strekninger hvor det skal registreres flomvannstander. Samtidig er det klart at disse strekningene har et behov for registrering av flomvannstander til bruk i arealplanlegging osv. Enten kommunen skal utarbeide flomsonekart eller ikke, vil disse data være av stor verdi.

4.7.4 Beregning av kostnader

Arbeidsgruppa har sett på kostnader knyttet til alt. 3 og 4. Alternativ 2 har svært usikkert omfang og er derfor ikke kostnadsberegnet.

Forutsetninger:

Flomsonekart dekker 1500 km

Flomskadeutsatte strekninger totalt: 3500 km

Flomvannstander registreres i gjennomsnitt hvert 10.år ($Q > Q_{10}$)

Levetid skala m.v.: 20 år

Etableringskostnad: 1 skala pr 2 km à ca kr 700,- i materialkostnad
Arbeid og reise: 5 skalaer pr dag => ca kr 1300 pr skala
Sum etableringskostnad: ca kr 2000,- Innmåling av tilhørende referansebolt kommer i tillegg.

Målearbeid i flom:

"Norsk Standard Flom" = 3 dager, 6 avlesninger pr døgn

En person dekker avlesning av 10 skalaer, dvs 20 km elv. Det må etableres beredskaps- og skiftordning.

Kostnad: ca kr 100,- pr avlesning, som skal dekke både lønn og kjørekostnader ved avlesningsarbeidet samt beredskap.

Alternativ 3: Alle strekninger med flomsonekart, dvs 1500 km.

Etableringskostnad: 750 skalaer à kr 2000,- => 1,5 mill kr

Årlige kostnader:

Fornyelse av skalaer: 1/20, dvs ca 5% skiftes ut pr år, => ca kr 75.000,-

Flommålinger: 10% av strekningene,
dvs 75 punkter avleses i gjennomsnitt 18 ganger => ca kr 135.000,-

Sum årlige kostnader: ca kr 210.000,-

Alternativ 4: "Alle" flomskadeutsatte strekninger, dvs 3500 km.

Etableringskostnad: 1750 skalaer à kr 2000,- => 3,5 mill kr

Årlige kostnader:

Fornyelse av skalaer: 1/20, dvs ca 5% skiftes ut pr år, => ca kr 175.000,-

Flommålinger: 10% av strekningene,
dvs 175 punkter avleses i gjennomsnitt 18 ganger => ca kr 300.000,-

Sum årlige kostnader: ca kr 475.000,-

4.7.5 **Anbefalinger**

Arbeidsgruppa har identifisert en rekke bruksområder for flomlinjer. Gruppa ser det som viktig for alle brukere at det samles data om flomvannstander utenom det ordinære stasjonsnett. Erfaringene med dagens ad-hoc-løsninger er så negative at gruppa mener det må satses på en langt mer systematisk innsamling av flomvannstandsdata i framtiden.

Kommunene vil både som lokalt ansvarlig for beredskap i flomsituasjoner og som ansvarlig for arealplanlegging ha en særlig interesse i å registrere flomlinjer. Det anbefales derfor at etablering av et nett av måleskalaer for manuell avlesning etableres i nært samarbeid med kommunene. Statens Vegvesen bør ha interesse av å overvåke situasjonen omkring bruer og flomutsatte vegstrekninger. Samarbeid med vegetaten vil derfor være aktuelt.

Måleskalane kan ha nytte også i en operativ sammenheng, ved at en lokalt i et vassdrag kan få et bilde av flommens utvikling, gjennom hyppige manuelle avlesninger. Denne type data vil være til gjensidig nytte for NVEs flomvarsling og for beredskapen lokalt.

Arbeidsgruppa anbefaler at registrering av flomlinjer i framtiden knyttes til faste måleskalaer (alt b., kap 4.7.2) som settes opp på strategiske steder på alle flomskadeutsatte strekninger hvor skadepotensialet er av en viss størrelse og skadene er relatert til høy vannstand (alt 4., kap. 4.7.3). Ressursene som legges ned på den enkelte strekning bør tilpasses skadepotensialet og nytten av dataene for øvrig. Det vil gjelde både mht valg av tetthet på målepunkt, målemetode og hyppighet mht registrering.

Det anses mest aktuelt med manuell avlesning av skalaene. På spesielt viktige punkter og/eller ved spesielle episoder bør det legges ut loggere med sikte på å dekke hele flomforløpet. Utlekking vil normalt måtte baseres på et forhåndsvarsel om fare for storflom. Det bør også vurderes montering av "flomrør" e.l. for å sikre dekningen av flomtoppen.

I tillegg vil det være aktuelt å registrere vannstand både på andre strekninger og mellom de faste målepunktene i tilknytning til spesielle episoder, f.eks. ekstrem flom. Kun i helt spesielle tilfeller anses det regningssvarende å foreta flyfotografering. Mest typisk vil det være aktuelt når store arealer oversvømmes, slik at en også får med seg arealkartleggingen. Flyfotografering i form av skråfoto kan være aktuelt i noen flere tilfeller, da det oftest ikke krever fullt så mye ressurser. Skråfoto kan delvis tjene til dokumentasjon av flomareal samt til dokumentasjon av skader i ettertid.

Ved utvalg av punkter for manuell avlesning vil tilgjengelighet i flomsituasjoner være en viktig parameter foruten de hydrauliske forholdene på stedet. Bruer eller veger som går nær vassdraget kan derfor være et godt utgangspunkt for etablering av måleskalaer. Det anbefales et samarbeid med Statens Vegvesen med sikte på at riks- og fylkesvegbruer i områder med et visst skadepotensial får en måleskala enten direkte på et brukar eller i nær tilknytning til brua.

Det må foreligge avtaler med observatører som på forhånd er kjent med både avlesningspunktene og hvilke situasjoner i vassdraget som er aktuelle å dekke. For områder hvor NVE allerede har avtale med en lokal observatør, vil det være naturlige å benytte disse.

5. Ansvars- og oppgavefordeling

5.1 Dagens ansvarsfordeling

I forbindelse med omorganiseringen av NVE f.o.m. 1991 ble arbeidet med vassdragsnivellelementene nedprioritert. Vedlikehold av systemet ble lagt til HM og VV uten tilføring av ressurser, jfr. VV-notat nr 18/92.

HM har ansvaret for videreføring av arkivet og salg av nivellementsplansjer og nivellementskataloger. VV har ansvaret for etablering av nye nivellementer og vedlikehold av eksisterende nivellementer, med forutsetning om at regionkontorene står for det praktiske arbeidet. Etablering av nye nivellementer skal utføres som betalte oppdrag.

Det kan diskuteres hva en skal legge i vedlikehold av eksisterende nivellementer. Med vedlikehold forstår arbeidsgruppa i denne sammenheng å kontrollere at bolter fortsatt finnes, erstatte bolter som er forsvunnet og måle dem inn ved presisjonsnivellement. Faktum er at noe slikt arbeid ikke er utført siden 1991 ut over å registrere opplysninger som har kommet inn om fastmerker som ikke gjenfinnes. Dette er begrunnet med at det ikke har vært tilgjengelige ressurser til å gjennomføre arbeidet.

- Grunnlagspunkt

Det er ingen seksjon i NVE som har et overordnet ansvar for NVEs fastmerker. Flere seksjoner i NVE etablerer fastmerker, men det finnes verken noen samlet oversikt over NVEs fastmerker eller overordnede føringer mht innmåling.

For de bolter som er etablert i forbindelse med vassdragsnivellementene, er ansvaret delt i henhold til den ansvarsdeling som ble etablert mellom HM og VV fra 1991. HM har mottatt de opplysninger som har kommet inn om fastmerker som er forsvunnet og registrert dette. VV har ikke gjennomført nedsetting av nye til erstatning for de som er registrert som forsvunnet. Det er heller ikke gjennomført nye nivellementer etter 1991.

- Systematisering av vannlinjer i vassdragsnivellementene

Det er ikke definert til noen spesiell seksjon i NVE å arbeide med systematisering av vannlinjer. Det eneste unntaket måtte være VVs ansvar for vedlikehold av vassdragsnivellementene. Innmåling av vannlinjer er imidlertid ikke omtalt som noen klar del av ansvaret som følger med vassdragsnivellementene. Det har ikke vært uttrykt at vannlinjene på nivellementsplansjene skal vedlikeholdes, dvs kontrolleres/ måles på nytt.

HM har ansvaret for at det finnes et system for gjenfinning av nivellementsplansjene, men det har ikke i dette vært definert inn oppgaven å sette sammen vannstandsopplysninger til vannlinjer på en systematisk måte.

- Systematisering av flomlinjer

Det har ikke vært definert at en bestemt seksjon i NVE skal sørge for innmåling av flomlinjer. Etter store flommer har det skjedd i varierende grad, basert på ad-hoc løsninger.

Dataene ligger spredt i NVE etter hvem som har utført målingene. Det finnes ingen samlet oversikt over hva som finnes av data.

5.2 Forslag til framtidig ansvars-/ oppgavefordeling

Arbeidsgruppa har sett på hvilken seksjon sentralt som bør ha det faglige ansvar for de oppgavene som foreslås definert. Flere av oppgavene er typiske feltoppgaver som det vil være naturlig å tillegge regionkontorene. Det legges til grunn at det i NVE er et prinsipp at enhver oppgave må ha en faglig forankring i en seksjon sentralt. Med dette som utgangspunkt drøftes hvilke seksjoner som kan være aktuelle for en slik forankring.

5.2.1 Ansvar for NVEs system av fastmerker med god nøyaktighet i framtiden

Ansvar for NVEs system av fastmerker innebærer at en har ansvar for grunnlagspunkt tilknyttet et geodetisk system. Det ligger i sakens natur at den ansvarlige seksjon må koordinere sitt arbeid med Statens kartverk og andre institusjoner med liknende data. Ansvar kan plasseres ut fra flere kriterier:

- en seksjon som har oppgaver som er tilgrensende
- en seksjon som bruker fastmerkene mye
- en seksjon som har personell med relevant utdannelse og erfaring

For å ha et best mulig utgangspunkt for samarbeid med Statens kartverk er det nødvendig med kompetanse innenfor landmålingsfaget og god kjennskap til geodata.

Gruppa mener det er mest naturlig å samle et slikt ansvar til en seksjon som har oppgaver av liknende art. Det må kunne forutsettes at den aktuelle seksjon dermed også besitter den nødvendige kompetanse. Å tillegge ansvaret en av "brukerseksjonene" innebærer en mulighet for overfokusering på bestemte anvendelser.

Arbeidsgruppa finner det naturlig å legge vekt på at koordineringsjobb mot Statens kartverk gjennom Geovekst har mange paralleller til forvaltning av geodata generelt, som i dag ligger i HG. Blant annet har prosjektleder på flomsonekartprosjektet i HG det overordnede ansvar for Geovekstsamarbeid som skjer i den sammenheng.

Arbeidsgruppa anbefaler at HG får ansvar for kontakt og koordinering mot Statens kartverk gjennom Geovekst om etablering av fastmerker i form av landsnettspunkt.

5.2.2 Ansvar for innsamling og registrering av vannlinjer

Arbeidet består i stedfesting og registrering av vannstander, tilordning av avstand til hvert punkt og innlegging i en database.

Stedfesting og registrering av punkter på vannlinja har til nå vært utført av forværelset på HM og av engasjert personell ved HM. Det kreves opplæring i å lese koordinater fra kart og nøyaktighet i avlesning. Utover det krever arbeidet lite spesialkompetanse.

Generering av midtlinje og tilordning av punkter med høydeverdi til midtlinja må gjøres av personell med Arc/Info kompetanse. Dette må derfor gjøres på HG.

Modellering og definering av databasen på Sybase må gjøres av personell med Sybase kompetanse. Det må defineres hvilken database dataene skal legges i, hvilke data som skal lagres og hvordan dataene skal lagres i tabeller. Dette bør gjøres av HD, men i samarbeid med HG for definering av innhold. Det er viktig at dette arbeidet kommer i gang i en tidlig fase, slik at registreringsarbeid og bearbeiding i Arc/Info blir tilpasset datamodellen.

Arbeidsgruppa anbefaler at ansvaret for organiseringen av arbeidet med digitale vannlinjer legges til HG som innehar den GIS-kompetansen som er nødvendig. Det er ikke ledig kapasitet i HG til å stedfeste og registrere vannstander, så det må tilføres personell.

5.2.3 Ansvar for systematisering av tidligere innsamlete flomlinjer

For å kunne tilordne vannstandsverdier til en midtlinje vil det være nødvendig med god kunnskap om vannets strømming, dvs vassdragsteknisk/ hydraulisk kompetanse. I tillegg vil det selvsagt være en fordel med lokalkunnskap om forholdene på stedet, både for de vassdragstekniske vurderinger og for evalueringen av grunnlagsdatene. Kunnskap om landmåling og nøyaktighet ved ulike grunnlag og målemetoder vil være nødvendig for vurdering av enkelte av spørsmålene.

Stedfesting og registrering av flomvannstander krever noe opplæring, men ellers ingen spesielle forkunnskaper. Dataene på papir-format ligger lagret i forskjellige avdelinger og regionkontor (se kap. 3). I tillegg til stedfesting er det veldig viktig at kilde og nøyaktighet blir registrert sammen med dataene. HD må lage en datamodell og HG må lage en instruks for innlegging av data som kan brukes av alle. Bearbeiding i Arc/Info og innlegging i databasen må personell med Arc/Info og Sybase kompetanse i HG ta seg av. Personell med vassdragsteknisk kompetanse må kvalitetssikre tilordningen av data til en midtlinje.

Det overordnede ansvaret for at data som pr i dag ligger spredt i NVE blir samlet og tilgjengeliggjort i form av en database, foreslås lagt til HG. HD må bistå ved definering av databasen. Den enkelte seksjon som sitter med data må ta ansvar for at relevante data hentes fram og legges til rette for vurdering og innlegging i database. VV får det faglige ansvar for at vannstandspunktene vurderes for tilknytning til midtlinje og bruk som flomlinjer.

For å unngå dobbeltarbeid anbefales at én person blir satt til jobben med å lete i gamle arkiver. Vedkommende må samarbeide med delprosjektlederne i flomsonekartprosjektet og andre medarbeidere ved regionkontorene samt med seksjoner sentralt for å finne alle kilder. HG sørger for at data blir lagt inn i databasen.

5.2.4 Ansvar for innsamling og registrering av flomlinjer i framtiden

Forholdet til eksterne parter

Det legges i kap 4.7 opp til et samarbeid mellom NVE og eksterne parter, først og fremst kommunene og Statens Vegvesen.

Kommunene bør ha en egeninteresse i å registrere flomvannstander på utsatte steder i kommunen, som ledd i deres ansvar for bl a arealplanlegging, byggesaksbehandling og beredskap. Statens Vegvesen bør ha egeninteresse i å samle data særlig rundt bruer, men også langs potensielt oversvømte vegstrekninger.

Arbeidsgruppa anbefaler at kommunene og Statens Vegvesen får ansvaret for etablering og vedlikehold av lokale måleskalaer, herunder innmåling av referansebolter.

Det anbefales at NVE får ansvar for å velge ut målepunkter som er egnet, og vil yte veiledning ved oppsetting av skalaer. NVE bør ha ansvaret for at det etableres et system for innsamling, systematisering og lagring av data fra disse målepunktene. Det må sørges for et system med beredskap for innsamling av data, et nettverk av lokale observatører m.v. Lønning av observatører kan skje gjennom NVE tilsvarende som for det øvrige nett av målestasjoner. Det vil være naturlig at NVE dekker kostnaden for noen målepunkter mens resten fordeles på Statens Vegvesen og kommunene. NVEs egeninteresse vil ligge i flomvarsling, flomsikring og flomsonekartlegging.

I tillegg til faste måleskalaer kan det være aktuelt å foreta supplerende målinger mellom disse ved spesielle episoder i vassdraget, for eksempel ved ekstremflommer. Ansvaret for at dette skjer foreslås tillagt NVE, men også her anses det aktuelt at mye av det praktiske arbeidet tilfaller kommunene, Statens Vegvesen og andre offentlige etater med anlegg i det berørte området.

Intern ansvarsfordeling i NVE

Det samme utgangspunktet som i kap 5.2.1 og 5.2.2 kan tas her mht kriterier for valg av faglig ansvarlig seksjon.

Ved å vektlegge brukersiden vil en rekke seksjoner være aktuelle: HG (flomsonekart), VN (arealplanlegging), VV (flomsikring), HV (kvantitativ flomvarsling). På grunn av den store spredningen mht seksjonenes arbeidsfelt, finner ikke arbeidsgruppa at dette er et særlig egnet kriterium for valg av seksjon.

Også her velger arbeidsgruppa å legge hovedvekt på tilgrensende oppgaver som kriterium. Forvaltningsansvaret for vannstandspunkter som geodata, vil dermed naturlig tilfalle HG. Det samme kan gjelde innsamling av dataene, idet vi forutsetter at HG vil besitte nødvendig landmålingskompetanse.

Like naturlig som å vektlegge det landmålingstekniske kan det være å legge vekt på erfaring fra tilsvarende oppgaver knyttet til innsamling av vannstandsdata. Innmåling av vannlinjer krever kunnskap om vannets strømming, slik at kartleggingen av fallforholdene blir god og gjennomføres på en effektiv måte. Dvs gjennom en optimal utvelgelse av punkter.

Flere av de eksisterende seksjoner kunne da være aktuelle, ut fra noe ulik vinkling:

HH: ansvar for innsamling av andre vannstandsdata i NVE

HV: ansvar for kvantitativ flomvarsling, relevant kompetanse

VV: ansvar for bygging av flomverk, relevant kompetanse

HHs arbeid er knyttet til stasjonsnettet, hvor lokaliseringen er definert ut fra andre kriterier.

HV er i mindre grad enn VV og HH operative i felt, men har gjennom flomvarslingen en løpende oversikt over forholdene i vassdragene. Når den kvantitative flomvarslingen kommer i gang, vil også HV få behov for oversikt over lokale vannstandsforhold. Som bruker av slike vannstandsopplysninger vil HV være viktige på bestemte strekninger.

Arbeidsgruppa mener den vassdragstekniske kompetansen i dette tilfellet er viktigere enn erfaring fra innsamling av vannstandsdata. Det er en del forskjeller mellom å foreta "sporadiske" flommålinger og forvaltning av et permanent stasjonsnett.

I praksis vil det være naturlig å benytte regionkontorene til de operative deler av denne virksomheten. Sammenhengen mot leveranse av annen geografisk informasjon, dvs innmåling av flomverk og forbygninger, gjør at VV kan være en aktuell seksjon for dette ansvaret. Seksjonen vil ha direkte anvendelse for flomlinjene i sitt arbeid med flomsikring. Vel så viktig kan likevel være det praktiske aspektet. De som arbeider med flomsikring blir ofte utkalt til steder der vassdraget volder skade, dvs strekninger hvor denne type overvåking av flomvannstander er aktuelt. Deres lokalkunnskap vil derfor være av stor verdi, samtidig som det er mulig å redusere kostnader gjennom samordning av oppgaver.

Det må uansett være en form for ansvarsdeling mellom en geodataseksjon og fagseksjonen som har ansvaret for innsamling av flomvannstandsdata. Det overordnede ansvaret for kvaliteten på vannlinjene som geodata betraktet må ligge i HG. Vi legger til grunn at HG vil ha personell med høy kompetanse innenfor landmåling. HG vil også naturlig ha et samordningsansvar, dvs å ha kontakt mot alle brukergrupper og ut fra dette definere krav til nøyaktighet m.v.

Arbeidsgruppa mener den mest hensiktsmessige arbeidsformen vil være et samarbeid mellom VV og HG. VV vil ha det faglige ansvar for at flomlinjer registreres på relevante vassdragsavsnitt og for utvelgelse av punkter. VV får også det faglige ansvar for at vannstandspunktene vurderes for tilknytning til midtlinje og bruk som flomlinjer.

HG vil ha ansvar for at innmåling skjer på en måte som tilfredsstiller brukernes krav til nøyaktighet på data. HG vil også ha ansvar for at data blir tilgjengeliggjort i form av en database. HD må bistå ved definering av databasen.

Regionkontorene vil bli tildelt oppgaver fra seksjonene sentralt. Mest aktuelt vil være de operative funksjoner som påvisning av målepunkter, veiledning ved oppsetting og innmåling av skalaer med tilhørende fastmerker. Registrering av "tilfeldige" punkter utenom faste skalaer f eks ved ekstremflommer, bør gjøres av medarbeidere ved regionkontorene. Generelle anvisninger for dette arbeidet gis fra VV.

6. Økonomiske og organisatoriske/ administrative konsekvenser av forslag.

6.1 Ressursbehov

6.1.1 NVEs system av fastmerker med god nøyaktighet i framtiden (jf kap. 4.4.5)

Det er anbefalt at ansvar for kontakt og koordinering med Statens kartverk gjennom Geovekst blir lagt til HG grunnet med krav om landmålingskompetanse og tilknytning til oppgaver innenfor geodata. Det er mest nærliggende å tildele en person tilknyttet flomsonekartprosjektet disse oppgavene.

Kostnader til opprettelse av landsnettspunkt gjennom Geovekst er anslått til ca. 300 000 kr.

6.1.2 Systematisering av vannlinjer (jf kap 4.5.4)

Arbeidet er en engangsjobb.

Det er fastslått at for alle strekninger som skal flomsonekartlegges eller det finnes vassdragsnivellelement, skal en midtlinje opprettes. Disse er nødvendige grunnlag i flomsonekartarbeidet og i arbeidet med å gjøre vannlinjene digitale. I tillegg vil de ble benyttet til å dokumentere hvor flomsonekartstrekningene er og hvor det finnes vassdragsnivellelement. Ressursbehovet er anslått til ca. 0.5 dag pr. vassdrag dvs. totalt ca. 70 dagsverk.

Arbeidet er satt i gang av personell på HG.

I alle flomsonekartstrekningene vil det være nyttig med en vannlinje som representerer middel vannstand. Der det ikke finnes vassdragsnivellelement må den måles inn på ny. Gruppa anbefaler at lengdeprofil av elva innmåles i forbindelse med tverrprofilering. Disse data kan legges inn i samme database som vannlinjene fra vassdragsnivellelementene med informasjon om kilden. Det er 40 flomsonekartprosjekter av denne kategorien. Disse ligger fordelt i 30 vassdrag. Med et forventet arbeidsomfang på 0.5 dag pr. vassdrag, blir dette ca. 15 dagsverk.

Det må lages en datamodell for alle data og den må defineres. Det er usikkert hva dette vil kreve av ressurser på HD.

Hvis vi legger til ressursbehovet slik det er definert i alternativ 2 som anbefalt, gir dette ett totalt ressursbehov slik: I parentes er gitt ressursbehovet som er nødvendig i flomsonekartprosjektet (alternativ 1).

Arbeidsoppgaver	Ansvarlig seksjon	Kompetansekrav	Dagsverk
Opprette midtlinje	HG	GIS	70
Stedfeste/registrere			
Vannstand	HG	ingen	350 (90)
Tilordne vannstand til midtlinje	HG	GIS	65 (40)
Innlegging av lengdeprofil	HG	GIS	15
Definering av datamodell/ oppretting av database.	HD	Sybase/modellering	15
Tilrettelegging av skjerm-bilder for oppslag/vedlikeh.	HD	Sybase/modellering	5

6.1.3 Systematisering av tidligere innsamlete flomlinjer (jf kap. 4.6.5)

I kap 3. er det redegjort for aktuelle kilder til flomlinjer i NVE. Arbeidsgruppa har forsøkt å danne seg et bilde av arbeidsomfanget knyttet til å systematisere dette materialet og legge det inn i en database. Det er helt klart store usikkerheter knyttet til ressursanslagene, ikke minst fordi en ikke har full oversikt over hvor stor datamengden egentlig er.

Foruten de data som allerede finnes tilknyttet vassdragsnivellelementene, kan noen nevnes særskilt:

- HHs arkiver, bl.a. vannmerkeprotokoller: ca 1000 stasjoner aktuelle, antar 1-2 punkt i gjennomsnitt pr stasjon
- VVs arkiver, flomverks- og senkingssaker: ca 400 senkingsanlegg og ca 320 flomverksanlegg; antar 1-2 punkter i gjennomsnitt pr inngrepsnr
- Vesleofsen: ca 400 punkter

Alle nivellementsplansjene må gjennomgå for registrering av flomvannstander. En bør starte med de plansjer en kjenner til er opptegnet med en eller flere flomlinjer.

Nedenfor er satt opp en oversikt over aktuelle arbeidsoppgaver, enheter i NVE som berøres og kompetansekrav. For rasjonell gjennomføring av arbeidet, anses det som en fordel dersom den person som skal søke i arkivet også har kompetanse til å utføre noen av de andre oppgavene.

Arbeidsoppgaver	Ansvarlig seksjon	Kompetansekrav
Søk i arkiver, identifisere relevante data	HG, HH, VV, Reg.	ingen
Opprette midtlinje	HG	GIS
Stedfeste/registrere		
Vannstand	HG, HH, VV, Reg	ingen

Tilordne vannstand til midtlinje	HG	GIS
Kvalitetssikre tilordning til midtlinje	VV	Vassdr.tekn/lokalkunnskap
Innlegging av lengdeprofil	HG	GIS
Definering av datamodell/oppretting av database.	HD	Sybase/modellering
Tilrettelegging av skjerm-bilder for oppslag/vedlikeh.	HD	Sybase/modellering

Ressursbehovet vil avhenge av hvor mye data som finnes. Det antas at arbeidsomfanget ligger i størrelsesorden 6-12 månedsværk.

6.1.4 Systematisering av flomlinjer i framtiden (jfr kap. 4.7.5)

Av kapittel 4.7.5 framgår at det anbefalte alternativet vil innebære en engangsinvestering på ca 3,5 mill kr, samt en årlig kostnad på ca 475.000,- pr år.

Arbeidsgruppa antar at begge elementer kan reduseres ved å optimalisere innsamlingen i forhold til behovet for data. Ved å inngå et samarbeid med de berørte kommuner, bør det også være mulig å redusere kostnadene, idet samordningsgevinster bør være mulig å hente inn.

Det anbefales et samarbeid der kommunene og Vegvesenet tar ansvar for å sette opp måleskalaer etter anvisninger fra NVE.

Ressursbehovet i NVE til påvisning til av aktuelle målepunkter anslås til ca 1 time pr pkt, dvs totalt ca 1750 timeverk. Reisekostnader er her ikke tatt med, idet befaring forutsettes samordnet med annen reise.

Årlige kostnader i NVE til observatørlønninger er anslått til kr 300.000,- pr år. Til innlegging og drift av database i NVE anslås å gå med ca 40 timer pr år (ca 3000 nye målepkt pr år).

6.1.5 Oppsummering

Tabell: Oppgaver som er en engangsjobb.

Oppgave	Ansvarlig Seksjon	Utførende Seksjon	Tid (månedsværk)	Kroner
Landsnettspunkt	HG	HG / VV	-	300 000,-
System av vannlinjer	HG	HD HG Engasjement	0,5 6 18	-
System av tidligere flomlinjer	HG VV	HD HG, HH, VV, Reg.kontor	0,5 6-12	-
Etablering av målepunkt for flomvst	HG VV	HG Reg.kontor	12	-

Tabell: Oppgaver som vedvarer.

Oppgave	Ansvarlig Seksjon	Utførende Seksjon	Tid	Kroner
Landsnettspunkt	HG	HG	1 ukeverk pr år	-
Registrering av flomlinjer i framtiden	VV HG	Reg.kontor HG	4 ukeverk pr år	75000,- pr år

Det anbefales at en person engasjeres på fulltid på HG til å gjennomføre en rekke av oppgavene knyttet til etablering av digitale vassdragsnivelllement. I første omgang kan dette defineres som et 12 mnd engasjement, men det regnes med at arbeidet vil ta flere år. Det bør utarbeides en kostnadsfordeling mellom berørte seksjoner i NVE. De deler av arbeidet som krever høy kompetanse innenfor datamodellering, GIS eller vassdragsteknikk anses ikke aktuelt å legge til dette engasjementet. Dette forutsettes innarbeidet i de enkelte seksjoners virksomhetsplaner.

6.2 Forslag til dekning av ressursbehov

6.2.1 NVEs system av fastmerker med god nøyaktighet i framtiden

Kostnader til opprettelse av fastmerker i form av landsnettpunkt gjennom Geovekst fordeles mellom Flomsonekartprosjektet og Seksjon for Vassdragsteknikk etter behov. (jfr. alt. 4 i kap. 4).

Flomsonekartprosjektet: 150 000 kr
Seksjon for Vassdragsteknikk: 150 000 kr

6.2.2 Systematisering av vannlinjer

Kostnadene er knyttet til registreringsarbeid, dvs. innleid personell for en kortere periode eller ekstrahjelp over en lengre periode. Hvis alle flomsonekartprosjektene skal dekkes i løpet av et år blir det 90 dagsverk (ca. 1/3 dels årsverk). Hele registreringsarbeidet krever ca. 1.5 årsverk. Det siste drøye årsverket kan tas over tid. I tillegg kreves at det tidlig i 1999 utarbeides en datamodell med tilhørende registreringsopplegg fra HD. I etterkant av registreringsarbeidet må personell med GIS kompetanse bearbeide dataene. Det er ca. 40 dagsverk (200 timer) til den første runden og 2,5 årsverk på de neste. Dette er nye oppgaver som må inn på virksomhetsplanen for HD og HG for 1999. Med det samme personell med GIS kompetanse vil dette medføre at andre oppgaver må utsettes eller prioriteres bort. I tillegg må det tilføres midler til å lønne engasjert personell. Lønnskostnadene er kostnadsstipulert til ca. 230.000 pr. årsverk.

Konsekvenser pr. år	HG	HD	Lønnsmidler innleid hjelp
1999	200 timer	120 timer	75000
2000	100 timer		230000
2001	50 timer		75000

Dette er en engangsjobb som i etterkant kun vil kreve vedlikehold. Dette ligger innenfor seksjonenes arbeidsoppgaver.

6.2.3 Systematisering av tidligere innsamlete flomlinjer (jf kap. 4.6.5)

Etter som omfanget av data som skal registreres er svært usikkert, er det vanskelig å fastsette en konkret kostnadsfordeling mellom berørte seksjoner. Arbeidsgruppa anser det for utvilsomt at dette er data som har stor nytteverdi. Det må anses som en forpliktelse for NVE som forvaltningsorgan å sikre forsvarlig lagring og tilgjengeliggjøring av disse dataene i form av innlegging i en database. I tillegg vil systematiseringen gi mulighet for både bedre og mer effektiv saksbehandling i NVE.

I første omgang anses det å være grunnlag for å engasjere en person i et 12 mnd engasjement, forutsatt at vedkommende kan utføre mer enn ren søking i arkiver. Oppgavene kan samordnes med de øvrige oppgaver knyttet til etablering av digitale vassdragsnivellelement. Det anbefales at HG engasjerer en person som enten har noe vassdragskompetanse eller GIS-kompetanse, slik at vedkommende kan utføre flere arbeidsoppgaver. Kostnaden ved dette engasjementet fordeles mellom seksjonen/ regionkontorene som sitter med relevante data (HH, VV, reg).

6.2.4 Systematisering av flomlinjer i framtiden (jf kap. 4.7.5)

Etableringskostnader:

Oppsetting og innmåling av skalaer forutsettes dekket av kommunene og Vegvesenet.

På strekninger som skal flomsonekartlegges, defineres påvisning av målepunkter som en del av flomsonekartprosjektet. For øvrige strekninger må kostnaden dekkes av VV, som får ansvaret for framtiden.

Kommunene og SVV:	3,5 mill kr (antar ca 100 kommuner særlig berørt → kostnad ca kr 35.000,- pr kommune)
NVE -Flomsonekartprosjektet:	750 timeverk
NVE –VV/ reg.ktr.:	1000 timeverk

Årlige kostnader:

Vedlikehold av skalaer:

Kommuner og Vegvesen (5% av etabl. Kostnad): kr 125.000,-

Observatørlønn:

Det må forhandles med de berørte parter om fordelingen her. Det anses rimelig å ha en avtale med observatører som innebærer et fastbeløp pr år for å ha en beredskap samt et tillegg pr avlesning i flomepisoder. Totalkostnaden er derfor estimert som et middel over flere år. Det årlige beløp vil avhenge av hvilke vassdrag/ regioner som berøres. Arbeidsgruppa har anslått NVE egeninteresse i målingene til 25%.

Kommunene og vegvesenet (75%): kr 225.000.-

NVE (25%): kr 75.000,-

NVEs andel dekkes av VV/Reg/ flomsonekartprosjektet.

Påvisning og innmåling av punkter utenom skalaer forutsettes å skje i tilknytning til ekstreme episoder eller ved forventning om slike. Det forutsettes ikke avsatt midler hvert år til slike episoder, men at NVE når arbeidet får et visst omfang får tilført ekstraordinære midler.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Publikasjoner i Dokumentserien i1999

- Nr. 1 Halfdan Benjaminsen: Georadarundersøkelser på Sundreøya, Ål kommune, Hallingdal
- Nr. 2 Bjarne Kjølmoen: Breundersøkelser på Langfjordjøkelen 1998 (24 s.)
- Nr. 3 Inger Sætrang (red.): Statistikk over overføringstariffer (nettleie) i Regional- og distribusjonsnettet 1999 (64 s.)
- Nr. 4 Eyri Hillgaar Svelland: Nøkkeltall for nettvirksomheten 1994-1997 (29 s.)
- Nr. 5 Liss M Andreassen, Gunnar Østrem (red.): Storbresymposiet -50 år med massebalansemålinger (30 s.)
- Nr. 6 Kai Fjelstad, Erik Traae: Vannlinjeberegninger for Fjellhamarelda (15 s.)
- Nr. 7 Heidi Kannick (red.): Gaulavassdraget. -Forskningsaktiviteter (88 s.)
- Nr. 8 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak i tvistesaker. Andre halvår 1998. Tariffer og vilkår for overføring av kraft (11 s.)
- Nr. 9 Eyri Hillgaar Svelland: Avkastning i nettvirksomheten i 1997 (15 s.)
- Nr. 10 Øyvind Armand Høydal, Frode Sandersen: Metoder for å utarbeide faresoner i flomutsatte områder (53 s.)
- Nr. 11 Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes: Suspensjonstransporten ved målestasjonene i Endalselva og utløpet av Isdammen. Sammensetning, volum og sesongmessige variasjoner (33 s.).
- Nr. 12 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Driva (109.Z) (17 s.)
- Nr. 13 Arve M. Tvede: Isforholdene i Eidfjorden etter igangkjøringen av Myster kraftverk (16 s.)
- Nr. 14 Thorger Holm: Energi frå grunnvatn i berg (21 s.)
- Nr. 15 Thomas Skaugen: Analyse av ekstrem arealnedbør for ti prognosefelt (43 s.)
- Nr. 16 Roger Sværd: Vannlinjeberegninger for Tønsvikelv (24 s.)
- Nr. 17 Ånund Sigurd Kvambekk: Isforhold, temperatur- og saltmålinger i Holandsfjorden og Glomfjorden. Etter åpningen av Svartisen kraftverk (1993-1998) (176 s.)
- Nr. 18 Beate Sæther: Vannlinjeberegninger og vurdering av sikringstiltak Oppdragsrapport.
- Nr. 19 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Sokna. Oppdragsrapport (16 s.)
- Nr. 20 Eirik Traae: Naturtriangelen. Vannlinjeberegning Sirdalsvatn - Lundevatn. Oppdragsrapport (20 s.)
- Nr. 21 Eli K. Øydvinn (red.): Revitalisering av NVEs system av høydefastmerker og vannlinjer (51 s.)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no