

# DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 320 BLINDERN 0314 OSLO 3  
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

16/86 KLIMA

DATO

14.04.1986

TITTEL

AVRENNINGSFORHOLD, FLOM  
FORELESNING PÅ NIF-KURS

UTARBEIDET AV

BJØRN AUNE

OPPDRAGSGIVER

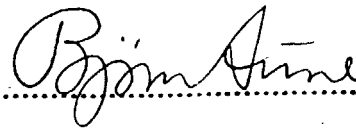
NORSKE SIVILINGENIØRERS FORENING

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Rapporten er det skrevne grunnlaget for en forelesning om avrenning og flom holdt på kurs om "Drenering av vegger" 2.- 4. april 1986 på Fagernes. Arrangør var Norske Sivilingeniørers Forening.

UNDERSKRIFT



BJØRN AUNE

FAGSJEF

SAKSBEHANDLER

DRENERING AV VEGER

2.- 4. april 1986 - Fagernes Hotell

(4) HÅNTERING AV OVERFLATEVANN

Foreleser:

Fagsjef Bjørn Aune

Det norske meteorologiske  
institutt

## AVRENNINGSFORHOLD, FLOM

Fagsjef Bjørn Aune  
Det norske meteorologiske institutt

### 1. INNLEDNING

På grunn av forfall blandt forelesere måtte jeg under kurset på Fagernes improvisere en forelesning om avrenningsforhold og flom. Denne teksten er delvis en sammenfatning og delvis en utdypning av den muntlige fremstillingen som ble holdt. Grunnlags materialet er i hovedsak en forelesning holdt av overing. E. Skofteland, NVE, på et tidligere NIF-kurs.

### 2. DATA OM AVRENNINGSFORHOLD OG FLOMMER

Det er i Norge en arbeidsfordeling mellom Det norske meteorologiske institutt (DNMI) og Norges Vassdrags- og Energiverk (NVE). Klimaavdelingen ved DNMI observerer nedbør og viderebehandler data fra disse observasjonene. Hydrologisk avdeling ved NVE gjør det samme med avløp eller avrenning. Bearbeidelser som omfatter både nedbør- og avløpsdata har i hvert fall hittil vesentlig blitt utført av NVE. En del oppdrags- og forskningsinstitutt gjør også slike beregninger. Det finnes idag flere modeller for avløps- og flomberegninger. Hvis man ønsker opplysninger om avløp og flom og ikke har noen personlige kontakter bør man henvende seg til NVE-Hydrologisk avdeling.

### 3. NEDBØRFELT

Flommer som er interessante i denne sammenheng, forekommer i såkalte "små nedbørfelt". Det er ingen fast definisjon på hva som er et lite og hva som er et stort nedbørfelt. Men når det gjelder flom og drenering av veger kan et lite nedbørfelt defineres som et felt som er følsomt for regnskyll av høy intensitet og kort varighet. En summarisk oversikt over hvilke faktorer som påvirker flomforløp i små nedbørfelt er følgende:

#### 3.1 NEDBØR

Nedbørens mengde og intensitet er den vesentligste faktoren. Når det gjelder sterk konvektiv nedbør vil det være store lokale forskjeller i nedbørmengde, og det er vanskelig å beregne en arealverdi. Det er bare unntaksvis at man kan vente å finne en registrerende nedbørmåler i feltet. Sannsynlighet for sterk nedbør må derfor beregnes ut fra data fra målere i nærheten, med de usikkerheter dette gir. Ved større og viktige veger bør man overveie å opprette et samarbeid med DNMI om målinger både av nedbørintensitet og andre vær-elementer.

### 3.2 SNØ

Snø er jo opprinnelig nedbør, men i flomsammenheng gir snø virkning først når den begynner å smelte. Viktige faktorer her er nedbørmålinger for å bestemme akkumulert snømengde, og lufttemperatur, solstråling, mm for å bestemme smelteintensiteten.

### 2.3 MARKFUKTIGHET

To regnvær av samme intensitet og mengde vil sannsynligvis gi forskjellige flomforløp. Hvis marka er fuktig på forhånd vil regnvannet strømme mer uhindret nedover feltet enn om marka var tørr. Tørr mark inneholder en rekke "bremseeffekter" for oveflatevann. Noe synker ned i marka, noe fyller opp dammer, mm.

### 3.4 FYSIOGRAFI

Med fysiografi forstås her vegetasjonens utbredelse og type, utbredelse av løsmasser og fast fjell, feltets areal og form, osv. Det er den integrerte effekten av alle disse "feltfaktorene" som i høy grad innvirker på flomforløp. En del av faktorene varierer gjennom året, f.eks. vegetasjonen. Avløpsforholdene om vinteren kan være vesentlig forskjellige sommer og vinter.

### 3.5 FAST DEKKE, NATURLIG DEKKE

Legges fast dekke over et areal, f.eks en parkeringsplass, eller man bygger et boligfelt og dermed innfører en stor andel med fast dekke (tak, veger), vil avrenningsforholdene endre seg meget fra hva de var i feltet med naturlig dekke.

## 4. FLOMTYPER

I prinsippet har vi i Norge to hovedtyper av flom. Vi kan skille mellom flom som skyldes regn og flom som skyldes snøsmelting. Denne enkle inndelingen kompliseres imidlertid vesentlig ved at man også kan få flom som skyldes en kombinasjon av regn og av snøsmelting, slik at en gruppering i bare regnflommer og smelteflommer ofte er vanskelig.

Hvis vi skal gjøre en statistisk undersøkelse av flommer, f.eks en frekvensanalyse, er det viktig at dataene kommer fra samme flomtype. Det betyr at en slik analyse ikke bør inneholde både regn- og smelteflommer. De bør analyseres hver for seg. Når man kjenner fordelingen av hver av dem, kan man gjøre videre undersøkelser som kombinerer de to.

Over indre Østlandet og indre Finnmark er årlig observert maksimalflom som regel en smelteflom om våren. Her vil en serie bestående av årlig observerte maksimalflommer tilhøre samme datasett, hvis vi ikke er alt for strenge i kravene til data. En del av flommene vil nok også her være en kombinasjon av regn- og smelteflommer.

For resten av landet er forholdene mye mer komplekse. Noen steder er årlige maksimalflommer vesentlig regnflommer, mens de

for store områder er vekselvis regnflommer og smelteflommer. Dersom det siste er tilfelle vil en frekvensanalyse være feil etter teorien, men i mangel av bedre datagrunnlag er dette av og til blitt gjort.

En forbedring av dette forhold vil være om man forsøker å skille mellom årlige maksimale regnflommer og årlige maksimale smelteflommer ved å dele inn året i to perioder. Periodene vil ha varierende lengder i de forskjellige landsdeler på grunn av klimaforskjeller.

## 5. FREKVENSPANALYSE PÅ EKSTREME VANNFØRINGER

Beregning av avløpsekstremer i små felt kan gjøres etter forskjellige metoder. Som datagrunnlag kan benyttes både nedbør- og avløpsdata. Det største problemet er som regel for korte dataserier. Slike serier kan forlenges på forskjellige vis, men dermed innføres usikkerheter som medfører begrensninger i tolkning og bruk av resultatene.

Vi vil her ikke gå inn på spesielle metoder for beregning av ekstremverdier, men bare gå gjennom en del grunnleggende stoff.

### 5.1 STATISTISKE FORUTSETNINGER

En 30-års observert serie av f eks maksimalflommer er i virkeligheten bare et utvalg av et større datasett. De statistiske teoriene er basert på at vårt utvalg er representativt for hele datasettet. Om et utvalg er representativt må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Vi bør imidlertid kreve at våre data er tilfeldige, uavhengige og homogene.

Dersom hver enkelt observasjon i datasettet har lik sjanse til å bli valgt er utvalget vårt et tilfeldig utvalg. Det må imidlertid med en gang innrømmes at ingen av våre dataserier er et tilfeldig utvalg i følge teorien, men etter at de har nådd en viss lengde regnes de likevel for å være tilstrekkelig tilfeldige.

Tidsavhengighet er ofte vanskelig å vurdere for hydrologiske data. Påfølgende daglige vannføringer er opplagt avhengige. Det er som regel også to påfølgende daglige nedbørmålinger. To påfølgende flommer kan vise stor grad av avhengighet. Vi må derfor kreve at det er en viss minste tidsavstand mellom de enkelte datum som benyttes.

Med homogene data menes at dataene er observeret under samme forhold. Regulering av et vassdrag vil ødelegge homogeniteten av en observasjonserie av avløp. Flytting av en nedbørmåler fører også som oftest til brudd i homogeniteten av dataserien.

## 5.2 GJENTAGELSESINTERVALL, DIMENSJONERINGSPERIODE, RISIKO

Formålet med en frekvensanalyse er ofte å bestemme det midlere gjentagelsesintervall for en viss hendelse av en gitt verdi. Er  $P$  sannsynligheten for at denne hendelsen skal inntreffe (uttrykt som desimal), defineres det midlere gjentagelsesintervall  $T$  som

$$T = \frac{1}{P}$$

En årlig flomverdi som har sannsynligheten 2% ( $P = 0.02$ ) for å bli oppnådd eller overskredet har et midlere gjentagelsesintervall på 50 år og kalles en **50-års flom** ( $T = 50$ ).

Hva er så sannsynligheten for at en bestemt årlig flom vil oppnås eller overskrides i løpet av gjentagelsesintervallet sitt  $T$ ? Sannsynligheten for at dette skjer neste år er  $P$

$$P = \frac{1}{T}$$

Sannsynligheten for at flommen ikke oppnås eller overskrides neste år er  $q$

$$q = 1 - P = 1 - \frac{1}{T}$$

Sannsynligheten for at flommen oppnås eller overskrides for første gang om  $r$  år er

$$Pq^{r-1} = \frac{1}{T} \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{r-1}$$

Sannsynligheten  $P_r$  for at flommen vil bli oppnådd eller overskrides minst en gang i de neste  $r$  år er

$$P_r = P + Pq + Pq^2 + \dots + Pq^{r-1}$$

$$P_r = (1 - q)^r = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^r \quad (1)$$

Ved å sette  $T = 100$  år og  $r = 30$  år finner vi at det er 26% sannsynlighet for at et vilkårlig 30-års utvalg vil inneholde en flom med gjentagelsesintervall 100 år.

Settes  $r = 10$  finner vi at sannsynligheten for at et vilkårlig 10-års utvalg vil inneholde samme flom er 9.6%.

Settes  $r = T$  får vi en ligning som kan brukes til å beregne sannsynligheten for at en flom med gjentagelsesintervall  $T$  vil bli oppnådd eller overskredet minst en gang i løpet av gjentagelsesintervallet sitt

$$P_T = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^T$$

$(1 - \frac{1}{T})^T$  konvergerer raskt mot  $e^{-1}$ . Følgende tabell viser noen sannsynligheter:

Tabell 1. Sannsynlighet  $P_T$  for at en flom med gjentakelsesintervall  $T$  år vil inntreffe (oppnås eller overskrides) i løpet av de neste  $T$  år.

T	$P_T$	T	$P_T$
2	0.7500	50	0.6358
5	0.6723	100	0.6340
10	0.6513	200	0.6330
20	0.6415	500	0.6325
30	0.6380	1000	0.6323

Denne tabellen viser f.eks. at det er ca 64% sannsynlighet ( $P_T=0.6380$ ) for at et vilkårlig 30-års utvalg skal inneholde en 30-års flom, eller at det er ca 36% sannsynlighet ( $q_T = 1 - P_T$ ) for at det ikke inneholder en 30-års flom.

Begrepet **DIMENSJONERINGSFLOM (DESIGN FLOOD)** benyttes i forbindelse med angivelse av flomverdier på grunnlag av frekvensanalyse. Dimensjoneringsflommen angis som en flom som oppnås eller overskrides med et bestemt midlere gjentakelsesintervall, f.eks. en 100-års flom.

En dimensjoneringsflom er definert på grunnlag av både hydrologiske og økonomiske vurderinger og brukes ved dimensjoneringen av en konstruksjon (veg, bru, dreneringssystem, mm).

**DIMENSJONERINGSPERIODEN** angir forventet levetid for konstruksjonen, når man tar hensyn til den risiko man vil ta for at en flom lik eller større enn dimensjoneringsflommen vil inntreffe i levetiden. Når det gjelder dreneringssystem angir dimensjoneringsperioden forventet midlere tid mellom hver gang kapasiteten overskrides, når man tar hensyn til den risiko man vil ta for at en flom lik eller større enn dimensjoneringsflommen vil inntreffe i løpet av denne tiden.

Dette kan enklest belyses ved å gå tilbake til ligning (1) og løse denne for  $T$  som nå er midlere gjentakelsesintervall for dimensjoneringsflommen:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - P_T)^{1/r}} \quad (2)$$

Her er nå  $r$  dimensjoneringsperioden og  $P_T$  den risikoen som man av økonomiske hensyn ønsker å ta for at en større flom enn dimensjoneringsflommen vil inntreffe i løpet av den midlere gjentakelsesperioden  $T$ .

Ved hjelp av ligning (2) kan følgende tabell beregnes:

Tabell 2. Nødvendig gjentakelsesintervall (T) i år for angitt dimensjoneringsperiode (r) og risiko ( $P_T$ ).

Risiko %	$P_T$	Dimensjoneringsperiode i år					
		2	5	10	20	50	100
90	0.90	1.5	2.7	4.9	9.2	22	44
75	0.75	2.0	4.0	6.7	14	36	73
50	0.50	3.4	7.7	15	29	73	145
25	0.25	7.5	18	35	70	174	348
10	0.10	19	48	95	190	475	950
5	0.05	39	98	195	390	976	1949
1	0.01	198	498	996	1992	4973	9953

Dimensjoneringsperioden settes til 50 år og man er villig til å ta en 25% risiko for overskridelse. Da blir  $T = 174$  år, og man må beregne dimensjoneringsflommen som en flomstørrelse som nås eller overskrides med midlere gjentakelsesintervall på 174 år.

Dimensjoneringsperioden settes til 10 år og man er villig til å ta en 10% risiko for overskridelse. Da blir  $T = 95$  år, og man må beregne dimensjoneringsflommen som en flomstørrelse som nås eller overskrides med midlere gjentakelsesintervall på 95 år.

Hvilken dimensjoneringsflom som skal velges, vil i stor grad være avhengig av hvilke konsekvenser en overskridelse medfører.