



Flomberegning for Flatdøla, 016.CC0

Erik Holmqvist

6
2007



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Flatdøla

Norges vassdrags- og energidirektorat

2007

Dokument nr. 6 – 2007.

Flomberegning for Flatdøla, 016.CC0

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto: Flatdøla, ca. 6 km oppstrøms Flatsjø. Ved flommen i 1927 var vannstanden nesten 3 m høyere enn på bildet. Avstanden fra brubanen til elva er på bildet ca. 5,5 m.

Bildet er tatt av J.Wiik, 26. august 1931.

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Det er utført flomberegninger for Flatdøla som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, flomsonekartprosjektet.

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

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	6
2.1 Naturlige forhold.....	6
2.2 Reguleringene i vassdraget	9
2.3 Reguleringenes virkning på flomforholdene.....	9
3. Hydrometriske stasjoner	12
4. Flomanalyser	14
4.1 Observerte flommer	14
4.2 Midlere flom	16
4.3 5- 500 års flom.....	17
4.4 Kulminasjonsverdier.....	19
5. Usikkerhet	20
Referanser	21

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 for Flatdøla i Skiensvassdraget. Rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og kvalitetskontrollert av Thomas Væringstad.

Oslo, mars 2007



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningene er utført som en del av NVEs flomsonekartprosjekt fs 016_6 Flatdal. Det er vår- og høstflommer som dominerer i Flatdøla. Resultatene av analysene er sammenfattet i tabell 1.

For Flatdøla er det antatt et forholdstall på 1,25 mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring.

Det er i beregningene antatt at reguleringene i vassdraget virker betydelig flomdempende på de mindre flommene. Flomreduksjonen antas å avta fra 75 m³/s for midlere og 5-års flom til å være ubetydelig for 200- og 500- års flom

Tabell 1.
Kulminasjonsvannføringer i Flatdøla, etter regulering.

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flatdøla ved Flatdal kirke	382	79	119	184	226	313	361	441	518
Flatdøla ved utløp i Flatsjå	412	91	135	203	248	341	391	476	559
Flomreduksjon pga reguleringer	-	75	75	50	50	25	25	0	0

I en klassifisering fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse beregningene gis klasse 2.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for en ca. 4 km lang strekning langs Flatdøla fra Flatdal kirke og ned mot Flatsjå. Delprosjektets nummer og navn i NVEs flomsonekartprosjekt er fs 016_6 Flatdal. Som grunnlag for denne konstruksjonen er midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnet.

I tabell 2 er det gitt en oversikt over hvilke punkter i vassdraget det er gjennomført beregninger for.

Tabell 2
Nedbørfelt.

	Areal (km ²)
Flatdøla ved Flatdal kirke	382
Flatdøla ved utløp i Flatsjå	412

2. Beskrivelse av vassdraget

2.1 Naturlige forhold

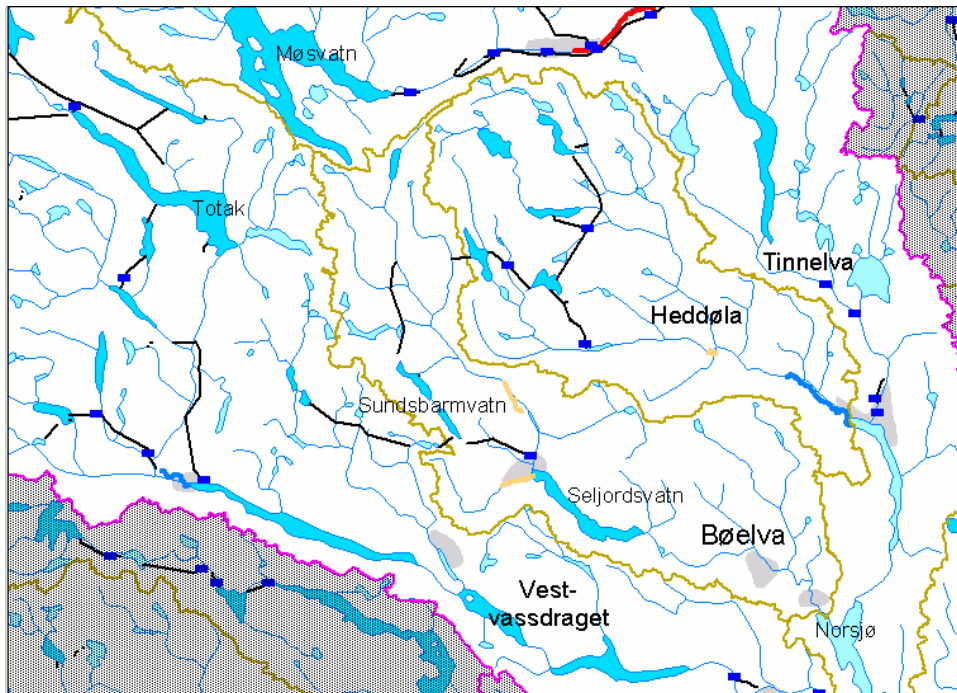
Nedbørfeltet til Flatdøla strekker seg fra utløpet i Flatsjå, til fjellområdene mot Møsvatn i nord. Det høyeste punktet i nedbørfeltet er Brattefjell med 1540 moh. Fra fjellpartiene i nord kommer elvene Grovåi og Bjånelvi, disse møtes i Åmot. Herifra heter elven Åmotsdalsåi. Etter noen kilometer kommer Heiåa fra nordøst ut i Åmotsdalsåi, mens noe lenger sør tilkommer også Mandalselvi. Denne kommer fra Sundsbarmvatn. Ned mot de slakere partiene i Flatdal endrer elva navn til Flatdøla.

Flatdøla renner ut i Flatsjå, en 0,7 km² stor innsjø som ligger 161 moh. Ut av Flatsjå renner elven Vallaråi, som igjen har utløp i Seljordsvatn på 116 moh.

Naturlig nedbørfeltet til Flatdøla ved utløp i Flatsjå er 412 km² og utgjør dermed drøyt halve nedbørfeltet til Seljordsvatn som er 740 km². Midlere årsavløp for Flatdølas naturlige nedbørfelt er 7,6 m³/s eller 18 l/s km².

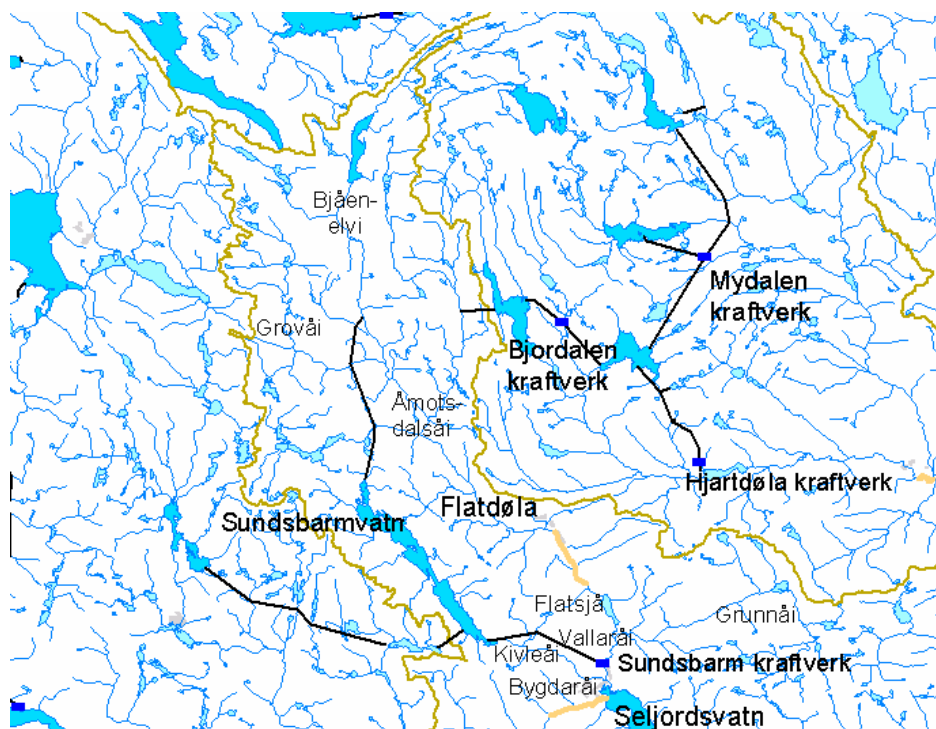
Figur 3 viser at vannføringen i Seljordvassdraget er lavest i vinterhalvåret og vanligvis størst på våren og forsommeren i forbindelse med snøsmelting.

Flomvannføringer forekommer imidlertid både vår, sommer og høst (figur 4). Både på våren og seint på høsten vil de største flommene som regel være forårsaket av en kombinasjon av regnvær og snøsmelting.



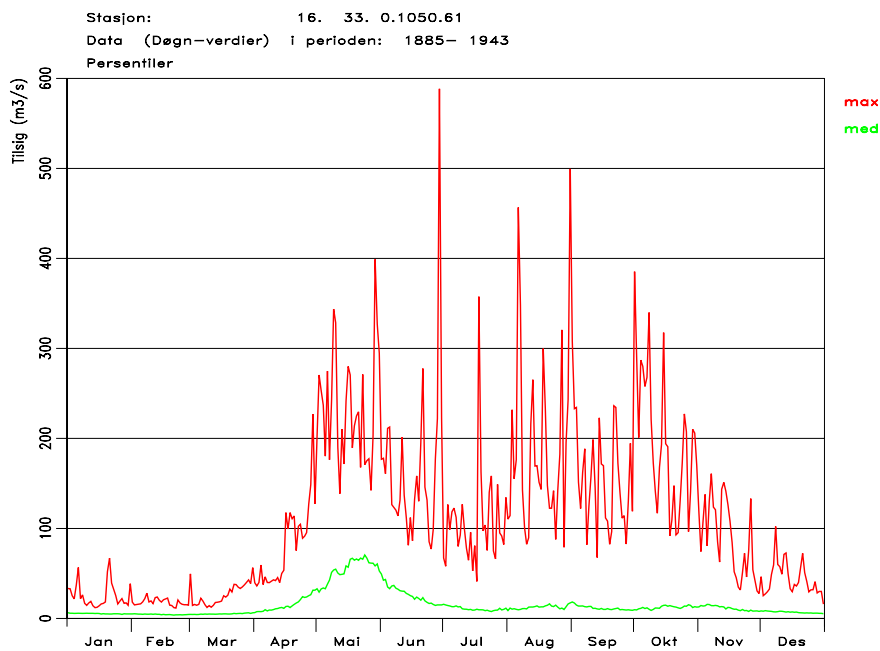
Figur 1.

Oversiktskart over Bøelva. Det er to strekninger i denne delen av Skiensvassdraget som er omfattet av flomsonekartprosjektet, fs 016-6 Flatdal og 016-7 Seljord. Disse er markert med oransje strek nord og vest for Seljordsvatn. Kraftverk i området er markert med blå firkanter, overføringer med svarte streker og magasiner med en dyp blå farge.



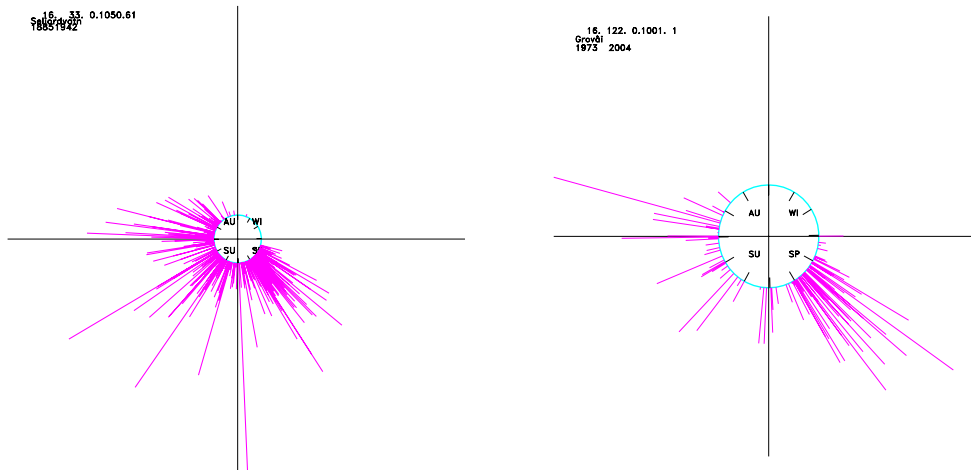
Figur 2.

Utsnitt av Bøelva med Sundsbarm reguleringen og Flatdøla. Området som skal flomsonekartlegges er markert med oransje.



Figur 3.

Tilløp til Seljordsvatn i m³/s. Det er middel og maksimum for årene 1885-1943 som er vist.



Figur 4.

Flommer i Seljordsvassdraget. Til venstre er data for tilløpsserien til Seljordsvatn for perioden 1885 til 1943 vist, mens data fra stasjonen Grovdåi for årene 1972 til 2004 er vist til høyre. Sirkelen representerer året med januar rett opp.

2.2 Reguleringene i vassdraget

Av Flatdølas felt er nesten 270 km², eller mer enn 60 prosent av nedbørfeltet, omfattet av reguleringsinngrep. I tabell 3 – 5 er de ulike delfeltene listet opp.

Sundsbarm kraftverk, som ble bygget i perioden 1967-71, utnytter et fall på 480 meter mellom magasinet Sundsbarmvatn og nedre del av Vallaråi. Sundsbarmvatn har et reguleringsvolum på 212,5 mill m³. Fra utløpet av kraftverket renner vannet videre til Seljordsvatn. Kraftverket har en maksimal slukeevne på 25 m³/s.

Kraftverket utnytter vann fra nedbørfelt på til sammen 414 km². Av dette er 180 km² overført fra Vestvassdraget. Omkring 230 km² omfatter reguleringsinngrep i øvre deler av Flatdølas nedbørfelt. Dette gjelder blant annet overføring av elvene Grovåi og Bjånelvi til magasinet Sundsbarmvatn. I øvre del av Bjånelvi er det også etablert et mindre magasin, Sandsetvatn på 10 mill m³. Gjennom sommerhalvåret ligger dette magasinet normalt med selvregulering, slik at avløpet da renner som naturlig til inntaket i Bjånelvi.

På tilløpstunnelen til Sundsbarm kraftverk tas det og inn en mindre bekk, Finndalsåi. Vannet i denne bekken rant naturlig direkte til Seljordsvatn.

I manøvreringsreglementet for Sundsbarm kraftverk heter det at når vannstanden i Sundsbarmvatn overstiger HRV med mer enn 10 cm, skal tilløpet fra Bjånelvi og alle tilløp til overføringstunnelene fra Vestvassdraget ledes vekk fra tunnelene og ned i sine naturlige elveleier.

Videre er det et inntak i Heiåa, som fører vann fra omkring 40 km² av den østligste delen av Flatdølas nedbørfelt over til inntaksmagasinet for Bjordalen kraftverk som ligger i Hjartdøla- /Heddalsvassdraget. Kapasiteten på denne overføringen er 22 m³/s.

2.3 Reguleringenes virkning på flomforholdene

Reguleringsgraden (magasinvolym i % av midlere årsavløp) til Sundsbarm kraftverk er 90 %. Det betyr at en må anta at de mindre flommene i Flatdøla er kraftig redusert.

Maksimal flomreduksjon i Flatdøla er drøyt 100 m³/s. Det forutsetter at overføringen fra Heiåa til Skjesvatn er åpen (22 m³/s), videre at overføringene fra nord/ Åmotsdalsvassdraget til Sundsbarmvatn går for full kapasitet (ca. 36 m³/s) og at Sundsbarm kraftverk går for fullt (25 m³/s). I tillegg forutsettes at lokaltilsiget til Sandsetvatn og Sundsbarmvatn lagres i magasinene. Dette vil kunne være tilfelle ved mindre flommer.

Ved store flommer, eller ved flommer på fulle magasin, må det imidlertid antas at det meste av vannet renner som naturlig. Ved for eksempel flommen i oktober 1987 var det overløp fra Sundsbarmvatn. Sundsbarm kraftverk var sannsynligvis i drift under hele denne flommen, slik at vannføringen i Flatdøla ble 25 m³/s mindre enn om kraftverket hadde stått.

Tabell 3**Inntak/ overføringer i forbindelse med Sundsbarm kraftverk.**

* Ved storflom i bekkene kan tunnelen overføre ca. 36 m³/s, men ved fullt magasin i Sundsbarmvatn reduseres

kapasiteten til ca. 26 m³/s før det blir flomtap ved inntakene. Kilde: Skiensfjordens Kommunale Kraftselskap.

Inntak/ delfelt	Areal km ²	Årsmiddelvannføring		Kapasitet m ³ /s
		mill m ³ /år	m ³ /s	
Morgedalsåi	18,9	10,1	0,3	
Mjåvannsbekken	3,7	2,1	0,07	
Selvatn	4,6	2,3	0,07	
Daleåi	16,9	9,4	0,3	
Haukombekken	12,4	6,1	0,2	
Ljosdalsvatnet	123,6	69,0	2,2	
Sum fra Vestvassdraget	180,1	99,0	3,1	Stenges når vst Sundsbarmvatn > HRV + 10 cm
Sandsetvatn	27,6	22,4	0,7	
Valeåi	38,7	20,3	0,6	
Grovåi	50,4	30,5	1,0	
Rindebekk	8,1	4,6	0,15	
Bjånelv	46,3	30,5	1,0	
Sum fra nord, Åmotsdalsvassdraget	171,0	108,2	3,5	ca. 26* ca. 36*
Lokalfelt Sundsbarmvatn	58,9	30,4	1,0	
Findalsåi	4,8	4,1	0,13	
Sum til Sundsbarm kraftverk	414,2	242	7,7	25

Tabell 4

Felt som er overført fra Seljordvassdraget til Bjordalen kraftverk i Heddalsvassdraget.

Inntak/ delfelt	Areal km ²	Årsmiddelvannføring		Kapasitet m ³ /s
		mill m ³ /år	m ³ /s	
Heiåa	39,9	30,3	1,0	22

Tabell 5

Magasin i tilknytning til Sundsbarm kraftverk.

Magasin	Magasinvolum
Sandsetvatn	10 mill m ³
Sundsbarmvatn	212,5 mill m ³
Hovde-Berg-Ljosdalsvatn	5,5 mill m ³
Sum Sundsbarm kraftverk	228 mill m³

I denne flomberegningen er det forutsatt følgende flomreduksjon i Flatdøla.

- 75 m³/s ved middel- og 5-års flom
- 50 m³/s ved 10- og 20-års flom
- 25 m³/s ved 50- og 100-års flom
- ingen reduksjon for 200- og 500-års flom

Videre er det antatt at overføringene både fra Vestvassdraget til Sundsbarmvatn og fra Heiåa til Bjordalen kraftverk er stengt. Det vil si at det er antatt naturlige forhold i Heiåa under flom.

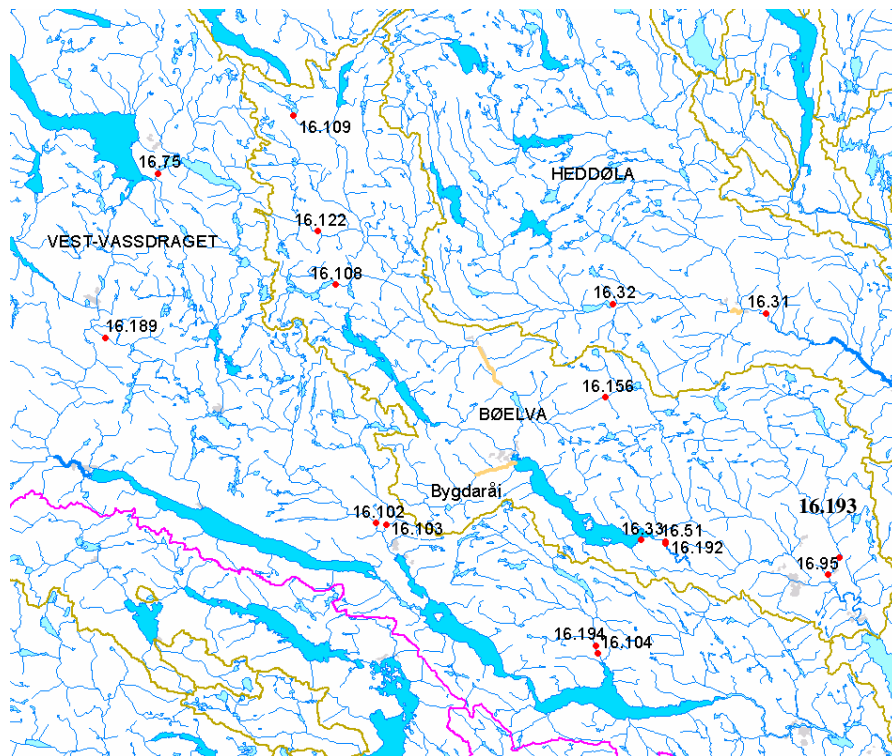
En reduksjon på 75 m³/s, som benyttes for middel- og 5-års flom tilsvarer summen av midlere avløpsflom fra Sundsbarmvatn til Flatdøla (ca. 240 l/s km² · 58,9 km² = 14 m³/s), maksimal overføringskapasitet fra Åmotsdalsvassdraget til Sundsbarmvatn (36 m³/s) og slukeevnen til Sundsbarm kraftverk (25 m³/s).

For 10- og 20 –års er det antatt fortsatt drift av Sundsbarm kraftverk i tillegg til noe magasinering/ dempning i Sundsbarmvatn. For 50- og 100-års flom antas kun drift av Sundsbarm kraftverk. Mens for enda sjeldnere flommer antas vannføringen i Flatdøla å være som naturlig.

Ved beregning av kulminasjonsverdier er ikke disse verdiene skalert opp.

3. Hydrometriske stasjoner

I kartet nedenfor (figur 5) er beliggenheten til avløpsstasjonene i Bøelva og noen av nabofeltene vist. Noen sentrale feltparametere for disse stasjonene og stasjonen 16.3/16.4 Flatdøla, hvor det kun er registrert vannstand, er gitt i tabell 6.



Figur 5.
Målestasjoner for vannføring i nærheten av Flatdøla.

Tabell 6.
Feltparametere for undersøkte stasjoner. Normalavløp er i henhold til avrenningskart for Norge 1961-90. For noen stasjoner er observert normal gitt i parentes.

Stasjon	Periode	Areal (km ²)	Normalavløp (l/s km ²)	Midlere høyde (moh.)	Effektiv sjøprosent (%)
16.3/16.4 Flatsjø	1884-1921	421	18	Ca. 870	0,5
16.32 Hjartsjø	1919-58	215	27	Ca. 830	1,2
16.33/16.51 Seljordsvatn	1885-1969	730	19	Ca. 800	2,44
16.75 Tannsvatn	1955-dd	117	23 (23)	Ca. 900	Ca. 5
16.102 Nørstrud bru	1962-71	258	16	Ca. 740	0,6
16.103 Sagafoss	1962-71	66	14	Ca. 650	0,5
16.108 Gjevarvatn	1965-83	33,3	17	Ca. 800	5,5
16.109 Veisvikvatn	1965-83	15,1	11	Ca. 1000	5,4
16.122 Grovåi	1972-dd	42,7	19	Ca. 900	0,2
16.156 Grunnåi	1987-92	54,1	28	Ca. 1130	0,7
16.189 Bjørntjønn	1991-dd	34,7	23	Ca. 730	1,46
16.95/16.193 Hørte	1961-dd	156	16 (31)	Ca. 500	0,27
16.104/16.194 Kilen	1962-dd	118	16	Ca. 500	0,85

Ved stasjonene 16.3 og 16.4 Flatsjå er det observert vannstander fra 1884 til 1921. Disse observasjonene er vanskelig å benytte direkte i flomberegningene, men kan gi verdifull informasjon om historiske flomvannstander i Flatsjå. Data fra disse stasjonene er ikke analysert/ presentert i denne rapporten.

Stasjonene Gjevarvatn, Veisvikvatn og Grovåi ligger alle i Flatdølas nedbørfelt. Data fra disse stasjonene sammen med tilløpsserien for Seljordsvatn antas å gi et godt grunnlag for å vurdere flomforholdene i Flatdøla. Stasjonene er nærmere omtalt nedenfor.

Observasjonene ved stasjonen **16.33 Seljordsvatn** startet i 1884. I 1944 ble det bygget en mindre dam i utløpet av innsjøen. Observasjonsstedet ble da flyttet nedstrøms innsjøen, hvor stasjonen **16. 51 Hagadrag** ble etablert. Flatdøla utgjør nesten 60 prosent av nedbørfeltet til Seljordsvatn.

I utløpet av Seljordsvatn er det utført målinger som grunnlag for vannføringskurven for vannføringer opp til ca. 160 m³/s. Det er på nivå med midlere flom. Vannføringskurven kan derfor betraktes som relativt bra også på store vannføringer.

Observasjonene i Seljordsvatn er komplette i de delene av året hvor flommer normalt har forekommet. Men det er en del manglende data om vinteren. Det er konstruert en **tilløpsserie for Seljordsvatn**. I denne serien er manglende vintervannføringer komplettert ved lineær interpolasjon. I tilløpsserien er det korrigert for den naturlige selvreguleringen i innsjøen. Serien er lagret med nummer 16.33.0.1050.61 på NVEs database og dekker perioden 1885 til 1943.

For årene etter 1943 er det også forsøkt å lage en tilløpsserie. Det er da brukt vannføringsdata fra Hagadrag og vannstandsdata fra Seljordsvatn. Det har imidlertid vist seg vanskelig å få en serie med tilfredsstillende kvalitet. Det kan skyldes at det ikke er en helt entydig sammenheng mellom vannstanden i Seljordsvatn og vannføringen ved Hagadrag. For årene etter 1943 er ikke tilløpsserien god nok til videre flomanalyser.

Det er og en tilsigsserie for Seljordsvatn (16.33.0.1050.1) på NVEs database, hvor en har korrigert for både selvreguleringen i innsjøen og oppstrøms reguleringer. Serien dekker perioden 1884 til 1970. Men magasinkurven for Seljordsvatn, som er benyttet til konstruksjon av denne serien, er sannsynligvis feil i en lengre periode. Serien er avsluttet i 1970 fordi Sundsbarm-utbyggingen gir store usikkerheter i de videre beregningene. Denne serien er derfor heller ikke benyttet i de videre flomanalysene.

16.108 Gjevarvatn lå i Valeåi, noen kilometer oppstrøms der Valeåi nå blir tatt inn på overføringstunnelen til Sundsbarmvatn. Stasjonen var i drift fra 1965 til 1983. Det er utført målinger som grunnlag for konstruksjon av vannføringskurve for vannføringer på nesten 8 m³/s eller på nivå med middelflom. Flomvannføringene antas derfor å være pålitelige.

16.109 Veisvikvatn lå nordvest i Flatdølas nedbørfelt. Stasjonen var i drift fra 1965 til 1983, men data mangler for enkelte perioder og det er derfor kun 14 år med komplette data. Det er utført målinger som grunnlag for konstruksjon av

vannføringskurve for vannføringer på drøyt 6 m³/s. Dette er på nivå med den største flommen som er registrert ved stasjonen i løpet av observasjonsperioden.

Flomvannføringene antas derfor å være pålitelige.

16.122 Grovåi ligger oppstrøms inntaket i Grovåi på tilløpstunnelen som går fra nedbørfeltet til Flatdøla. Stasjonen er fortsatt i drift, den ble etablert i 1972. Det er utført målinger som grunnlag for konstruksjon av vannføringskurve for vannføringer på drøyt 23 m³/s eller omkring en 10-års flom. Flomvannføringene ved Grovåi antas derfor å være svært pålitelige.

4. Flomanalyser

4.1 Observerte flommer

Den største flommen som er registrert i området var i slutten av juni 1927 (tabell 7). Flommen var forårsaket av mye regn over flere dager. Blant annet ble det 29. juni 1927 registrert 76 mm nedbør ved en målestasjon på Lifjell sanatorium i Bø. Samme dag ble det målt 121 mm nedbør rett nord for Seljordvassdraget ved en stasjon i Tuddal i Hjartdal (Lars Roald, NVE-HD).

Vannstandene i Seljordsvatn ble avlest en gang pr. døgn under flommen i 1927. Fra 27. til 29. juni steg vannstanden med 1,5 m, og beregnet tilløp kulminerte med nesten 600 m³/s (tabell 7). Det tilsvarer en avrenning på drøyt av 800 l/s km² eller 70 mm/døgn. Dette harmonerer godt med de observerte nedbørverdiene i området. Avløpet fra Seljordsvatn under denne flommen kulminerte med nesten 400 m³/s

Også ved mange av de øvrige store flommene i området har regn spilt en vesentlig rolle. Den største registrerte flommen i Grovåi (tabell 8), som var 15. august 1979, var en ren regnflom. Under denne augustflommen var det store lokale variasjoner. For eksempel var maksimal avrenning i Grovåi over 850 l/s km², mens den fra nabofeltet Gjevarvatn var omkring 200 l/s km².

I Grovåi er det høstflommen i 1987 og vårfloppen i 2004 som er nest og tredje størst. Disse hadde en større arealutbredelse enn sommerflommen i 1979.

Ved flommen i mai 2004 førte reguleringene i Flatdøla til en betydelig flomreduksjon. Det er derfor sannsynligvis høstflommen i 1987, som de senere årene har gitt størst flomvannføring i Flatdøla. Av figur 6 ser en at det var betydelige nedbørmengder i området 16. oktober 1987. Mange steder omkring 75 mm, og sannsynligvis enda noe mer i fjellet. Det var overløp i Sundsbarmvatn under denne flommen. Vannføringen ut av Seljordsvatn, ved målestasjonen 16.51 Hagadrag, ble registrert til 293 m³/s. Det er omkring 100 m³/s mindre enn i 1927. Høstflommen i 1987 er på nivå med flommen i mai 1916, som er den nest største avløpsflommen fra Seljordsvatn før regulering.

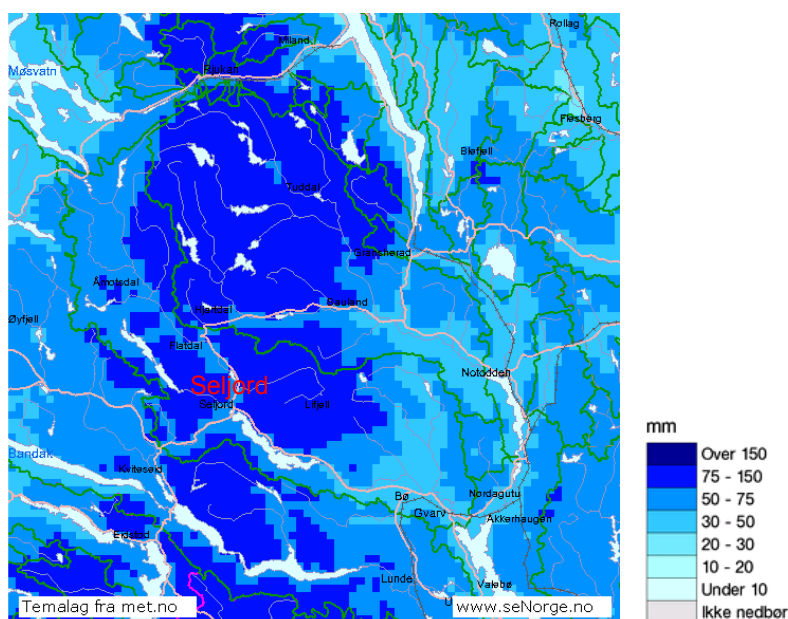
Tabell 7.
De fem største tilløpsflommene til Seljordsvatn fra 1885- 1943.

Dato	Døgnmiddel m ³ /s	Døgnmiddel l/s km ²
29. juni 1927	589	807
31. august 1938	500	685
6. august 1934	457	626
29. mai 1925	399	547
2. oktober 1892	385	527

Tabell 8.
De fem største flommene ved målestasjonen 16.122 Grovåi fra 1973-2004.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Kulminasjon l/s km ²	Døgnmiddel m ³ /s	Døgnmiddel l/s km ²	Forholdstall kulm./døgn
15. aug. 1979	37	864	16	372	2,3
16. okt. 1987	35	820	27	642	1,3
6. mai 2004	35	810	28	651	1,2
24. mai 1978	33	773	23	549	1,4
30. sep. 1982	31	726	18	424	1,7

Figur 6.
Nedbør i mm 16. oktober 1987 i områdene omkring Seljordvassdraget. Kilde seNorge.no, datagrunnlag met.no og NVE.



4.2 Midlere flom

Det er vannføringsobservasjoner fra tre målestasjoner i nedbørfeltet til Flatdøla, Gjevarvatn, Veisvikvatn og Grovåi. For disse varierer midlere flom fra omkring 230 til 360 l/s km². Det virker rimelig at stasjonene Gjevarvatn og Veisvikvatn gir representative flomverdier for egne lokalfelt i tillegg til lokalfeltet til Sandetvatn og Sundsbarmvatn (totalt 135 km²). Videre at Grovåi er representativ for resten av nedbørfeltet til Flatdøla (277 km²). En ren skalering av dette gir en middelflom på 317 l/s km² for Flatdøla.

Dette harmonerer svært godt med den 60 år lange tilløpsserien for Seljordsvatn selv om dataene for denne er fra en annen tidsperiode enn for stasjonene over. Midlere flom for tilløpsserien er 323 l/s km².

For øvrige nabostasjoner varierer midlere flom i hovedsak mellom 200 og 375 l/s km² (tabell 9). Av disse er det stasjonene Hjartsjø og Nørstrud bru som har feltparametere som ligger nærmest de en finner for Flatdøla. For disse to stasjonene er midlere flom omkring 280 og 330 l/s km². Også dette harmonerer godt med beregningene over.

Ut fra dette antas samme spesifikk middelflom (323 l/s km²) for Flatdøla i uregulert tilstand som for tilløpsserien til Seljordsvatn. Det gir en middelflom for Flatdøla på henholdsvis 123 m³/s ved Flatdal kirke og 133 m³/s ved utløp i Flatsjø. Dette er døgnmidler for naturlige forhold.

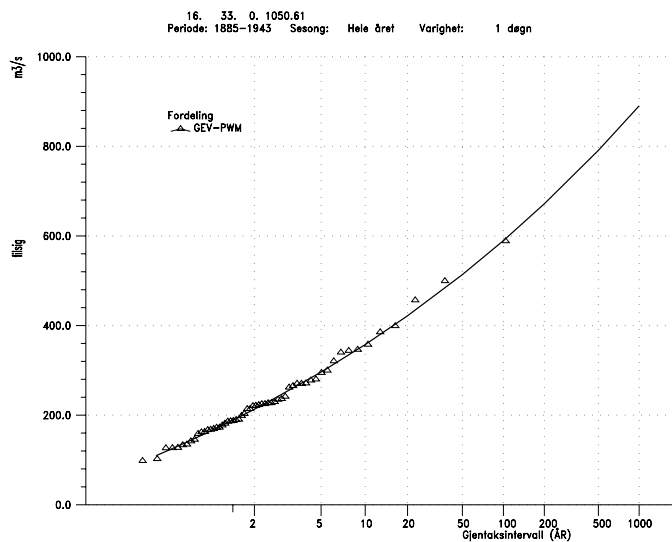
Tabell 9.

Midlere flom, det er døgnmidler av årsflommer som er analysert.

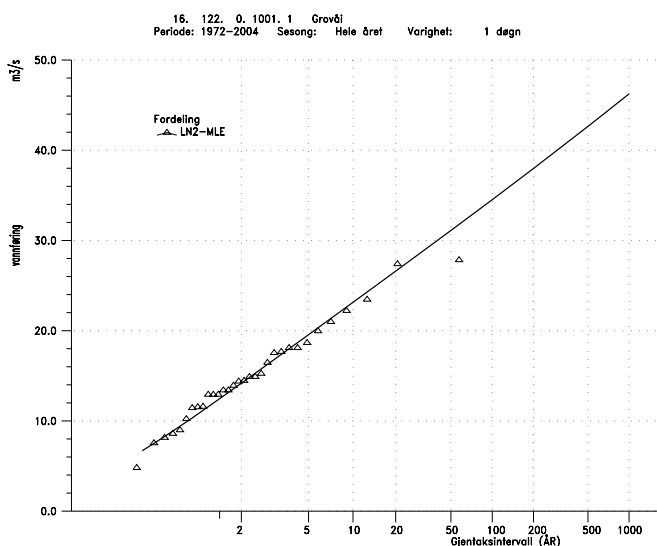
Stasjon	Periode	Antall år	Areal (km ²)	Midlere flom (m ³ /s)	Midlere flom (l/s•km ²)
16.32 Hjartsjø	1919-58	40	215	60	277
16.51/16.33 Hagadrag	1885-1969	85	730	158	217
16.33 Seljordsv. tilløp	1885- 1943	58	730	235	323
16.75 Tannsvatn	1955-dd	51	117	25	212
16.102 Nørstrud bru	1963-70	8	258	86	333
16.103 Sagafoss	1963-70	8	66	17	263
16.108 Gjevarvatn	1965-83	19	33,3	8,1	242
16.109 Veisvikvatn	1965-83	19	15,1	3,5	232
16.122 Grovåi	1972-dd	34	42,7	15	356
16.156 Grunnåi	1987-92	6	54,1	26	481
16.189 Bjørntjønn	1991-dd	15	34,7	8,2	236
16.95 Hørte	1961-76	16	158	59	374
16.193 Hørte	1977-dd	17*	156	41	262
16.104 Kilen	1962-88	27	121	29	235
16.194 Kilen	1989-dd	17	118	18	155

4.3 5- 500 års flom

For bestemmelse av flommer med gjentakintervall opp til 500 år er det utført frekvensanalyser av årsflommer for flere stasjoner i området (tabell 10). For tilløpsserien til Seljordsvatn og serien fra Grovåi er frekvensanalysene vist i figur 7 og 8.



Figur 7.
Flomfrekvensanalyse for tilløpsserien 16.33.0.1050.61 Seljordsvatn for årene 1885-1942.



Figur 8.
Flomfrekvensanalyse for serien 16.122 Grovåi for årene 1972-2004.

Tabell 10.
Flomfrekvensfaktorer.

	Periode	Ant. år	Q5/QM	Q10/QM	Q20/QM	Q50/QM	Q100/QM	Q200/QM	Q500/QM	Fordelingsfunksjon
16.108 Gjevarvatn	1966-83	18	1,19	1,35	1,50	1,70	-	-	-	EV1
16.109 Veisvikvatn	1966-83	14	1,30	1,55	1,78	2,08	-	-	-	EV1
16.32 Hjartsjø	1920-57	38	1,30	1,61	1,93	2,37	2,72	3,09	3,62	Ln3
16.51/16.33 Hagadrag	1885-1969	85	1,23	1,44	1,65	1,93	2,15	2,37	2,68	GEV
16.33 Seljordsvatn, tilløp	1885-1942	58	1,26	1,52	1,79	2,19	2,50	2,86	3,36	GEV
16.122 Grovåi	1973-04	32	1,29	1,53	1,76	2,05	2,28	2,51	2,82	LN2
16.95 Hørte	1962-75	14	1,34	1,61	1,87	2,21	-	-	-	EV1
H3 (1997)			1,33	1,73	2,04	2,57	3,05	3,45	4,20	
Valgt for Flatdøla			1,26	1,52	1,79	2,19	2,50	2,86	3,36	

For målestasjonene i Flatdølas nedbørfelt gir Veisvikvatn og Grovåi frekvensfaktorer av samme størrelsesorden som tilløpsserien til Seljordsvatn for gjentaksintervall opp til 20 år, mens Gjevarvatn gir noe lavere faktorer. For sjeldnere flommer gir imidlertid de kortere seriene noe lavere forholdstall enn tilløpsserien som er på nesten 60 år. Det velges å legge størst vekt på den lengste av disse seriene, og faktorene som er funnet for tilløpsserien til Seljordsvatn antas derfor å være representative også for Flatdøla.

Serien er 16.51 Hagadrag har noen flere år med observasjoner enn tilløpsserien til Seljordsvatn. Men denne serien er noe påvirket av reguleringsinngrep, i tillegg er observasjonene her influert av Seljordsvatn som har en utjevneende virkning på flommer. Frekvensfaktorene for denne stasjonen er derfor tillagt liten vekt.

Den regionale kurven for høstflommer (H3) gir høyere forholdstall enn de som er funnet ved analyse av årsflommer i området. Det virker rimelig, fordi en enkelte år knapt har høstflom, mens en andre år kan ha svært store flommer. Det gir brattere frekvenskurver, men mindre middelflommer enn ved analyse av årsflommer.

De resulterende flomverdiene (døgnmidler) er gitt i tabell 11.

Tabell 11.
Beregnete flomvannføringer (døgnmidler) for Flatdøla under naturlige forhold.

	Areal	qM	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km ²	l/s km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flatdøla ved Flatdal kirke	382	323	123	155	188	221	270	308	353	415
Flatdøla ved utløp i Flatsjø	412	323	133	168	202	238	291	333	381	447

4.4 Kulminasjonsverdier

De verdier som er beregnet tidligere er døgnmidler. Kulminasjonsvannføringene kan være vesentlig høyere. For beregning av forholdstallet mellom kulminasjon- og døgnmiddelvannføring er følgende formler gitt (NVE 2000):

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{momentan}}/Q_{\text{døgn}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Flatdøla, som har et nedbørfelt på omkring 400 km² og en effektiv sjøprosent på 0,5 %, gir formlene et forholdstall på 1,19 for vårflokker og 1,34 for høstflokker.

For målestasjonen Grovåi varierer forholdet mellom kulminasjon og døgnmiddel i hovedsak mellom 1,1 og 1,7. Flommen i august 1979 har imidlertid et svært høyt forholdstall (over 2, se tabell 8, side 15). Det skyldes dels at den flommen kulminerte nær midnatt, slik at døgnet da ble vesentlig lavere enn høyeste 24-timers middel. 1979-flommen var spesielt stort i Grovåi, mens den var langt mindre i andre deler av Flatdølas nedbørfelt. Den nest og tredje største flommen i Grovåi (oktober 1987 og mai 2004), som hadde en langt større arealutbredelse enn sommerflommen i 1979, har forholdstall på 1,2 og 1,3.

Som representativt forholdstall for Flatdøla velges 1,25. Det gir følgende kulminasjonsverdier for naturlige forhold (tabell 12).

Tabell 12.
Kulminasjonsvannføringer i Flatdøla under naturlige forhold.

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flatdøla ved Flatdal kirke	382	154	194	234	276	338	386	441	518
Flatdøla ved utløp i Flatsjø	412	166	210	253	298	364	416	476	559

For målestasjonen 16.122 Grovåi er det gjennomført flomanalyser basert på kulminasjonsvannføringer. Det er i alt 32 år med flomdata med fin tidsoppløsning tilgjengelig for denne stasjonen. I denne analysen er de 32 største flommene analysert. Det betyr at for enkelte år er det to uavhengige flomhendelser inkludert, mens for andre år er ingen hendelser tatt med.

Det ga for Grovåi en spesifikk middelflom på omkring 520 l/s km², mens for 20-års gjentaksintervall økte den til 800 l/s km². Tilsvarende verdier beregnet for Flatdøla under naturlige forhold (tabell 12) gir omkring 400 l/s km² ved middelflom og 720 l/s km² ved 20-års flom. Det synes rimelig at avrenningsintensiteten er noe høyere i Grovåi, som utgjør omkring 10 prosent av feltet til Flatdøla, enn for hele Flatdølas nedbørfelt.

I kapittel 2.3 er det gjort antagelser om flomreduksjonen i vassdraget på grunn av reguleringene. De resulterende flomvannføringer er gitt i tabell 13.

Tabell 13.
Kulminasjonsvannføringer i Flatdøla, etter regulering.

	Areal	QM	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flatdøla ved Flatdal kirke	382	79	119	184	226	313	361	441	518
Flatdøla ved utløp i Flatsjø	412	91	135	203	248	341	391	476	559
Flomreduksjon pga reguleringer	-	75	75	50	50	25	25	0	0

5. Usikkerhet

Det er ingen observasjoner av vannføring i Flatdøla i området som skal kartlegges, men det er observasjoner både opp- og nedstrøms i vassdraget. Disse seriene har fra omkring 20 til 60 år med data. Det er og observasjoner i nabovassdrag som antas å være rimelig representative for forholdene i Flatdøla. Grunnlaget for flomberegninger i Flatdøla er derfor godt.

Det er likevel usikkerhet i de beregnede flomverdiene. Det skyldes flere forhold. For det første er vassdraget regulert. Det er i beregningene antatt at flommer reduseres med inntil 75 m³/s som følge av reguleringene. Størst reduksjon er antatt for middel- og 5-års flom. For 200- og 500-års flom er det antatt naturlige forhold. Reduksjonen er basert på skjønn, det er ingen direkte målinger som kan bekrefte antagelsene.

Dernest er det usikkerhet knyttet til ”observert vannføring”. Vannstander observeres, deretter omregnes disse ut fra en vannføringskurve til vannføring. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og fysiske målinger av vannføring ute i elven. De største flomvannføringene er beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer.

Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er derfor alle flomvannføringer noe underestimert, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at de eldste dataene i databasen er basert på en daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesningene betraktes å representere et døgnmiddel, men kan avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet.

Ved omregning fra døgnmidler til kulminasjonsvannføringer er det også usikkerhet. Her er omregningen basert dels på empiriske formler dels på observasjoner ved målestasjonen Grovåi som ligger i nedbørfeltet til Flatdøla.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn. Hvis disse flomberegningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse gis klasse 2.

Referanser

Eggen, Thomas Holst 1987: Nye krafttak 1962-87. SKK's historie, bind II.

Holmqvist, Erik 2007: Flomberegning for Bygdaråi ved Seljord.
Flomsonekartprosjektet. Dokument 2-2007, NVE.

NVE 2000: Prosjekthåndbok – flomsonekartprosjektet. 5 B: Retningslinjer for flomberegninger.

NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990.

Pettersson, Lars-Evan 2006: Flomberegning for Sauland. Flomsonekartprosjektet.
Dokument 14-2006, NVE.

Sælthun, N.R. 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport 14-97, NVE.

Wingård B. 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport 2-78, NVE.

Wraa, Magne 2006: Skagerrak Energi – div. opplysninger om magasin, overføringer etc.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2007

- Nr. 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Steinkjerelva og Ognå. Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 2 Erik Holmqvist: Flomberegning for Seljord. Flomsonekartprosjektet (18 s.)
- Nr. 3 Lars Olav Fosse: Forretningsprosesser i kraftmarkedet (25 s.)
- Nr. 4 Inger Sætrang: Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2007 (54 s.)
- Nr. 5 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Spjelkavikelva. Flomsonekartprosjektet (21 s.)
- Nr. 6 Erik Holmqvist: Flomberegning for Flatdøla, 016.CC0 (21 s.)