



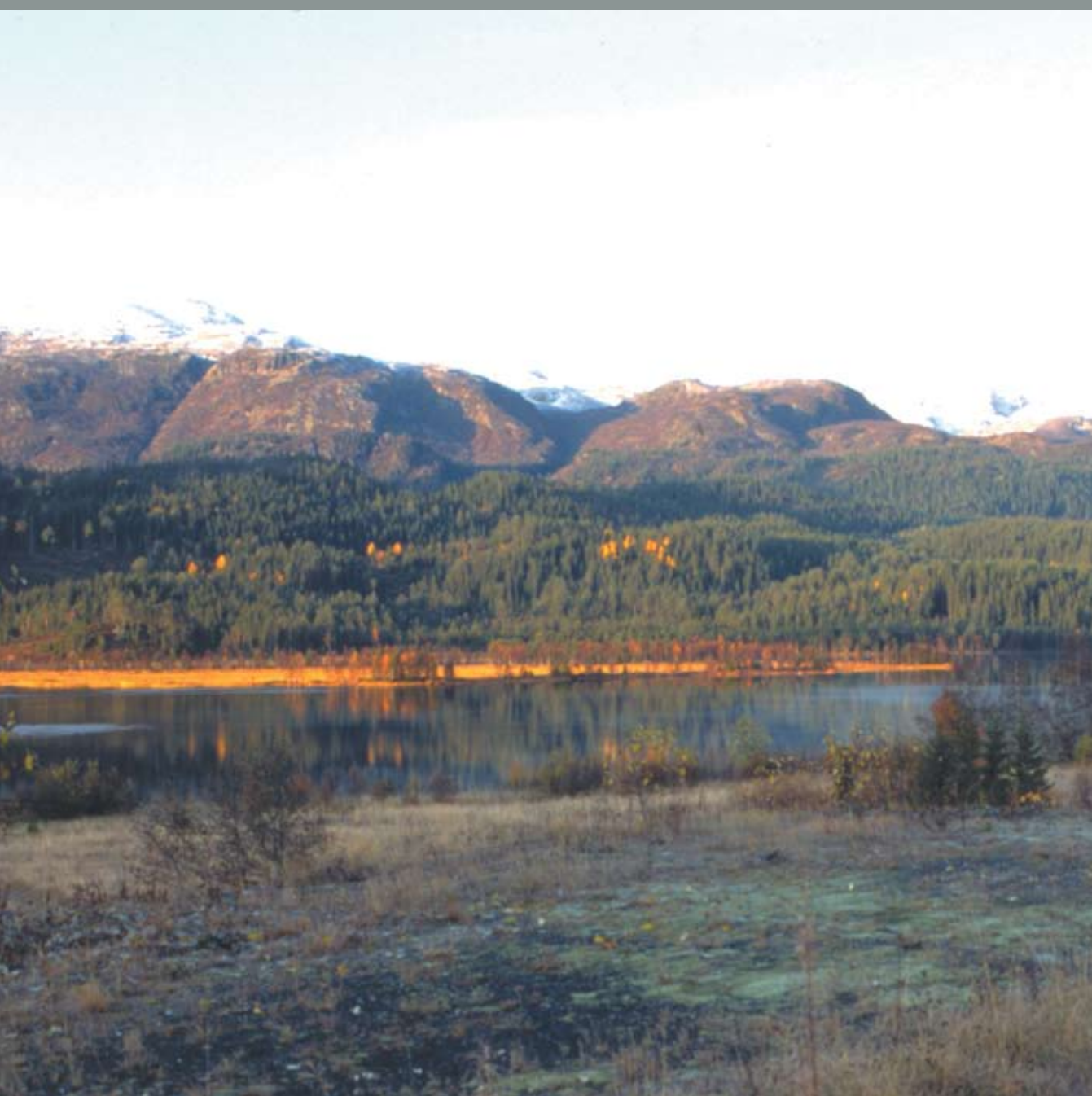
# Flomberegning for Tokkeåi ved Dalen

Flomsonekartprosjektet

*Lars-Evan Pettersson*

16  
2000

D  
O  
K  
U  
M  
E  
N  
T



# **Flomberegning for Tokkeåi ved Dalen (016.BD-BL)**

Norges vassdrags- og energidirektorat

2000

## Dokument nr 16

### Flomberegning for Tokkeåi ved Dalen (016.BD-BL)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Lars-Evan Pettersson

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 25

Forsidefoto: Vinjevatn i oktober 1991 (Foto: Erik Holmqvist)

ISSN: 1501-2840

**Sammendrag:** I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning for et delprosjekt i Tokkeåi i Skiensvassdraget. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Tokkeåi ved Dalen, og vannstander ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for Bandak.

**Emneord:** Flomberegning, flomvannføring, flomvannstand, Tokkeåi, Bandak

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](http://www.nve.no)

Oktober 2000

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Beskrivelse av oppgaven</b>	<b>6</b>
<b>2. Beskrivelse av vassdraget</b>	<b>7</b>
<b>3. Hydrometriske stasjoner</b>	<b>9</b>
<b>4. Beregning av flomverdier</b>	<b>9</b>
4.1 Beregning av flomvannføringer i Tokkeåi.....	9
4.2 Beregning av flomvannstander i Bandak.....	13
4.3 Sammendrag .....	17
<b>5. Observerte flommer</b>	<b>18</b>
<b>6. Usikkerhet</b>	<b>19</b>
<b>Referanser</b>	<b>20</b>

# Forord

Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av Tokkeåi og Bandak ved Dalen sentrum i Telemark. Rapporten er utarbeidet av Lars-Evan Pettersson og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, oktober 2000

Kjell Repp  
avdelingsdirektør

Sverre Husebye  
seksjonssjef

# Sammendrag

Flomberegningen for delprosjekt fs 016\_8 Dalen omfatter flomvannføringer i nedre del av Tokkeåi og flomvannstander i Bandak. Beregningen er basert på frekvensanalyser av flomdata fra målestasjonene 16.117 Elvarheim i Tokkeåi og 16.6 Dalen i Bandak, som belyser flomforholdene etter Tokkeutbyggingen rundt 1960. I tillegg er det benyttet data fra andre stasjoner i vassdraget for å belyse flomforholdene før denne regulering fant sted.

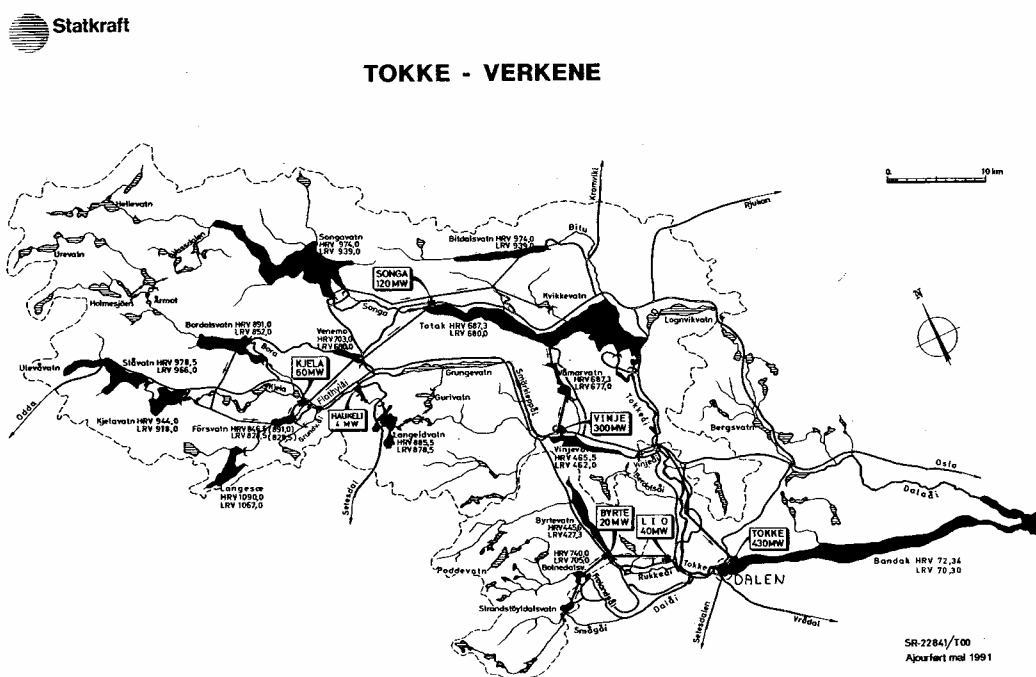
Et spesielt problem ved denne flomberegning er at flomforholdene etter reguleringen ikke kan ventes gjelde også for store gjentaksintervall på flommer. Da vil flomforholdene bli mer lik forholdene som var før Tokkeutbyggingen, fordi reguleringens flomdempende effekt etter hvert vil avta med økende gjentaksintervall på flommer.

Vannstanden i Bandak kulminerer noen dager etter at flommen i Tokkeåi kulminerer. Det er derfor beregnet både kulminasjonsvannføringer i Tokkeåi ved forskjellige gjentaksintervall og samtidige vannstander i Bandak, og flomvannstander i Bandak ved forskjellige gjentaksintervall. Resultatet av beregningen ble:

	Kulm.vannføring i Tokkeåi	Samtidig vannstand i Bandak	Kulminasjonsvann- stand i Bandak
Midlere flom	265 m <sup>3</sup> /s	72.91 m o.h.	73.01 m o.h.
10-årsflom	375 m <sup>3</sup> /s	73.48 m o.h.	73.58 m o.h.
20-årsflom	420 m <sup>3</sup> /s	73.68 m o.h.	73.78 m o.h.
50-årsflom	475 m <sup>3</sup> /s	73.93 m o.h.	74.03 m o.h.
100-årsflom	590 m <sup>3</sup> /s	74.30 m o.h.	74.40 m o.h.
200-årsflom	790 m <sup>3</sup> /s	74.90 m o.h.	75.00 m o.h.
500-årsflom	1090 m <sup>3</sup> /s	76.00 m o.h.	76.10 m o.h.

# 1. BESKRIVELSE AV OPPGAVEN

Flomsonekart skal konstrueres for Tokkeåi ved Dalen sentrum i Telemark. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes. Delprosjektets nummer og navn i NVEs Flomsonekartprosjekt er fs 016\_8 Dalen.



Figur 1. Kart over Tokkeåi.

## 2. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Tokkeåis vassdrag strekker seg fra de vestlige delene av Hardangervidda og til elvens utløp i Bandak, det øverste av Vestvannene. Vassdraget er i luftlinje cirka 80 km langt med et nedbørfelt på drøyt 2300 km<sup>2</sup>. Høyeste punkt i nedbørfeltet er Sandfloeggi, 1719 m o.h., på vannskillet mot Suldalsvassdraget. Midlere felthøyde er 1030 m o.h. mens Bandak ligger på 72 m o.h. Vassdraget består av to grener, Songa/Tokkeåi med Songavatn og Totak i nord og Vinjeåi, som ligger parallelt litt lenger sør. Disse to elvegrenene møtes ved Åmot, hvorfra Tokkeåi renner drøyt en mil mot sør før elven snur mot øst og renner gjennom Dalen og ut i Bandak. I den nedre delen får Tokkeåi tilløp ved Rukkeåi og Dalåi fra vest.

Vassdraget er gjennomregulert. Reguleringsgraden, dvs. forholdet mellom total magasinivolum og midlere årlig tilsig, er ca. 63 %. De største magasinene er i vassdragets nordlige gren Songavatn, Totak og Bitdalsvatn, og i vassdragets sørlige gren Ståvatn, Kjølavatn, Bordalsvatn, Langesæ, Førsvatn og Vinjevatn. I tillegg kommer Byrtevatn i Rukkeåi og Botnedalsvatn i Dalåi samt et antall mindre magasiner.

I vassdraget ligger flere kraftverk. De største er Vinje kraftverk ved Vinjevatn, som får overført vann fra Totak til sitt inntaksmagasin Våmarvatn, og Tokke kraftverk. Tokke kraftverk har inntak i Vinjevatn og har maksimal kapasitet på ca. 130 m<sup>3</sup>/s. Utløpet fra kraftverket går rett ut i Bandak.

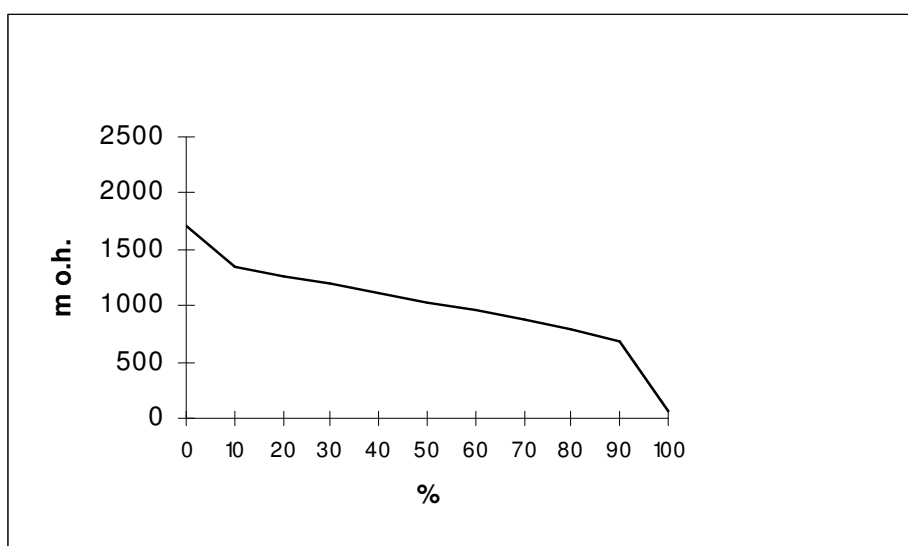
Avrenningen i vassdraget er drøyt 37 l/s\*km<sup>2</sup> som årsmiddel. Den varierer fra ca. 80 l/s\*km<sup>2</sup> i de vestligste delene til ca. 18 l/s\*km<sup>2</sup> i området rundt Dalen. Midlere naturlig årsvannføring ved Tokkeåis utløp i Bandak er ca. 88 m<sup>3</sup>/s, mens midlere regulert årsvannføring er, på grunn av Tokke kraftverk, redusert til drøyt 20 m<sup>3</sup>/s. Den naturlige avrenningen er liten om vinteren, mens snøsmeltingen fører til stor avrenning i mai-juli, hvoretter avrenningen stort sett avtar utover høsten. Reguleringene har ført i tillegg til stor total reduksjon også til stor utjevning i løpet av året av vannføringen i den nedre delen av Tokkeåi. Store flommer kan opptre både i forbindelse med snøsmeltingen om forsommeren og i forbindelse med nedbør om høsten. Dette var tilfelle også før reguleringene fant sted, men da dominerte vårflommene.

Tabell 1 viser måneds- årsmiddelvannføringen i Tokkeåi før og etter regulering, samt den totale måneds- og årsmiddelvannføringen ut i Bandak fra Tokkeåi, dvs. summen av vannføringene i Tokkeåi og gjennom Tokke kraftverk.



**Tabell 1. Måneds- og årsmiddelvannføringer**

	Tokkeåi, uregulert, 1919-57	Tokkeåi, regulert, ved 16.117 Elvarheim, 1968-98	16.117 Elvarheim + Tokke kraftverk, 1973-98
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Januar	20.7	13.7	99.0
Februar	16.6	14.3	103.7
Mars	14.9	9.8	100.1
April	29.5	13.0	95.2
Mai	180.7	32.5	107.5
Juni	262.8	25.4	74.6
Juli	164.5	27.7	58.9
August	103.4	25.4	69.6
September	99.9	24.9	81.0
Oktober	89.0	26.9	95.1
November	49.4	16.9	96.1
Desember	31.3	14.9	99.4
År	88.9	20.4	89.9



**Figur 2. Hypsografisk kurve for Tokkeåi.**

### 3. HYDROMETRISKE STASJONER

De i denne forbindelse viktigste hydrometriske stasjonene i vassdraget, inklusive Vestvannene, er 16.117 Elvarheim, 16.138 Tokke Kraftverk, 16.37 Vinjevatn, 16.34 Totak, 16.6 Dalen og 16.40 Strengen.

16.117 Elvarheim ligger nederst i Tokkeåi ved Dalen. Nedbørfeltet er 2338 km<sup>2</sup>. Stasjonen har vannføringsobservasjoner siden 1968. Største vannføringsmåling er 148 m<sup>3</sup>/s, hvilket er ca. 70 % av midlere flom. Vannføringskurven er altså ekstrapolert ganske langt over største måling, hvilket medfører en stor grad av usikkerhet ved de største observerte flomvannføringene.

16.138 Tokke kraftverk registrerer driftsvannføringen i kraftverket. Stasjonen har data siden 1972. Kraftverket ble satt i drift i 1961.

16.37 Vinjevatn lå i Vinjeåi med et nedbørfelt på 908 km<sup>2</sup>. Stasjonen har vannføringsdata fra 1919 til 1958 da den ble nedlagt i forbindelse med reguleringen av vassdraget.

16.34 Totak lå i den store innsjøen Totak med et nedbørfelt på 860 km<sup>2</sup>. Stasjonen har vannføringsdata fra 1884 til 1958 da den ble nedlagt i forbindelse med reguleringen av vassdraget.

16.6 Dalen ligger i Bandak og registrerer vannstanden i innsjøen. Stasjonen har data siden 1954. Vannstandsdata med versjonsnummer 0 i NVEs database er i SK-høyder.

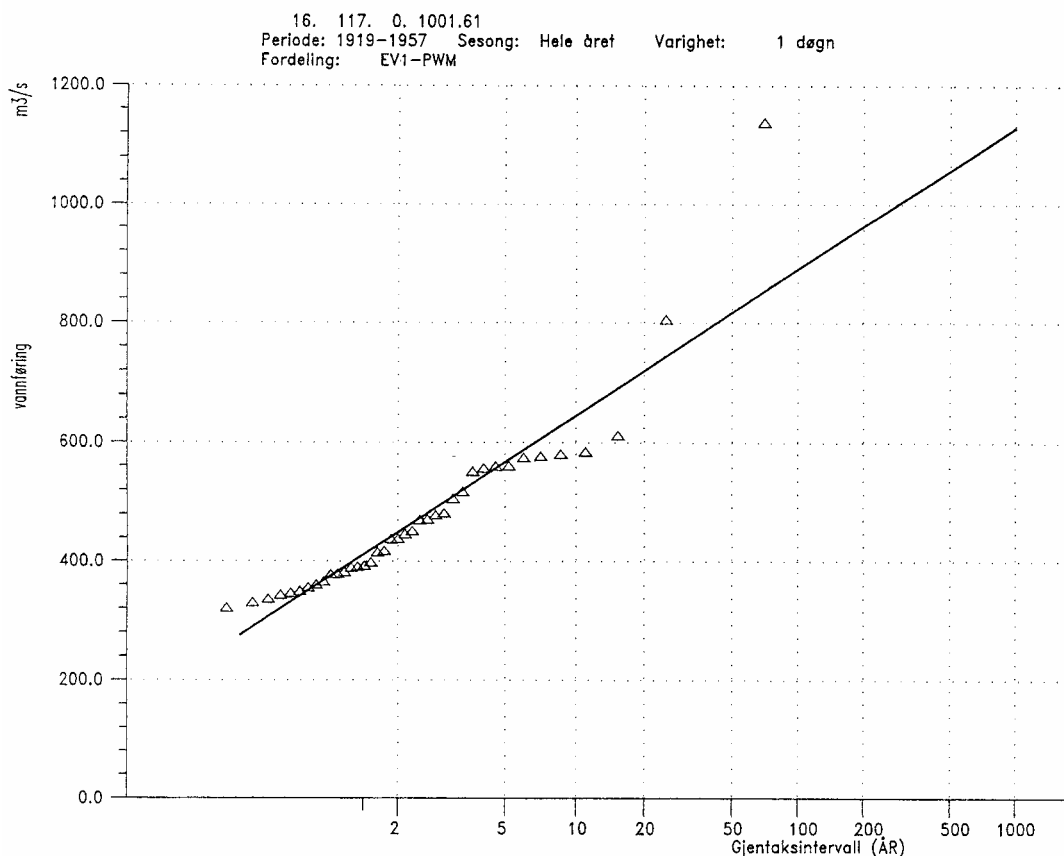
16.40 Strengen ligger i utløpet av Flåvatn, det nederste av Vestvannene, som ved lave vannstander ligger i omtrent samme nivå som Bandak. Stasjonen har vannstandsdata siden 1879. Vannstandsdata med versjonsnummer 0 i NVEs database er i SK-høyder.

### 4. BEREGNING AV FLOMVERDIER

#### 4.1 Beregning av flomvannføringer i Tokkeåi

I et slikt gjennomregulert vassdrag som Tokkeåi er det vanskelig å utføre flomfrekvensanalyser. Flomstørrelsene er en kombinasjon av de naturlige flomvannføringene og reguleringens innvirkning på flomforholdene. Midlere flom ved Elvarheim er betydelig redusert etter reguleringen på grunn av både flomdempning i vassdragets magasiner og at en stor del av vannføringen går gjennom Tokke kraftverk rett ut i Bandak. Med økende flomstørrelse vil sannsynligvis reguleringens flomdempende effekt avta. Hvis i tillegg Tokke kraftverk faller ut, vil det bli overløp i inntaksmagasinet, hvilket vil medføre kraftig økning av flomvannføringen i Tokkeåi, under forutsetning at magasinet er fylt opp. Disse effekter av reguleringen kan ikke knyttes til bestemte gjentaksintervall.

For å vurdere flomforholdene i Tokkeåi før regulering er det konstruert en dataserie basert på vannføringene ved 16.37 Vinjevatn og 16.34 Totak. De stasjonene dekker ca. 76 % av Tokkeåis totale nedbørfelt. Summen av vannføringene fra de stasjonene tillagt den vannføring som antas være representativ for restfeltet nedstrøms gir en uregulert vannføringsserie for Tokkeåi. Vannføringen fra restfeltet beregnes som 43 % av vannføringen i Vinjevatn, hvilket tilsvarer forholdet mellom de midlere årsvannføringene. Det er ikke gitt at forholdet er representativt for flomforholdene, men dette er meget vanskelig å anslå. Resultatet av flomfrekvensanalysen er vist i figur 3 og tabell 2.

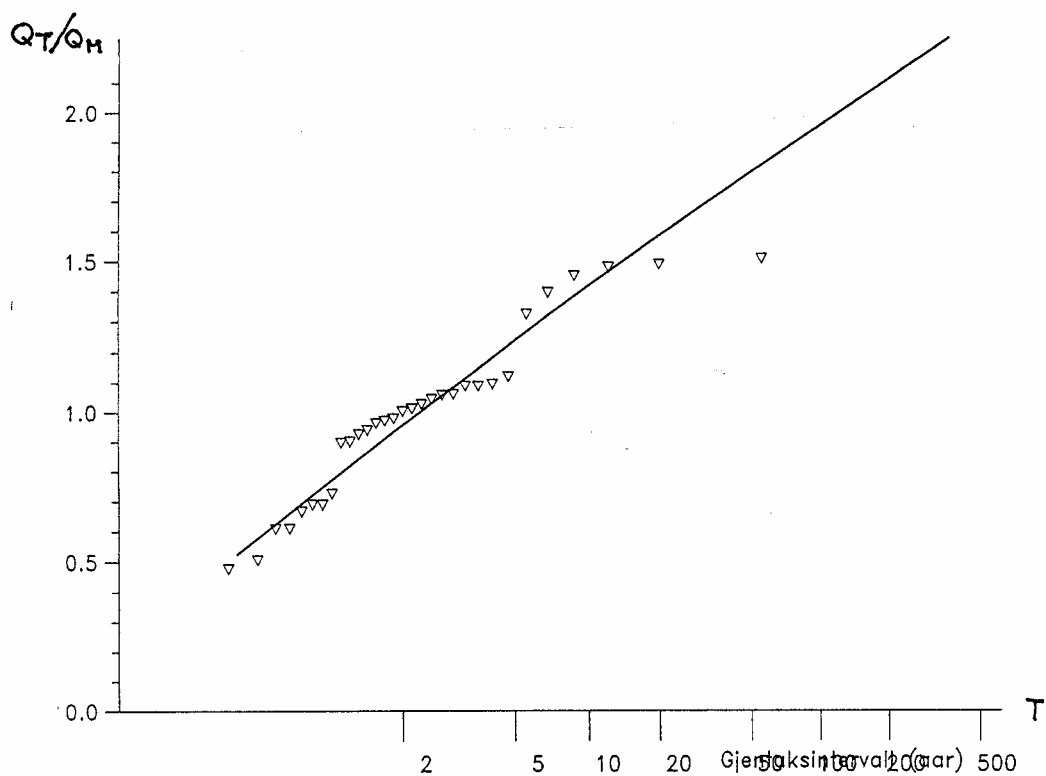


Figur 3. Flomfrekvensanalyse for Tokkeåi, årsflommer, før regulering.

Tabell 2. Resultat av flomfrekvensanalyse for uregulerte årsflommer i Tokkeåi, døgnmiddelverdier.

$Q_M$	471 m <sup>3</sup> /s
$Q_{10}$	645 m <sup>3</sup> /s
$Q_{20}$	720 m <sup>3</sup> /s
$Q_{50}$	817 m <sup>3</sup> /s
$Q_{100}$	890 m <sup>3</sup> /s
$Q_{200}$	962 m <sup>3</sup> /s
$Q_{500}$	1058 m <sup>3</sup> /s

I uregulert tilstand er det stort sett vårflommene som er de største. I den 39 år lange konstruerte dataserien faller årets største flom i mai-juni i alle år utom to, da de faller i september, den største av disse rangeres som den 15. største totalt. Etter regulering finnes data fra 16.117 Elvarheim for perioden 1968-98. Årets største flom opptrer i alle måneder unntatt desember-mars, som en konsekvens av reguleringen. Men i mange av disse årene er årets største vannføring ikke så stor at den kan kalles for flomvannføring. For analyse av flommer etter regulering er det derfor valgt å se på de 31 største flommene, dvs. like mange som observasjonsperiodens lengde i år. I noen tilfeller er to flommer samme år tatt med og derved er enkelte år ikke representert i det hele tatt. For å unngå avhengighet mellom flommene er det imidlertid aldri tatt med to vårflommer eller to høstflommer fra samme år. Resultatet av denne flomfrekvensanalysen er vist i figur 4 og tabell 3.



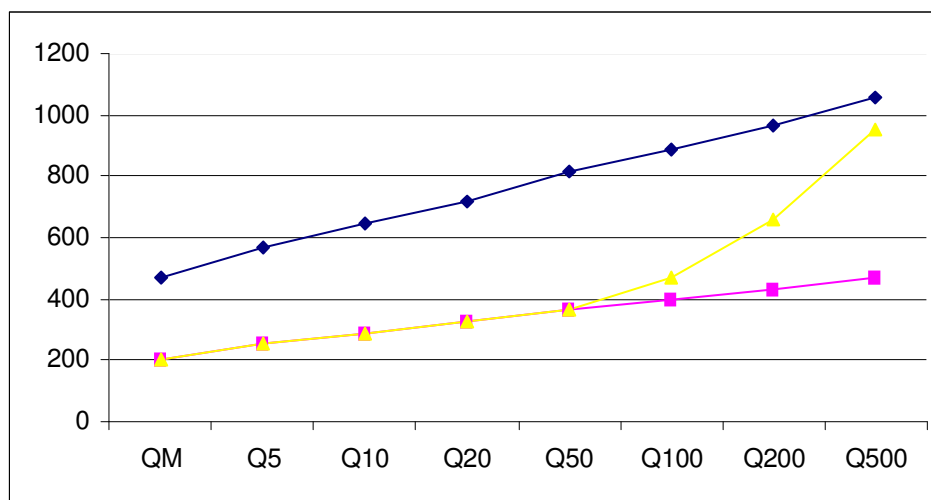
Figur 4. Flomfrekvensanalyse for Tokkeåi, årsflommer, etter regulering.

Tabell 3. Resultat av flomfrekvensanalyse for regulerede årsflommer i Tokkeåi, døgnmiddelverdier.

Q <sub>M</sub>	204 m <sup>3</sup> /s		
Q <sub>10</sub>	289 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> /Q <sub>M</sub>	1.42
Q <sub>20</sub>	323 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>20</sub> /Q <sub>M</sub>	1.59
Q <sub>50</sub>	366 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>50</sub> /Q <sub>M</sub>	1.80
Q <sub>100</sub>	398 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> /Q <sub>M</sub>	1.96
Q <sub>200</sub>	430 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>200</sub> /Q <sub>M</sub>	2.11
Q <sub>500</sub>	472 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>500</sub> /Q <sub>M</sub>	2.32

Som en ser av tabellene 2 og 3 er flommene redusert betraktelig etter regulering. Midlere flom,  $Q_M$ , er redusert til 43 %,  $Q_{100}$  til 45 % og  $Q_{500}$  til 45 % av uregulert flom. Dette gjør det komplisert å anslå flomstørrelser ved sjeldne gjentaksintervall. Ut fra den 31 år lange dataserien etter regulering kan man anslå flomstørrelser ved gjentaksintervall på kanskje 50-60 år med god nøyaktighet, men etter hvert vil reguleringens flomdempende effekt avta slik at den beregnede flomfrekvenskurven neppe kan antas gjelde for store gjentaksintervall. Sannsynligvis vil frekvenskurven etter hvert stige bratt slik at flomverdiene nærmer seg de uregulerte flomverdiene. Det finnes imidlertid ikke noe grunnlag for å anslå hvordan denne regulerings-effekten avtar i betydning. Nevnes kan at samtidig som det har vært flom i Tokkeåi etter regulering har det oftest vært drift ved Tokke kraftverk, slik at opp mot  $130 \text{ m}^3/\text{s}$  kan ha gått fra feltet direkte ut i Bandak. Hvis kraftverket stopper kan som tidligere nevnt flommen i Tokkeåi raskt øke med en vannføring nært kraftverkets driftsvannføring.

I figur 5 er frekvenskurvene for uregulerte og regulerte flommer inntegnet sammen med en kurve for hvordan regulerings-effekten antas å reduseres. Når regulerings-effekten på flomforholdene begynner å avta, og når denne effekten tilnærmesvis er eliminert, er vanskelig å anslå, slik at beregnede flomverdier er meget usikre ved store gjentaksintervall. Tabell 4 viser anslåtte regulerte flomvannføringer, og de derved antatte flomreduksjonene i forhold til uregulert tilstand, i  $\text{m}^3/\text{s}$  og i prosent.



Figur 5. Flomverdier for Tokkeåi i  $\text{m}^3/\text{s}$ . Øverste kurve viser uregulerte forhold (fra figur 3), nederste kurve viser regulerte forhold (fra figur 4), mens midtre kurve antas representere regulerte forhold ved store gjentaksintervall.

**Tabell 4. Anslåtte flomvannføringer for regulerte årsflommer i Tokkeåi, døgnmiddelverdier, samt antatt flomreduksjon i forhold til uregulert tilstand.**

	Regulerte årsflommer	Flomreduksjon	
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	%
Q <sub>M</sub>	204	267	57
Q <sub>10</sub>	289	356	55
Q <sub>20</sub>	323	397	55
Q <sub>50</sub>	366	451	55
Q <sub>100</sub>	470	420	47
Q <sub>200</sub>	660	302	31
Q <sub>500</sub>	950	108	10

Ut fra anslåtte verdier følger at regulert 100-årsflom tilsvarer uregulert middelflom, regulert 200-årsflom tilsvarer uregulert drøyt 10-årsflom, og regulert 500-årsflom tilsvarer uregulert 200-årsflom. Se tabell 2 og 4. Regulerte flommer med gjentakintervall opp til 50 år er redusert med ca. 55 %, mens regulert 100-årsflom er redusert med knapt 50 %, regulert 200-årsflom med ca. 30 % og regulert 500-årsflom med 10 %.

Disse flomverdier representerer døgnmidler. Kulminasjonsvannføringene kan være adskillig større. En analyse av noen av de største observerte flommene ved 16.117 Elvarheim viser at forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring varierer mellom ca. 1.6 og 1.1. Ved høstflommer er oftest forholdstallet større enn ved vårflokker. Det antas at et forholdstall på 1.3 vil være representativt som et gjennomsnitt for de fleste flommer. Men med økende gjentakintervall er det mer sannsynlig at det er vårsituasjoner som forårsaker flommene (se analysen for uregulerte forhold) og ved sjeldne gjentakintervall antas derfor et forholdstall på 1.15 å være representativt. Beregning av kulminasjonsvannføringer er vist i tabell 5.

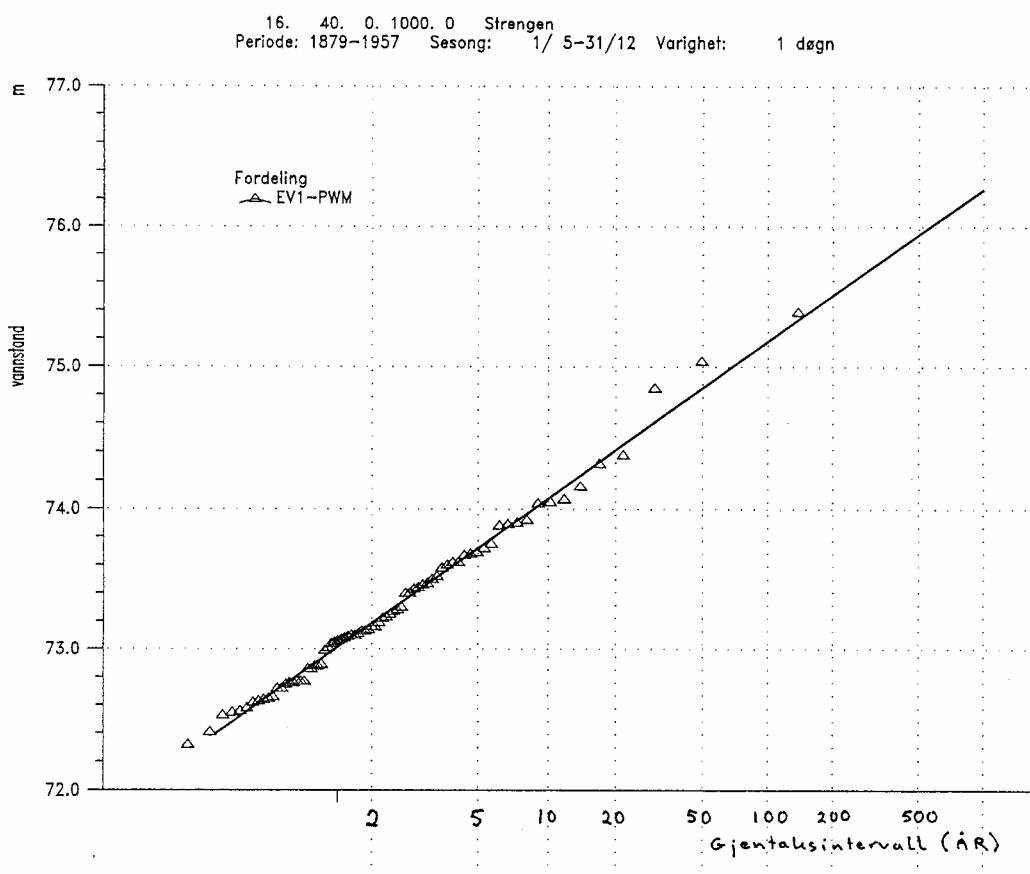
**Tabell 5. Anslåtte flomvannføringer for regulerte årsflommer i Tokkeåi, kulminasjonsverdier.**

Q <sub>M</sub>	1.30 * 204 ≈ 265 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>10</sub>	1.30 * 289 ≈ 375 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>20</sub>	1.30 * 323 ≈ 420 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>50</sub>	1.30 * 366 ≈ 475 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>100</sub>	1.25 * 470 ≈ 590 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>200</sub>	1.20 * 660 ≈ 790 m <sup>3</sup> /s
Q <sub>500</sub>	1.15 * 950 ≈ 1090 m <sup>3</sup> /s

## 4.2 Beregning av flomvannstander i Bandak

Det er utført frekvensanalyser av flomvannstander i Bandak for uregulerte og regulerte forhold, på tilsvarende måte som for Tokkeåi. For perioden før regulering finnes ikke data fra Bandak. Det er isteden utført flomfrekvensanalyse for

målestasjonen 16.40 Strengen for perioden 1879-1957. Vannstandene er i SK-høyder. Resultatet av analysen er vist i figur 6 og tabell 6.



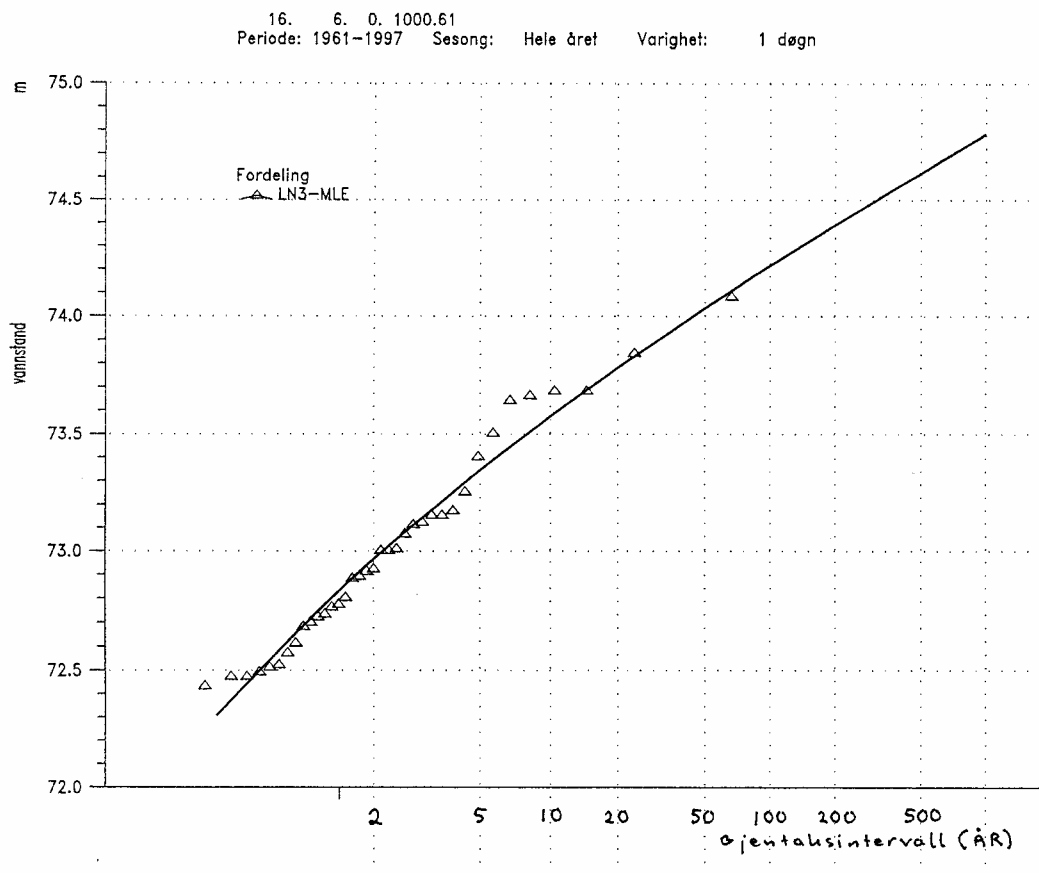
Figur 6. Flomfrekvensanalyse for vannstander i Flåvatn ved Strengen, årsflommer.

Tabell 6. Resultat av flomfrekvensanalyse for vannstander i Flåvatn ved Strengen, årsflommer.

$H_M$	73.28 m o.h.
$H_{10}$	74.07 m o.h.
$H_{20}$	74.41 m o.h.
$H_{50}$	74.85 m o.h.
$H_{100}$	75.18 m o.h.
$H_{200}$	75.51 m o.h.
$H_{500}$	75.94 m o.h.

Under flommen i 1927 kulminerte vannstanden i Bandak 0.5 m høyere enn vannstanden i Flåvatn ved Strengen (Statkraft engineerings notat om 1927-flommen i Vestvannene, datert 16.10.96). Under store flommer antas derfor vannstanden i Bandak å være 0.5 m høyere enn ved Strengen, og uregulerte vannstander i Bandak ved forskjellige gjentaksintervall beregnes ut fra verdiene i tabell 6 tillagt 0.5 m. Se tabell 8.

Etter de store reguleringene i Tokke finnes det data for vannstander i Bandak ved 16.6 Dalen. Det er utført flomfrekvensanalyse for perioden 1961-1997 og resultatet er vist i figur 7 og tabell 7. Vannstandene er i SK-høyder.



Figur 7. Flomfrekvensanalyse for vannstander i Bandak, årflommer.

Tabell 7. Resultat av flomfrekvensanalyse for vannstander i Bandak, årflommer.

$H_M$	73.01 m o.h.
$H_{10}$	73.58 m o.h.
$H_{20}$	73.78 m o.h.
$H_{50}$	74.03 m o.h.
$H_{100}$	74.22 m o.h.
$H_{200}$	74.39 m o.h.
$H_{500}$	74.62 m o.h.

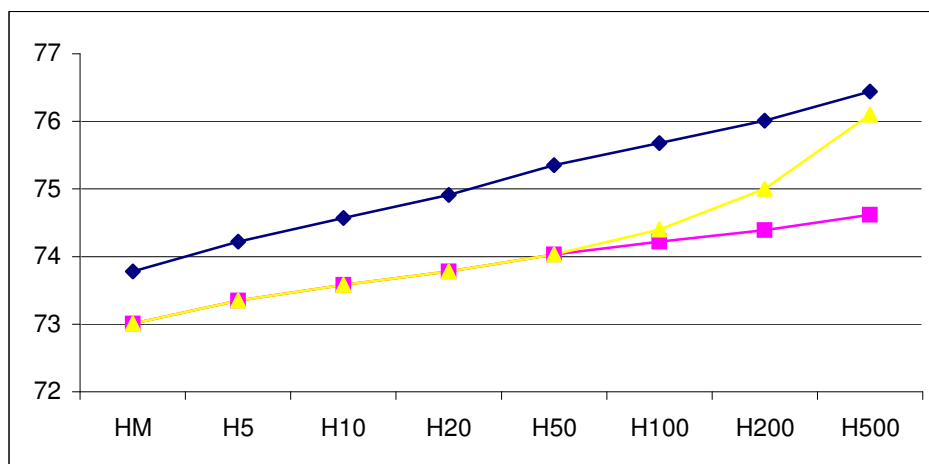
I tabell 8 er beregnede flomvannstander i Bandak ved forskjellige gjentakintervall i uregulert og regulert tilstand vist.



**Tabell 8. Flomvannstander i Bandak før og etter regulering, ut fra flomfrekvensanalyser.**

	Uregulerte forhold	Regulerte forhold
	m o.h.	m o.h.
H <sub>M</sub>	73.78	73.01
H <sub>10</sub>	74.57	73.58
H <sub>20</sub>	74.91	73.78
H <sub>50</sub>	75.35	74.03
H <sub>100</sub>	75.68	74.22
H <sub>200</sub>	76.01	74.39
H <sub>500</sub>	76.44	74.62

Som en ser av tabell 8 er midlere flomvannstand redusert med 0.77 m, mens sjeldne flomvannstander er redusert med 1.6-1.8 m på grunn av reguleringen. På samme måte som for flomvannføringene i Tokkeåi, vil imidlertid reguleringens flomdempende effekt etter hvert avta, og ved store gjentakintervall vil flomvannstandene nærme seg de som er representative for uregulerte forhold. I figur 8 er frekvenskurvene for uregulerte og regulerte forhold inntegnet sammen med en kurve for hvordan reguleringseffekten antas å reduseres. Liksom de anslåtte flomvannføringene i Tokkeåi ved store gjentakintervall, er de anslåtte flomvannstandene meget usikre. Anslåtte flomvannstander er vist i tabell 9. Det antas at vannstandsforskjellen i løpet av døgnet er relativt liten ved flomkulminasjon i Bandak, og anslåtte flomvannstander antas å representere kulminasjonsvannstander.



**Figur 8. Flomvannstander i Bandak, m o.h. Øverste kurve viser uregulerte forhold (fra figur 6 tillagt 0.5 m), nederste kurve viser regulerte forhold (fra figur 7), mens midtre kurve antas representere regulerte forhold ved store gjentakintervall.**

**Tabell 9. Anslåtte flomvannstander i Bandak etter regulering, samt antatt vannstandsreduksjon i forhold til uregulert tilstand.**

	Regulerte flomvannstander	Vannstandsreduksjon
	m o.h.	m
H <sub>M</sub>	73.01	0.77
H <sub>10</sub>	73.58	0.99
H <sub>20</sub>	73.78	1.13
H <sub>50</sub>	74.03	1.32
H <sub>100</sub>	74.40	1.28
H <sub>200</sub>	75.00	1.01
H <sub>500</sub>	76.10	0.34

De høyeste flomvannstandene er oftest om høsten. Vannstanden i Bandak kulminerer vanligvis en til tre dager etter at flommen i Tokkeåi kulminerer. Det er imidlertid ikke gitt at samtidige flommer i Tokkeåi og Bandak har samme gjentaksintervall. Den høyeste vannstanden i observasjonsperioden i Bandak var 17. oktober 1987, mens den samtidige flommen i Tokkeåi ved Elvarheim rangeres som den sjette største i observasjonsperioden, og summen av vannføringene ved Elvarheim og i Tokke kraftverk denne dagen rangeres som den tredje største i observasjonsperioden. Ved den største observerte flommen ved Elvarheim, i september 1968, var vannstanden i Bandak den nest høyeste i observasjonsperioden. Ved den største observerte totale flomvannføringen i Tokkeåi etter regulering (summen av vannføringen ved Elvarheim og driftsvannføringen i Tokke kraftverk), 395 m<sup>3</sup>/s 4.10.1975, var samtidig flomvannstand i Bandak den tredje høyeste observerte.

Som nevnt kulminerer vannstanden i Bandak noen dager etter flommen i Tokkeåi. Ved Tokkeåis kulminasjon er vannstanden i Bandak vanligvis 10-30 cm lavere enn kulminasjonsvannstanden noen dager senere, ved noen tilfeller enda lavere. For å beregne vannstander i Bandak når flom med gitt gjentaksintervall kulminerer i Tokkeåi, antas vannstanden være 10 cm lavere enn beregnet flomvannstand ved samme gjentaksintervall.

### 4.3 Sammendrag

Tabell 10 viser beregnede kulminasjonsvannføringer og -vannstander ved flommer med forskjellige gjentaksintervall i Tokkeåi og Bandak. I Tokkeåi et stykke oppstrøms Dalen vil vannføringen i Tokkeåi alene ha betydning for vannstandene langs elven. I den nedre delen av Tokkeåi vil både vannføringen i elven og samtidig vannstand i Bandak ha betydning for vannstandene langs elven. I de lavereliggende delene av Dalen er det vannstanden i Bandak som er bestemmende, og den er da noe høyere enn når vannføringen i elven kulminerer.

**Tabell 10. Flomverdier for Tokkeåi/Bandak.**

	Kulm.vannføring i Tokkeåi	Samtidig vannstand i Bandak	Kulminasjonsvann- stand i Bandak
Midlere flom	265 m <sup>3</sup> /s	72.91 m o.h.	73.01 m o.h.
10-årsflom	375 m <sup>3</sup> /s	73.48 m o.h.	73.58 m o.h.
20-årsflom	420 m <sup>3</sup> /s	73.68 m o.h.	73.78 m o.h.
50-årsflom	475 m <sup>3</sup> /s	73.93 m o.h.	74.03 m o.h.
100-årsflom	590 m <sup>3</sup> /s	74.30 m o.h.	74.40 m.o.h.
200-årsflom	790 m <sup>3</sup> /s	74.90 m o.h.	75.00 m o.h.
500-årsflom	1090 m <sup>3</sup> /s	76.00 m o.h.	76.10 m o.h.

## 5. OBSERVERTE FLOMMER

De største flommene i vassdraget er listet i tabell 11. Flomvannføringene for Tokkeåi i uregulert tilstand er beregnet ut fra data fra 16.37 Vinjevatn og 16.34 Totak. Flomvannføringene for Tokkeåi i regulert tilstand er fra 16.117 Elvarheim. De totale flomvannføringene for Tokkeåi er beregnet som summen av vannføringen ved 16.117 Elvarheim og samtidig driftsvannføring i Tokke kraftverk, målestasjon 16.138. Flomvannstander i Bandak i perioden før Tokkereguleringen er fra 16.40 Strengen tillagt 0.5 m til og med 1953, og fra 16.6 Dalen i perioden 1954-60. Flomvannstander i Bandak i perioden etter Tokkereguleringen er fra 16.6 Dalen.

**Tabell 11. "Observerte" flommer i Tokkeåi og Bandak, døgnmidler.**

Tokkeåi før regulering,

observasjonsperiode 1919-57

29.06.1927	1136 m <sup>3</sup> /s
19.06.1933	803 m <sup>3</sup> /s
21.06.1939	610 m <sup>3</sup> /s
12.06.1925	582 m <sup>3</sup> /s
28.05.1937	578 m <sup>3</sup> /s

Tokkeåi etter regulering,

observasjonsperiode 1968-98

05.09.1968	309 m <sup>3</sup> /s
09.08.1972	305 m <sup>3</sup> /s
06.07.1990	303 m <sup>3</sup> /s
04.10.1975	297 m <sup>3</sup> /s
17.10.1983	286 m <sup>3</sup> /s

Tokkeåi og Tokke kraftverk,

observasjonsperiode 1973-98

04.10.1975	395 m <sup>3</sup> /s
17.10.1983	382 m <sup>3</sup> /s
17.10.1987	358 m <sup>3</sup> /s
06.07.1990	336 m <sup>3</sup> /s
01.10.1982	326 m <sup>3</sup> /s

Bandak før regulering,

observasjonsperiode 1879-1960

01.07.1927	75.89 m o.h.
01.06.1879	75.54 m o.h.
08.10.1892	75.35 m o.h.
22.06.1933	74.88 m o.h.
06.06.1897	74.82 m o.h.

Bandak, etter regulering,

observasjonsperiode 1961-98

17.10.1987	74.08 m o.h.
07.09.1968	73.84 m o.h.
05.10.1975	73.68 m o.h.
20.10.1983	73.68 m o.h.
07.10.1967	73.66 m o.h.

Ved Elvarheim finnes det noen data for kulminasjonsvannføringer. De største kjente er  $490 \text{ m}^3/\text{s}$  under flommen 05.09.1968 og  $341 \text{ m}^3/\text{s}$  under flommen 17.10.1987. Flommen i 1987 var meget spiss, døgnmidlet var kun  $271 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 6. USIKKERHET

Datagrunnlaget for flomberegning i Tokkeåi og Bandak kan karakteriseres som rimelig godt. Det foreligger rimelig lange dataserier fra Tokkeåi ved Elvarheim og fra Bandak ved Dalen. Det er allikevel en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer kan derfor inneholde en stor grad av usikkerhet.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data er at Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi høyeste 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn høyeste kalenderdøgnmiddel. Det foreligger ikke data med fin tidsoppløsning for Tokkeåi på databasen. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer. Fordi det er relativt stor forskjell mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring ved flommer i Tokkeåi, er det stor usikkerhet knyttet akkurat til de anslåtte kulminasjonsverdiene.

Den største usikkerheten i flomberegningen er imidlertid knyttet til at vassdraget er gjennomregulert og de problemer dette medfører for å anslå sjeldne flommer, fordi reguleringens flomdempende effekt etter hvert vil avta. Det foreligger ikke observerte data for Tokkeåi ved Dalen og for Bandak fra perioden før Tokkereguleringen fant sted. Uregulerte flomverdier er beregnet basert på data fra andre stasjoner, og det er altså en stor grad av usikkerhet knyttet til disse. I tillegg er det altså antatt at regulerte flomverdier nærmer seg disse usikre data når gjentaksintervallet øker, uten at man har en god metodikk for å anslå denne tilnærming.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregning er kun den at datagrunnlaget er rimelig godt, men at de store reguleringene i vassdraget fører til stor usikkerhet ved flomvannføringer med store gjentaksintervall, over 50 år, og beregningen kan ut fra dette kriterie klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

## Referanser

NVE, 2000: Prosjekthåndbok – Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger.

Erik Holmqvist, 1996: 1927-flommen, Vestvannene. Notat, Statkraft engineering.

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

### **Utgitt i Dokumentserien i 2000**

- Nr. 1 Rune V. Engeset (red.): NOSIT - utvikling av NVEs operasjonelle snøinformasjonstjeneste ( 77 s)
- Nr. 2 Inger Sætrang (red.): Statistikk over overføringstariffer (nettleie) i Regional- og distribusjonsnettene 2000 ( 55 s.)
- Nr. 3 Bjarne Kjølmoen, Hans Christian Olsen og Roger Sværd: Langfjordjøkelen i Vest-Finnmark  
Glasiøhydrologiske undersøkelser (56 s.)
- Nr. 4 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Otta og Gudbrandsdalslågen  
- Flomsonekartprosjektet (40 s.)
- Nr. 5 Erik Holmqvist: Flomberegning for Trysilvassdraget, Nybergsund (311.Z)  
- Flomsonekartprosjektet (20 s.)
- Nr. 6 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Jølstra - Flomsonekartprosjektet (30 s.)
- Nr. 7 Arne Hamarsland og Tore Olav Sandnæs: Vassdragsforvaltning i Japan - hva kan vi lære? (30 s.)
- Nr. 8 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 1999 (12 s.)
- Nr. 9 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Daleelva i Høyanger (079.Z) - Flomsonekartprosjektet  
(28 s.)
- Nr. 10 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Glommavassdraget oppstrøms Vormå (002.E-T)  
Flomsonekartprosjektet ( 46 s.)
- Nr. 11 Henriette Hansen, Lars Roald: Flomsonekartprosjektet. Ekstremvannsanalyse i sjø ved utvalgte  
stasjoner (39 s.)
- Nr. 12 Arne Hamarsland: Biotiltak for laks og ørret i British Columbia og Washington (21 s.)
- Nr. 13 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Saltdalsvassdraget (163.Z)  
Flomsonekartprosjektet ( 25 s.)
- Nr. 14 Miriam Jackson: Svartisen Subglacial Laboratory (27 s.)
- Nr. 15 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Gaulavassdraget (122.Z)  
Flomsonekartprosjektet ( 22 s.)
- Nr. 16 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Tokkeåi ved Dalen (016.BD-BL)  
Flomsonekartprosjektet ( 20 s.)