



Flomsonekartprosjektet

# Ekstremvannsanalyse i sjø ved utvalgte stasjoner

*Henriette Hansen  
Lars Roald*

11  
2000

D  
O  
K  
U  
M  
E  
N  
T



# **Ekstremvannstandsanalyse i sjø ved utvalgte stasjoner**

Statens kartverk Sjøkartverket  
Norges vassdrags- og energidirektorat  
2000

## **Dokument nr 11**

### **Ekstremvannstandsanalyse i sjø ved utvalgte stasjoner**

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Henriette Hansen, Statens kartverk Sjøkartverket  
Lars Roald, Norges vassdrags- og energidirektorat

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Dokumentet presenterer ekstremvannstandsanalyse i sjø av årsmaksima for målestasjoner i Oslo, Tregde, Bergen, Kristiansund og Tromsø

Emneord: ekstremanalyse, sjø

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)

Juni 2000

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Metode og verktøy</b>	<b>6</b>
<b>3. Inngangsdata</b>	<b>7</b>
<b>4. Resultater</b>	<b>8</b>
4.1 Oslo.....	8
4.2 Tregde.....	11
4.3 Bergen.....	12
4.4 Kristiansund.....	13
4.5 Tromsø.....	14
4.6 Sammenligning.....	15
<b>5 Oppsummering og konklusjon</b>	<b>16</b>
<b>6 Referanser</b>	<b>17</b>
<b>7 Appendiks A: Oversikt over inngangsdata</b>	<b>18</b>
<b>8 Appendiks B: Utlisting av resultatfiler</b>	<b>24</b>
<b>9 Appendiks C: Litt teoribakgrunn</b>	<b>30</b>
<b>10 Appendiks D: Nivåskisser</b>	<b>33</b>
<b>11 Appendiks E: Korrigeringsfaktor for landhevning i Oslo</b>	<b>38</b>

# Forord

Formålet med denne analysen er å komme videre på den metodikk som må ligge bak praktisk håndtering og rådgivning i arealplan- og byggesaker nær sjø. I forhold til praktisk arealbruk må bl.a. også bølge- og vindoppstuving tas hensyn til.

Statens kartverk Sjøkartverket har lange måleserier som er egnet for ekstremvannstandsanalyse. NVE ønsker å benytte resultater fra slike analyser. NVE har godt utviklede programmer og kvalifiserte personer for å utføre slike analyser. Det lå derfor godt til rette for et samarbeidsprosjekt der NVE stilte med programmer og veiledning. Prosjekt skal ha bidratt til at Statens kartverk Sjøkartverket selv skal kunne utføre slike analyser seinere.

Arbeidet med ekstremvannstandsanalyse kom i gang etter initiativ fra flomsonekartprosjektet. Tor Tørres, Statens kartverk Sjøkartverket og Øyvind A Høydal, NVE har vært saksbehandlere og bidratt til at dette prosjekt har blitt utført.

Arbeidet er utført av Henriette Hansen, Statens kartverk Sjøkartverket og Lars A. Roald, NVE, som også har bidratt med veiledning og tilrettelegging av programmer og data for analysene presentert her.

Oslo, Juni 2000

Kjell Repp  
avdelingsdirektør

Hallvard Berg  
prosjektleder

# Sammendrag

Dokumentet presenterer ekstremvannstandsanalyse i sjø av årsmaksima for målestasjoner i Oslo, Tregde, Bergen, Kristiansund og Tromsø. Programmet ”Ekstrem”, NVE er benyttet til analyse av dataseriene. Seriene er analysert ved hjelp av 5 fordelingsfunksjoner som alle i hovedsak viser god tilpasning til dataene. Nedenfor er resultater fra generell ekstremverdifordeling (GEV) gjengitt for stasjonene.

Gjentaksintervall	Oslo	Tregde	Bergen	Kristiansund	Tromsø
5	1.29	0.85	1.26	1.59	1.80
10	1.41	0.93	1.33	1.66	1.85
20	1.52	1.01	1.39	1.72	1.88
50	1.66	1.12	1.46	1.79	1.92
100	1.76	1.22	1.51	1.83	1.94
200	1.85	1.32	1.56	1.87	1.96
500	1.96	1.46	1.61	1.92	1.98
1000	2.04	1.58	1.65	1.95	1.99

*Vannstander (m, NN54) beregnet utfra GEV-pwm fordeling for de ulike havnene (Oslo korrigert).*

# 1. Innledning

Bakgrunnen for denne rapporten er et samarbeid mellom Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Statens kartverk Sjøkartverket (SKSK). NVE er i gang med utarbeidelse av flomsonekart på utvalgte flomutsatte strekninger. Disse strekningene er dokumentert i "Flomsonekartplan" [1]. Hensikten er å redusere samfunnets sårbarhet mot flom eller ekstremvannstander langs vassdrag. I flomsonekartprosjektet inngår bl.a. målinger av vannstand/vannføringer i vassdrag som grunnlag for frekvensanalyse av flomstørrelser. Om lag 1/3 av strekningene som skal dekkes av flomsonekartene, har sjø som nedre avgrensing. Sjøkartverket har en database over vannstandsobservasjoner i sjø, og det er derfor naturlig for NVE å samarbeide med Sjøkartverket for å:

- 1) Skaffe bedre grunnlag for å benytte deler av NVEs retningslinjer for "Arealbruk og sikring i flomutsatte områder" [2] i elvemunninger.
- 2) Presentere ekstremvannstand i sjø på kart.
- 3) Skaffe bedre grunnlag for grensebetingelsene i sjø for de hydrauliske beregningene.

Det er kjørt en frekvensanalyse på årsmaksima av vannstander fra 5 lokaliteter langs norskekysten. Dette er første steget i en større analyse. Analyse av årsmaksima bør seinere utvides til å gjelde alle de 22 hovedstasjonene til SKSK langs norskekysten. Videre bør fullstendige tidsserier fra utvalgte stasjoner i elver og sjø korreleres for å se etter samtidighet og sammenheng mellom ekstremvannstand i sjø og vassdrag.

## 2. Metode og verktøy

Verktøyet som er benyttet til disse analysene er en modifisert utgave av programmet "Ekstrem" [3] fra NVE tilpasset innlesing av data fra SKSK. Dette er et program for frekvensanalyse av enkeltserier med årlige ekstremverdier (single-site analysis). Den observerte (empiriske) fordelingen kan her tilpasses til en eller flere ulike fordelingsfunksjoner, og disse fordelingsfunksjonene brukes så til å beregne høyvannskvantiler (vannstands nivåer) ved ulike gjentaksintervall. For å vurdere om den empiriske fordelingen er godt tilpasset fordelingsfunksjonen, brukes  $\text{Chi}^2$ -testen (mer informasjon om denne i Appendiks C og i [4], kap.17.4) og en fordelingsfri test (kalt GOF i programutskriften). Tilpasningen bedømmes som "god" (95% konfidensnivå), "ok" (90% konfidensnivå) eller "dårlig", men dette må bare ses på som en pekepinn på hvor bra tilpasningen er. Enkeltverdier som stikker seg ut kan ha stor innvirkning på resultatet av denne testen, og det er derfor også viktig å legge vekt på det visuelle inntrykket som et plott av dataene mot de ulike fordelingsfunksjonene gir.

De ulike fordelingsfunksjonene som dataene er blitt forsøkt tilpasset til i denne omgang er to logaritmiske fordelinger ( $\ln 2$ -mle og  $\ln 3$ -mle), to ekstremverdifordelinger (EV1-pwm og GEV-pwm) og en gammafordeling (gam2-mle). Forkortelsene som her er brukt skal tolkes som følger:

- Ln2-mle: Logaritmisk 2-parameter fordeling, parametre bestemt ved hjelp av maximum likelihood-metoden (sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet, se [4],kap.13.3.1).
- Ln3-mle: Logaritmisk 3-parameter fordeling, parametre bestemt ved hjelp av maximum likelihood-metoden.
- EV1-pwm: Ekstremverdifordeling av type 1 (Gumbel), 2-parameter fordeling, parametre bestemt ved hjelp av probability weighted moments (se [6], kap.2.4).
- GEV-pwm: Generell ekstremverdifordeling, 3-parameter fordeling, parametre bestemt ved hjelp av probability weighted moments.
- Gam2-mle: 2-parameter gammafordeling, parametre bestemt ved hjelp av maximum likelihood-metoden.

En oversikt over ulike typer fordelingsfunksjoner og parameterestimeringsmetoder er gitt i Appendiks C.

### 3. Inngangsdata

Det er kjørt analyser på data fra 5 ulike beliggenheter, nærmere bestemt Oslo, Tregde (ved Mandal), Bergen, Kristiansund og Tromsø. Årsaken til at nettopp disse havnene er valgt er en kombinasjon av at det eksisterer lange serier herfra og et ønske om en geografisk spredning. Dataene er hentet fra filer med timesverdier fra SKSK og består av en maksimumsverdi for hvert år. Disse dataene ligger lagra relativt til NN54. For en sammenheng mellom forskjellige referansenivåer for de ulike stasjonene, se Tabell 1 og Appendiks D. Lengden på dataseriene varierer noe fra havn til havn, men er i størrelsesorden 47-50 år. To av seriene mangler data for årene 1980-82.

For Oslo er det kjørt to analyser, en med de originale dataene og en der dataene er korrigeret for landhevning. Landet har også hevet seg andre steder enn i Oslo, men det er her landhevingen er størst (4 mm per år), og dermed også her dette vil ha størst effekt. For Tregde, derimot, regner en ikke med noen landhevning, og landhevingen er også ganske liten for de andre stedene som er med i denne analysen. Vi vil i denne omgang derfor bare se på effekten av landhevning i Oslo, og heller vurdere siden om det også skal korrigeres for landhevning for andre lokaliteter.

En utlisting av dataseriene som er benyttet finnes i Appendiks A.

	Oslo	Tregde	Bergen	Kristiansund	Tromsø
<b>NN54 rel. K0</b>	81	45	89	135	167
<b>NN54 rel. MV</b>	15	0	-2	7	6

Tabell 1. Sammenhengen mellom normalnull 1954 (NN54), sjøkartnull (K0) og middelvann (MV) for de ulike stasjonene. Størrelsene er gitt i cm.



## 4. Resultater

I dette kapitlet blir noen resultater for de ulike stasjonene presentert. En fullstendig oversikt (programutskrifter) er gitt i Appendiks B. I figurene hvor de ulike fordelingsfunksjonene er plotta opp er ekstremverdiene markert ved noen grønne trekanter. X-verdien deres er bestemt ved hjelp av noen generelle plotteposisjonsformler (se Appendiks C) som avhenger av den enkelte verdiens nummer i den sorterte rekka av ekstremverdier og av samla antall ekstremverdier, mens y-verdien er den aktuelle vannstanden.

En sammenligning av resultatene fra de ulike målestasjonene er tatt med til slutt.

### 4.1 Oslo

Analysen fra Oslo bygger på data fra 47 årganger i perioden 1950-1999 (mangler data for 1980-1982). Det er her utført to analyser, en på den originale dataserien og en på dataserien korrigert for landhevning. Denne korreksjonen er foretatt ved at det er blitt beregna et korrigert middelvann som ekstremverdiene her er relatert til. I Oslo hever landet seg jevnt med ca. 4 mm/år relativt havet. NN54 endrer seg p.g.a. landhevning, og dermed synker middelvann relativt NN54. Regnearket som er benytta til disse beregningene er tatt med i Appendiks E.

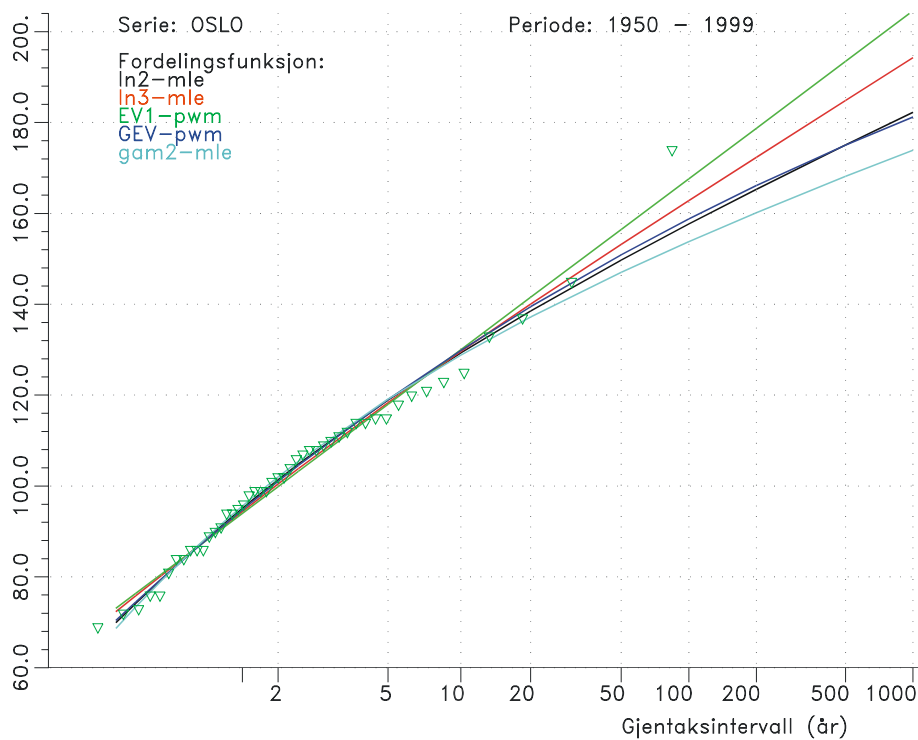
Chi<sup>2</sup>-testen gir for begge de to dataseriene at alle de fem uttesta fordelingene har en god tilpasning til de observerte dataene. Av plottene i Figur 1 og Figur 2 er det ganske klart at det er én verdi som stikker seg ut. Flomkvantiler med ulike gjentaksintervall for disse fordelingene er gitt i Tabell 2 og Tabell 3.

Gjentaksintervall (år)	Flomkvantiler (cm) for ulike fordelingsfunksjoner				
	Ln2-mle	Ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	Gam2-mle
5	119	118	118	119	119
10	129	130	130	130	129
20	139	140	142	139	137
50	150	153	156	151	147
100	158	163	168	159	154
200	165	172	179	166	160
500	175	185	194	175	168
Chi <sup>2</sup> -test	God	God	God	God	God

Tabell 2. Flomkvantiler for Oslo (ikke korrigert for landhevning) beregna utfra de ulike fordelingsfunksjonene. Størrelsene er gitt i cm relativt NN54.

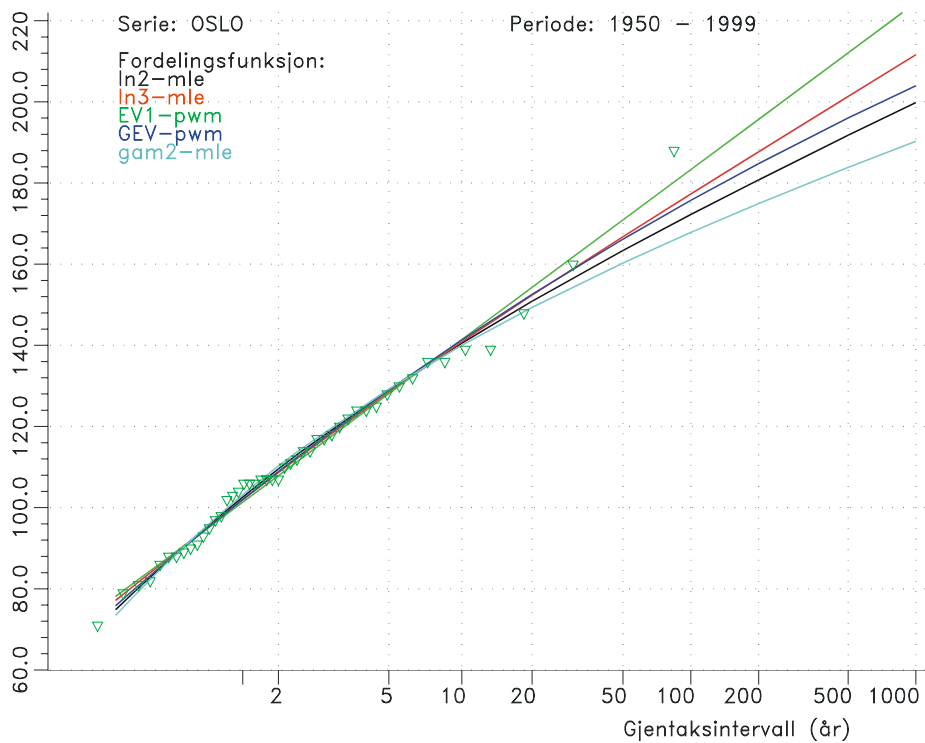
Gjentaksintervall (år)	Flomkvantiler (cm) for ulike fordelingsfunksjoner				
	Ln2-mle	Ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	Gam2-mle
5	129	128	128	130	129
10	141	141	142	141	140
20	151	152	154	153	149
50	163	167	171	166	160
100	172	177	183	176	168
200	181	188	196	185	175
500	192	201	212	196	184
Chi <sup>2</sup> -test	God	God	God	God	God

Tabell 3. Flomkvantiler for Oslo (korrigert for landheving) beregna utfra de ulike fordelingsfunksjonene. Størrelsene er gitt i cm relativt korrigert middelvann.



Figur 1. De ulike fordelingsfunksjonene plotta opp mot de observerte dataene for Oslo.

Figur 2. De ulike fordelingsfunksjonene plotta opp mot de observerte dataene for Oslo.



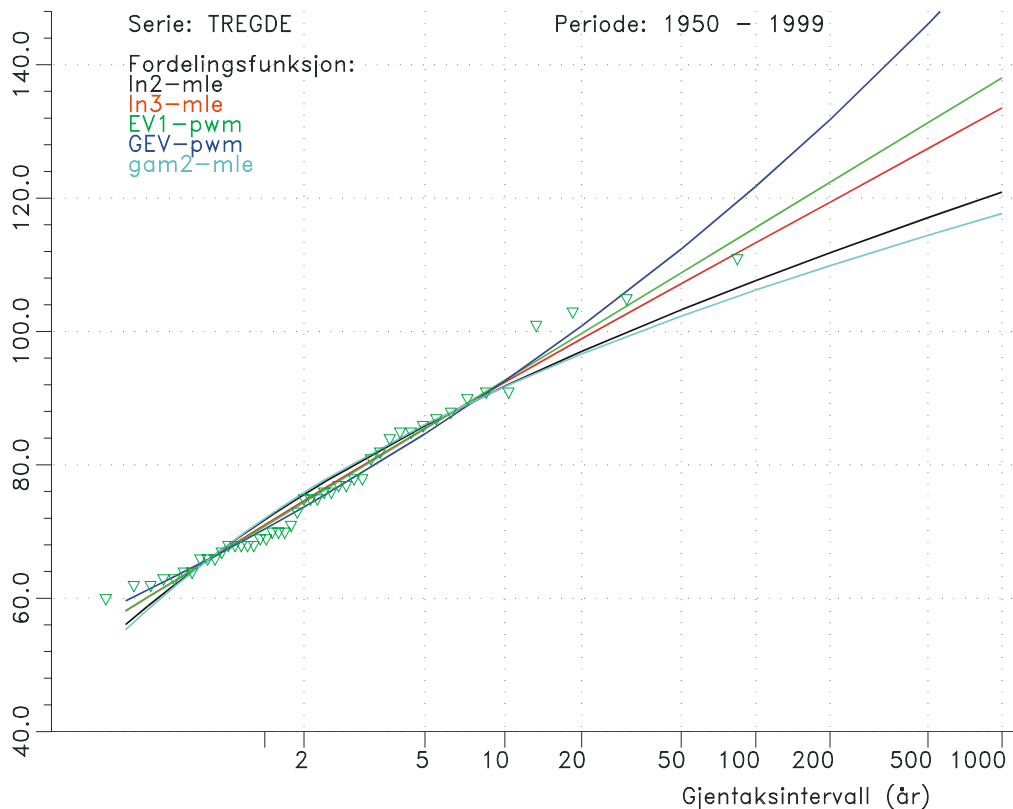
Dataene er her korrigert for landhevning

## 4.2 Tregde

Her bygger analysen på data fra 47 årganger i perioden 1950-1999 (mangler data for 1980-1982). Chi<sup>2</sup>-testen gir at det er to fordelinger som har en god tilpasning til de observerte dataene, nemlig de to ekstremverdifordelingene. I tillegg er det to fordelinger som har ok tilpasning til dataene, mens én (ln3) blir karakterisert som dårlig. Årsaken til at ln3-fordelingen får ”dårlig” selv om den i plottet ser bra ut, ligger i at grupperingen av dataene i ulike klasser for Chi<sup>2</sup>-testen blir veldig ujevn for nettopp denne fordelingen. Flomkvantiler med ulike gjentaksintervall for disse fordelingene er gitt i Tabell 4. Plott av de ulike fordelingene er vist i Figur 3.

Gjentaksintervall (år)	Flomkvantiler (cm) for ulike fordelingsfunksjoner				
	Ln2-mle	Ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	Gam2-mle
5	86	85	85	85	86
10	92	92	93	93	92
20	97	99	100	101	97
50	103	107	109	112	102
100	108	113	116	122	106
200	112	119	122	132	110
500	117	127	131	146	114
Chi <sup>2</sup> -test	Ok	Dårlig	God	God	Ok

Tabell 4. Flomkvantiler beregna utfra de ulike fordelingsfunksjonene. Størrelsene er gitt i cm relativt NN54.



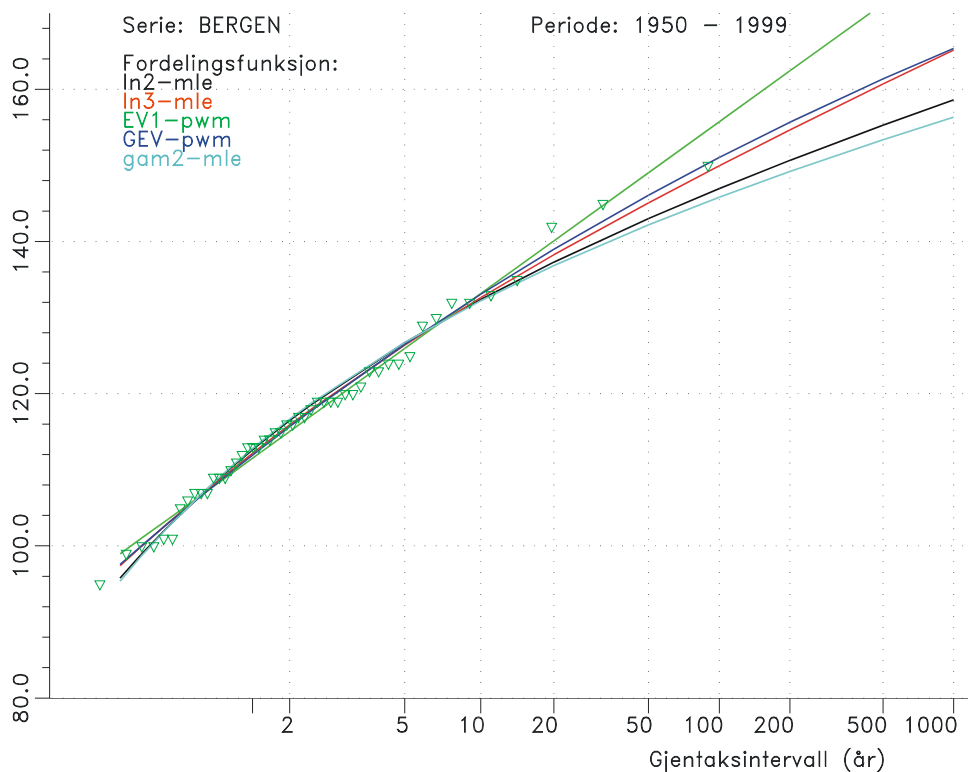
Figur 3. De ulike fordelingsfunksjonene plotta opp mot de observerte dataene for Tregde

### 4.3 Bergen

Denne analysen bygger på data fra 50 årganger (1950-1999). Chi<sup>2</sup>-testen gir at alle de fem uttesta fordelingene har en god tilpasning til de observerte dataene. Flomkvantiler med ulike gjentakintervall for disse fordelingene er gitt i Tabell 5. Plott av de ulike fordelingene er vist i Figur 4.

Gjentaksintervall (år)	Flomkvantiler (cm) for ulike fordelingsfunksjoner				
	Ln2-mle	Ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	Gam2-mle
5	127	126	126	126	127
10	132	133	133	133	132
20	137	138	140	139	137
50	143	145	149	146	142
100	147	150	156	151	146
200	151	155	162	156	149
500	155	161	171	161	153
Chi <sup>2</sup> -test	God	God	God	God	God

Tabell 5. Flomkvantiler beregna utfra de ulike fordelingsfunksjonene. Størrelsene er gitt i cm relativt NN54.



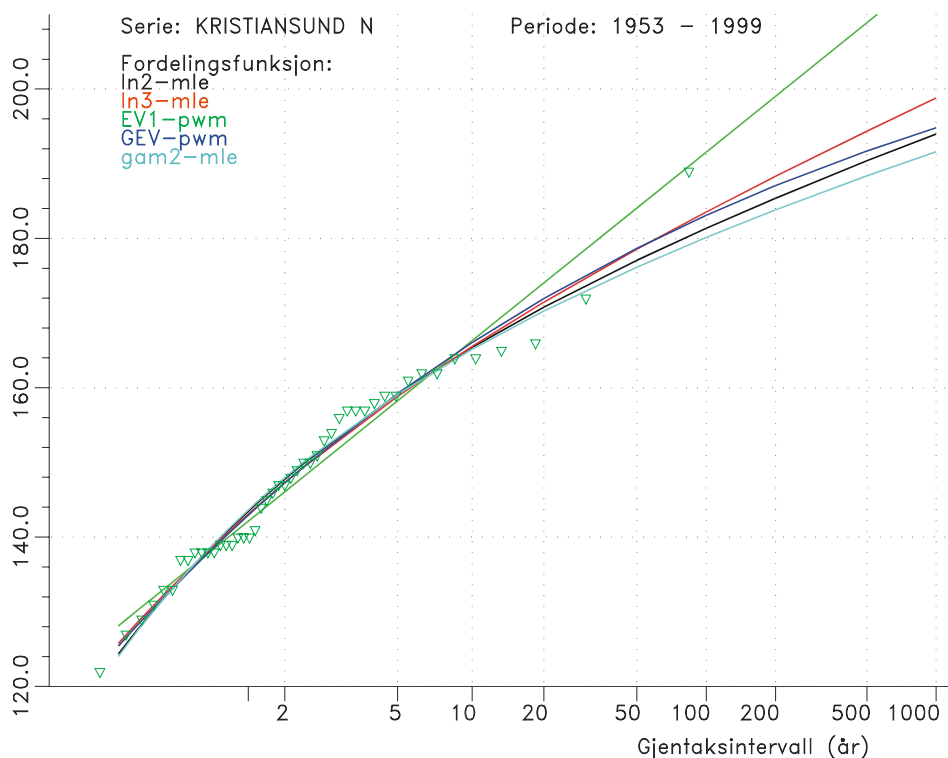
Figur 4. De ulike fordelingsfunksjonene plotta opp mot de observerte dataene for Bergen.

## 4.4 Kristiansund

Analysen for Kristiansund bygger på data fra 47 årganger (1953-1999). Chi<sup>2</sup>-testen gir at to av de fem uttesta fordelingene har en god tilpasning til de observerte dataene (ln2-fordelingen og gam2-fordelingen), mens de to ekstremverdifordelingene har en ok tilpasning. For ln3-fordelingen er grupperingen av dataene i ulike klasser for Chi<sup>2</sup>-testen veldig ujevn, slik at denne får karakteristikken ”dårlig” selv om den i plottet ser rimelig bra ut. En kan også merke seg at den høyeste verdien for Kristiansund ser ut til å være en ”outlier”, og at det dermed er grunn til å tvile på EV1 som legger såpass mye vekt på denne, og dermed gir et lavere gjentakintervall for denne verdien enn de andre fordelingene. Flomkvantiler med ulike gjentakintervall for disse fordelingene er gitt i Tabell 6. Plott av de ulike fordelingene er vist i Figur 5

Gjentaksintervall (år)	Flomkvantiler (cm) for ulike fordelingsfunksjoner				
	Ln2-mle	Ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	Gam2-mle
5	159	159	158	159	159
10	165	166	166	166	165
20	171	171	174	172	170
50	177	179	184	179	176
100	181	184	192	183	180
200	185	188	199	187	184
500	190	194	209	192	188
Chi <sup>2</sup> -test	God	Dårlig	Ok	Ok	God

Tabell 6. Flomkvantiler beregna utfra de ulike fordelingsfunksjonene. Størrelsene er gitt i cm relativt NN54.



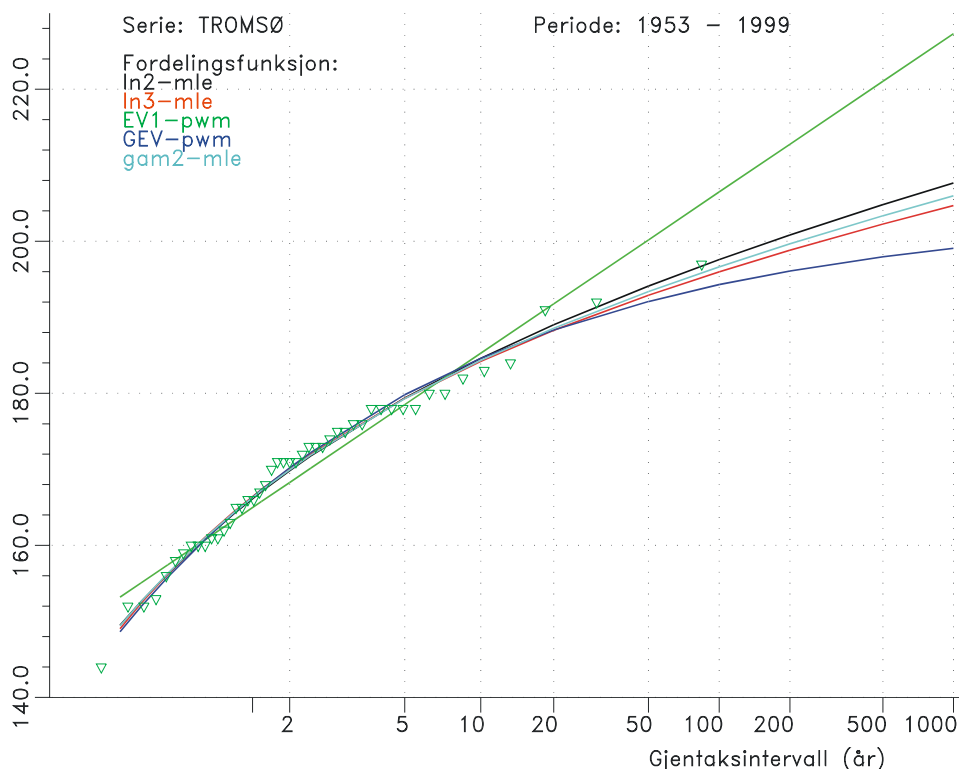
Figur 5. De ulike fordelingsfunksjonene plotta opp mot de observerte dataene for Kristiansund.

## 4.5 Tromsø

Analysen for Tromsø bygger på data fra 47 årganger (1953-1999). I løpet av dette tidsrommet har måleren blitt flytta mellom to ulike lokaliteter. Den var først plassert sør for brua, deretter sto den i en periode nord for brua, og så ble den i forbindelse med utskifting av utstyr flytta til den sørlige lokaliteten igjen. Det viste seg ved nærmere undersøkelser at forholdene på disse to stedene var noe ulike, noe som førte til at tidevannet i nord ble ca. 6% større enn i sør. Dette har vi korrigert for i vår bruk av dataene, slik at for årene 1962-1988 da måleren sto nord for brua er dataene redusert til verdien de ville hatt dersom måleren hadde vært plassert i sør. Chi<sup>2</sup>-testen gir at alle de fem uttesta fordelingene har en god tilpasning til de observerte dataene. Flomkvantiler med ulike gjentaksintervall for disse fordelingene er gitt i Tabell 7. Plott av de ulike fordelingene er vist i Figur 6.

Gjentaksintervall (år)	Flomkvantiler (cm) for ulike fordelinger				
	Ln2-mle	Ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	Gam2-mle
5	179	179	179	180	179
10	185	184	185	185	184
20	189	188	192	188	189
50	194	193	200	192	193
100	198	196	206	194	197
200	201	199	213	196	200
500	205	202	221	198	203
Chi <sup>2</sup> -test	God	God	God	God	God

Tabell 7. Flomkvantiler beregna utfra de ulike fordelingsfunksjonene. Korrigerte verdier for Tromsø. Størrelsene er gitt i cm relativt NN54.



Figur 6. De ulike fordelingsfunksjonene plotta opp mot de observerte og korrigerte dataene for Tromsø.

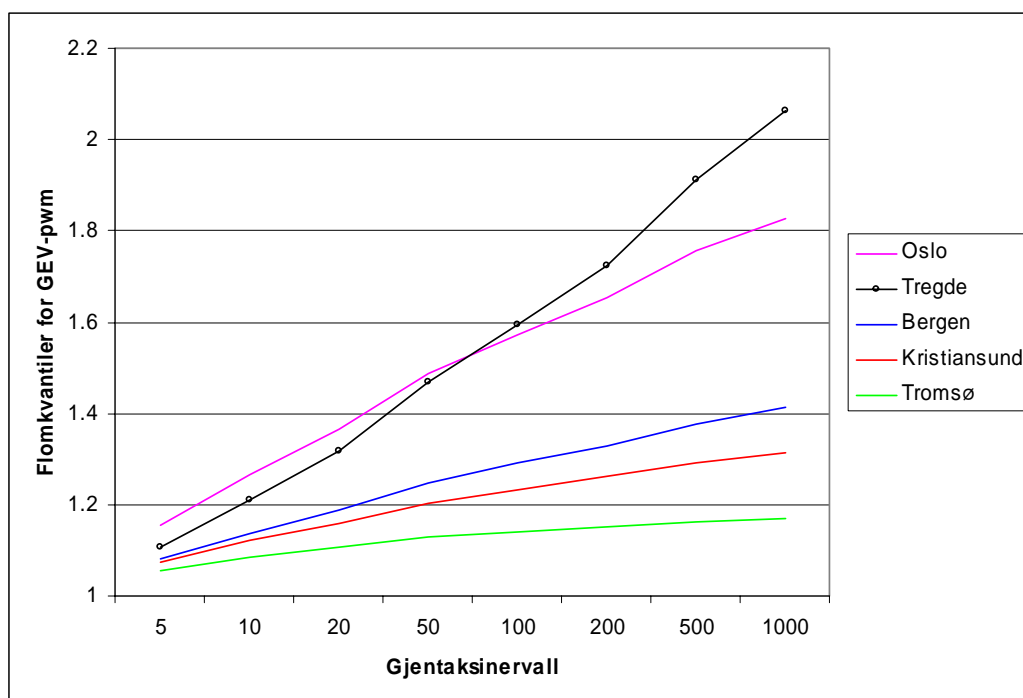
## 4.6 Sammenligning

Etter å ha sett på resultatene fra de ulike havnene enkeltvis, kan det være litt interessant å se på dem under ett. For å få et samla inntrykk har vi i Figur 7 for de ulike havnene plotta opp de relative verdiene for flomkvantilene funnet ved GEV-metoden. Grunnlagsverdiene til dette plottet er gitt i Tabell 8. Med den relative verdien mener vi her den absolutte verdien av flomkvantilen delt på middelverdien. En oversikt over middelverdiene av årsekstremene for de ulike havnene er gitt i Figur 7. Både disse og de relative verdiene er henta fra programutskriftene i Appendiks B.

Figur 7 viser en tendens til at resultatene følger den geografiske plasseringen langs kysten. Fram til et gjentakintervall på 50 år stemmer dette fullstendig, deretter skifter Oslo og Tregde plass. Denne regionale fordelingen gjenspeiler antakeligvis forskjellen i forholdene mellom Oslofjorden/Skagerrak og forholdene oppover langs kysten. Figur 8 viser absolutte vannstandsverdier plottet mot gjentakintervall (Oslo korrigert).

Gjentaksintervall	Oslo	Tregde	Bergen	Kristiansund	Tromsø
5	1.155	1.107	1.081	1.073	1.057
10	1.266	1.212	1.137	1.12	1.085
20	1.366	1.319	1.187	1.159	1.107
50	1.488	1.47	1.248	1.204	1.129
100	1.574	1.593	1.29	1.234	1.142
200	1.655	1.724	1.33	1.261	1.152
500	1.756	1.911	1.378	1.293	1.163
1000	1.827	2.065	1.413	1.313	1.17

Tabell 8. Relative verdier for flomkvantiler beregna med GEV-pwm for de ulike havnene.

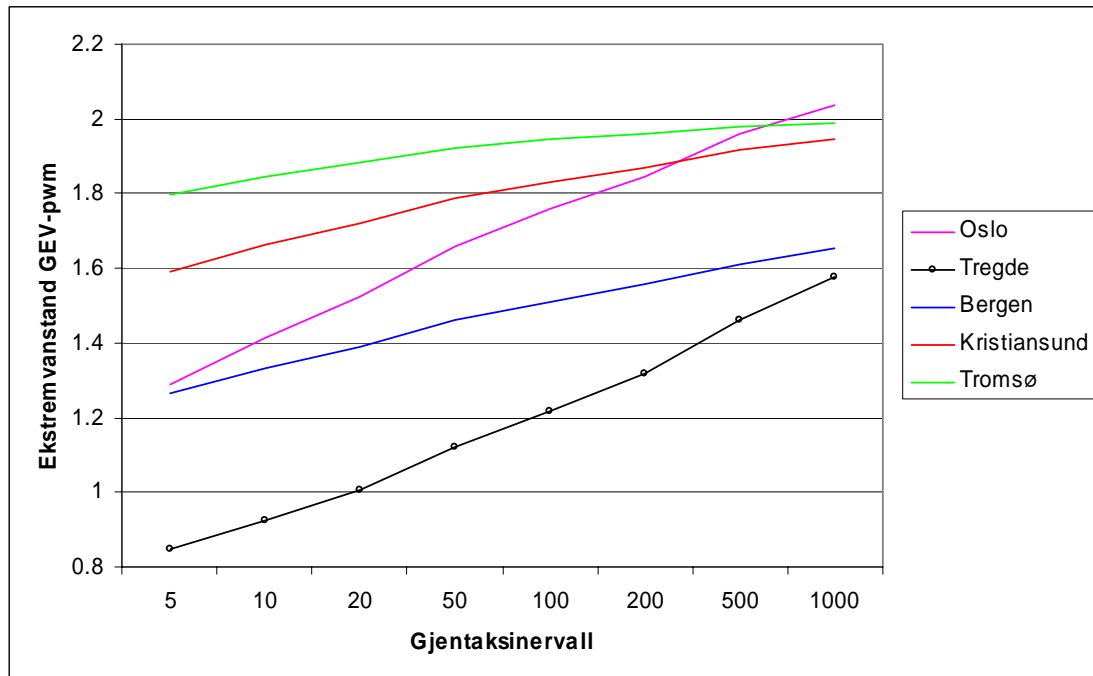


Figur 7. Relative verdier for flomkvantiler beregna med GEV-pwm for de ulike havnene.



	Oslo (korr)	Tregde	Bergen	Kristiansund	Tromsø
Middelverdi (cm)	111.6	76.4	117.0	148.3	170.2

Tabell 9. Middelverdien (flomkvantilen med 2.3 års gjentakintervall) for hver havn. Verdien for Oslo er gitt relativt korrigert middelvann, resten av verdiene er gitt relativt NN54.



Figur 8. Absolutte vannstandsverdier (NN54) verdier beregna med GEV-pwm for de ulike havnene.

## 5 Oppsummering og konklusjon

Plottene fra disse analysene viser at enkelte av datasettene har en ekstremverdi som skiller seg noe ut fra de andre. Det er viktig å undersøke om slike verdier kommer av spesielle fenomener og dermed ikke hører naturlig hjemme i fordelingen eller om de skal være med. Ellers kommer stort sett alle fordelingene ganske godt ut i  $\chi^2$ -testen. Det er bare ln3 som skiller seg ut som et hakk dårligere enn de andre fordelingene. Sammenlignes flomkvantilene for de ulike fordelingene for bestemte gjentakintervall er det klart at usikkerheten øker etter hvert som gjentakintervallet øker. Opptil ca. 20 år er det ikke de helt store variasjonene mellom resultatene fra de ulike fordelingene, men etter dette blir forskjellene ganske klare. Utfra dette skulle det være ganske problemfritt å publisere vannstands nivåer med et gjentakintervall på opptil 20 år. Samtidig viser det seg at det ikke alltid er de fordelingene som  $\chi^2$ -testen karakteriserer som dårlige som stikker seg ut i plottene. Dette viser at man kanskje ikke skal ta altfor mye hensyn til resultatene av  $\chi^2$ -testen. Det er nemlig ikke alltid at resultatene fra denne testen stemmer helt med det visuelle inntrykket.

## 6 Referanser

- [1] *Flomsonkartplan*. Hallvard Berg (red), NVE 1999.
- [2] *Arealbruk og sikring i flomutsatte områder*. Bente-Sølvi Toverød (red), NVE Retningsliner 1/1999
- [3] *Manual for programmet "Ekstrem"*. Hydrologisk avdeling, NVE.
- [4] *"Statistisk metodelære"*. Arnljot Høyland, 1986.
- [5] *"Flood Studies Report"*. Volume 1, *Hydrological Studies*.
- [6] *"Regional Frequency Analysis"*. J.R.M.Hosking og J.R.Wallis, 1997.

# 7 Appendiks A: Oversikt over inngangsdata

Her følger input data brukt for de forskjellige lokalitetene. Disse dataene er gitt i cm relativt NN54 (med unntak av Oslo korrigert for landhevning). For noen av disse mangler den reelle datoen da den ekstreme vannstanden ble observert. Dette gjelder alle som har dato 19. eller 20. 4.

Oversikt over data for: OSLO			periode: 1950 - 1999	
1	20. 4- 1950	96.00	16.10- 1987	174.00
2	20. 4- 1951	107.00	27.02- 1990	145.00
3	19. 4- 1952	91.00	20. 4- 1957	137.00
4	20. 4- 1953	106.00	20.12- 1991	133.00
5	20. 4- 1954	102.00	20. 4- 1970	125.00
6	20. 4- 1955	111.00	06.11- 1985	123.00
7	19. 4- 1956	109.00	02.03- 1997	121.00
8	20. 4- 1957	137.00	11.01- 1993	120.00
9	20. 4- 1958	69.00	06.11- 1984	118.00
10	20. 4- 1959	86.00	20. 4- 1965	115.00
11	19. 4- 1960	76.00	20. 4- 1978	115.00
12	20. 4- 1961	94.00	20. 4- 1979	114.00
13	20. 4- 1962	84.00	15.01- 1989	114.00
14	20. 4- 1963	99.00	20. 4- 1967	112.00
15	19. 4- 1964	86.00	20. 4- 1955	111.00
16	20. 4- 1965	115.00	07.01- 1983	110.00
17	20. 4- 1966	81.00	19. 4- 1956	109.00
18	20. 4- 1967	112.00	20. 4- 1969	108.00
19	19. 4- 1968	76.00	08.12- 1994	108.00
20	20. 4- 1969	108.00	20. 4- 1951	107.00
21	20. 4- 1970	125.00	20. 4- 1953	106.00
22	20. 4- 1971	86.00	20. 4- 1977	104.00
23	19. 4- 1972	98.00	20. 4- 1975	102.00
24	20. 4- 1973	99.00	20. 4- 1954	102.00
25	20. 4- 1974	73.00	01.01- 1992	101.00
26	20. 4- 1975	102.00	20. 4- 1973	99.00
27	19. 4- 1976	95.00	20. 4- 1963	99.00
28	20. 4- 1977	104.00	25.12- 1999	99.00
29	20. 4- 1978	115.00	19. 4- 1972	98.00
30	20. 4- 1979	114.00	20. 4- 1950	96.00
31	07.01- 1983	110.00	19. 4- 1976	95.00
32	13.01- 1984	118.00	20. 4- 1961	94.00
33	06.11- 1985	123.00	05.12- 1986	94.00
34	05.12- 1986	94.00	19. 4- 1952	91.00
35	16.10- 1987	174.00	06.11- 1996	90.00
36	22.12- 1988	84.00	28.10- 1998	89.00
37	15.01- 1989	114.00	20. 4- 1959	86.00
38	27.02- 1990	145.00	20. 4- 1971	86.00
39	20.12- 1991	133.00	19. 4- 1964	86.00
40	01.01- 1992	101.00	20. 4- 1962	84.00
41	11.01- 1993	120.00	22.12- 1988	84.00
42	08.12- 1994	108.00	20. 4- 1966	81.00
43	22.02- 1995	72.00	19. 4- 1968	76.00
44	06.11- 1996	90.00	19. 4- 1960	76.00
45	02.03- 1997	121.00	20. 4- 1974	73.00
46	28.10- 1998	89.00	22.02- 1995	72.00
47	25.12- 1999	99.00	20. 4- 1958	69.00

Oslo korrigert for landheving. Verdiene er her gitt i cm rel. korrigert  
 middelvann (se Appendiks E).

**Oversikt over data for: OSLO periode: 1950 - 1999**

1	20. 4- 1950	95.00	16.10- 1987	188.00
2	20. 4- 1951	106.00	27.01- 1990	160.00
3	19. 4- 1952	91.00	20.12- 1991	148.00
4	20. 4- 1953	106.00	20. 4- 1957	139.00
5	20. 4- 1954	102.00	02.03- 1997	139.00
6	20. 4- 1955	112.00	11.01- 1993	136.00
7	19. 4- 1956	110.00	06.11- 1985	136.00
8	20. 4- 1957	139.00	20. 4- 1970	132.00
9	20. 4- 1958	71.00	13.01- 1984	130.00
10	20. 4- 1959	88.00	15.01- 1989	128.00
11	19. 4- 1960	79.00	20. 4- 1978	125.00
12	20. 4- 1961	97.00	20. 4- 1979	124.00
13	20. 4- 1962	88.00	08.12- 1994	124.00
14	20. 4- 1963	103.00	07.01- 1983	122.00
15	19. 4- 1964	90.00	20. 4- 1965	120.00
16	20. 4- 1965	120.00	20. 4- 1967	118.00
17	20. 4- 1966	86.00	25.12- 1999	117.00
18	20. 4- 1967	118.00	01.01- 1992	117.00
19	19. 4- 1968	82.00	20. 4- 1969	114.00
20	20. 4- 1969	114.00	20. 4- 1977	114.00
21	20. 4- 1970	132.00	20. 4- 1955	112.00
22	20. 4- 1971	93.00	20. 4- 1975	111.00
23	19. 4- 1972	106.00	19. 4- 1956	110.00
24	20. 4- 1973	107.00	05.12- 1986	107.00
25	20. 4- 1974	81.00	20. 4- 1973	107.00
26	20. 4- 1975	111.00	28.10- 1998	107.00
27	19. 4- 1976	104.00	06.11- 1996	107.00
28	20. 4- 1977	114.00	20. 4- 1953	106.00
29	20. 4- 1978	125.00	19. 4- 1972	106.00
30	20. 4- 1979	124.00	20. 4- 1951	106.00
31	07.01- 1983	122.00	19. 4- 1976	104.00
32	13.01- 1984	130.00	20. 4- 1963	103.00
33	06.11- 1985	136.00	20. 4- 1954	102.00
34	05.12- 1986	107.00	22.12- 1988	98.00
35	16.10- 1987	188.00	20. 4- 1961	97.00
36	22.12- 1988	98.00	20. 4- 1950	95.00
37	15.01- 1989	128.00	20. 4- 1971	93.00
38	27.02- 1990	160.00	19. 4- 1952	91.00
39	20.12- 1991	148.00	19. 4- 1964	90.00
40	01.01- 1992	117.00	22.02- 1995	89.00
41	11.01- 1993	136.00	20. 4- 1959	88.00
42	08.12- 1994	124.00	20. 4- 1962	88.00
43	22.02- 1995	89.00	20. 4- 1966	86.00
44	06.11- 1996	107.00	19. 4- 1968	82.00
45	02.03- 1997	139.00	20. 4- 1974	81.00
46	28.10- 1998	107.00	19. 4- 1960	79.00
47	25.12- 1999	117.00	20. 4- 1958	71.00

Oversikt over data for: TREGDE periode: 1950 - 1999

1	20. 4- 1950	68.00	11.01- 1987	111.00
2	20. 4- 1951	75.00	27.02- 1990	105.00
3	19. 4- 1952	63.00	06.11- 1985	103.00
4	20. 4- 1953	68.00	20.12- 1991	101.00
5	20. 4- 1954	78.00	20. 4- 1967	91.00
6	20. 4- 1955	75.00	04.12- 1999	91.00
7	19. 4- 1956	87.00	20. 4- 1957	90.00
8	20. 4- 1957	90.00	14.10- 1983	88.00
9	20. 4- 1958	66.00	19. 4- 1956	87.00
10	20. 4- 1959	77.00	11.01- 1993	86.00
11	19. 4- 1960	70.00	28.10- 1998	85.00
12	20. 4- 1961	70.00	13.01- 1984	85.00
13	20. 4- 1962	75.00	14.02- 1989	84.00
14	20. 4- 1963	68.00	20. 4- 1977	82.00
15	19. 4- 1964	60.00	11.01- 1986	81.00
16	20. 4- 1965	78.00	20. 4- 1965	78.00
17	20. 4- 1966	62.00	20. 4- 1954	78.00
18	20. 4- 1967	91.00	20. 4- 1959	77.00
19	19. 4- 1968	62.00	06.11- 1996	77.00
20	20. 4- 1969	67.00	20. 4- 1973	76.00
21	20. 4- 1970	64.00	21.02- 1997	76.00
22	20. 4- 1971	73.00	20. 4- 1955	75.00
23	19. 4- 1972	68.00	20. 4- 1962	75.00
24	20. 4- 1973	76.00	20. 4- 1951	75.00
25	20. 4- 1974	69.00	20. 4- 1971	73.00
26	20. 4- 1975	64.00	20. 4- 1979	71.00
27	19. 4- 1976	70.00	19. 4- 1976	70.00
28	20. 4- 1977	82.00	20. 4- 1961	70.00
29	17.11- 1978	66.00	19. 4- 1960	70.00
30	20. 4- 1979	71.00	10.01- 1995	69.00
31	14.10- 1983	88.00	20. 4- 1974	69.00
32	13.01- 1984	85.00	20. 4- 1950	68.00
33	06.11- 1985	103.00	20. 4- 1953	68.00
34	11.01- 1986	81.00	22.12- 1988	68.00
35	16.10- 1987	111.00	19. 4- 1972	68.00
36	22.12- 1988	68.00	20. 4- 1963	68.00
37	14.02- 1989	84.00	20. 4- 1969	67.00
38	27.02- 1990	105.00	20. 4- 1958	66.00
39	20.12- 1991	101.00	17.11- 1978	66.00
40	03.12- 1992	63.00	08.12- 1994	66.00
41	11.01- 1993	86.00	20. 4- 1975	64.00
42	08.12- 1994	66.00	20. 4- 1970	64.00
43	10.01- 1995	69.00	03.12- 1992	63.00
44	06.11- 1996	77.00	19. 4- 1952	63.00
45	21.02- 1997	76.00	19. 4- 1968	62.00
46	28.10- 1998	85.00	20. 4- 1966	62.00
47	04.12- 1999	91.00	19. 4- 1964	60.00

Oversikt over data for: BERGEN periode: 1950 - 1999

1	20. 4- 1950	101.00	27.02- 1990	150.00
2	20. 4- 1951	118.00	08.12- 1994	145.00
3	19. 4- 1952	120.00	11.01- 1993	142.00
4	20. 4- 1953	100.00	03.01- 1991	135.00
5	20. 4- 1954	133.00	20. 4- 1954	133.00
6	20. 4- 1955	125.00	23.11- 1984	132.00
7	19. 4- 1956	115.00	20. 4- 1961	132.00
8	20. 4- 1957	116.00	19.10- 1970	130.00
9	20. 4- 1958	113.00	04.12- 1979	129.00
10	20. 4- 1959	107.00	20. 4- 1955	125.00
11	19. 4- 1960	119.00	15.01- 1989	124.00
12	20. 4- 1961	132.00	25.12- 1999	124.00
13	20. 4- 1962	109.00	11.11- 1977	123.00
14	20. 4- 1963	95.00	21.01- 1976	123.00
15	19. 4- 1964	107.00	20. 4- 1967	121.00
16	20. 4- 1965	119.00	19. 4- 1952	120.00
17	20. 4- 1966	106.00	27.02- 1998	120.00
18	20. 4- 1967	121.00	20. 4- 1965	119.00
19	18.03- 1968	112.00	19. 4- 1960	119.00
20	20. 4- 1969	110.00	25.02- 1997	119.00
21	19.10- 1970	130.00	15.11- 1978	119.00
22	13.02- 1971	99.00	20. 4- 1951	118.00
23	10.11- 1972	100.00	26.10- 1995	117.00
24	20. 4- 1973	113.00	12.01- 1986	117.00
25	20. 4- 1974	113.00	20. 4- 1957	116.00
26	20. 4- 1975	115.00	16.12- 1982	116.00
27	21.01- 1976	123.00	20. 4- 1975	115.00
28	11.11- 1977	123.00	19. 4- 1956	115.00
29	15.11- 1978	119.00	03.01- 1988	114.00
30	04.12- 1979	129.00	30.01- 1983	114.00
31	07.10- 1980	107.00	20. 4- 1974	113.00
32	07.02- 1981	109.00	20. 4- 1958	113.00
33	16.12- 1982	116.00	20. 4- 1973	113.00
34	30.01- 1983	114.00	18.03- 1968	112.00
35	23.11- 1984	132.00	07.10- 1987	111.00
36	13.12- 1985	101.00	20. 4- 1969	110.00
37	12.01- 1986	117.00	07.02- 1981	109.00
38	07.10- 1987	111.00	03.12- 1992	109.00
39	03.01- 1988	114.00	20. 4- 1962	109.00
40	15.01- 1989	124.00	20. 4- 1959	107.00
41	27.02- 1990	150.00	19. 4- 1964	107.00
42	03.01- 1991	135.00	07.10- 1980	107.00
43	03.12- 1992	109.00	20. 4- 1966	106.00
44	11.01- 1993	142.00	30.09- 1996	105.00
45	08.12- 1994	145.00	20. 4- 1950	101.00
46	26.10- 1995	117.00	13.12- 1985	101.00
47	30.09- 1996	105.00	10.11- 1972	100.00
48	25.02- 1997	119.00	20. 4- 1953	100.00
49	27.02- 1998	120.00	13.02- 1971	99.00
50	25.12- 1999	124.00	20. 4- 1963	95.00

**Oversikt over data for: KRISTIANSUND N,  
periode: 1953-1999**

1	18.02- 1953	139.00	12.01- 1993	189.00
2	12.10- 1954	156.00	02.11- 1971	172.00
3	29.12- 1955	147.00	22.12- 1988	166.00
4	17.12- 1956	154.00	27.02- 1990	165.00
5	20.01- 1957	164.00	20.01- 1957	164.00
6	15.10- 1958	133.00	27.11- 1999	164.00
7	03.11- 1959	138.00	27.02- 1998	162.00
8	04.12- 1960	133.00	17.09- 1978	162.00
9	28.08- 1961	137.00	05.12- 1979	161.00
10	09.01- 1962	150.00	20.01- 1976	159.00
11	30.12- 1963	127.00	28.02- 1967	159.00
12	23.10- 1964	139.00	25.10- 1969	158.00
13	29.10- 1965	139.00	06.02- 1989	157.00
14	17.03- 1966	140.00	07.10- 1975	157.00
15	28.02- 1967	159.00	12.11- 1977	157.00
16	17.03- 1968	138.00	12.10- 1954	156.00
17	25.10- 1969	158.00	17.12- 1956	154.00
18	07.02- 1970	131.00	12.11- 1981	153.00
19	02.11- 1971	172.00	07.02- 1997	151.00
20	23.10- 1972	137.00	23.10- 1983	150.00
21	13.11- 1973	138.00	09.01- 1962	150.00
22	18.09- 1974	140.00	26.10- 1995	149.00
23	07.10- 1975	157.00	07.10- 1987	148.00
24	20.01- 1976	159.00	29.12- 1955	147.00
25	12.11- 1977	157.00	16.11- 1982	147.00
26	17.09- 1978	162.00	23.12- 1991	146.00
27	05.12- 1979	161.00	22.11- 1980	145.00
28	22.11- 1980	145.00	22.02- 1992	144.00
29	12.11- 1981	153.00	01.01- 1984	141.00
30	16.11- 1982	147.00	18.09- 1974	140.00
31	23.10- 1983	150.00	07.10- 1994	140.00
32	01.01- 1984	141.00	17.03- 1966	140.00
33	16.09- 1985	129.00	23.10- 1964	139.00
34	12.01- 1986	138.00	29.10- 1965	139.00
35	07.10- 1987	148.00	18.02- 1953	139.00
36	22.12- 1988	166.00	17.03- 1968	138.00
37	06.02- 1989	157.00	13.11- 1973	138.00
38	27.02- 1990	165.00	12.01- 1986	138.00
39	23.12- 1991	146.00	03.11- 1959	138.00
40	22.02- 1992	144.00	28.08- 1961	137.00
41	12.01- 1993	189.00	23.10- 1972	137.00
42	07.10- 1994	140.00	04.12- 1960	133.00
43	26.10- 1995	149.00	15.10- 1958	133.00
44	30.09- 1996	122.00	07.02- 1970	131.00
45	07.02- 1997	151.00	16.09- 1985	129.00
46	27.02- 1998	162.00	30.12- 1963	127.00
47	27.11- 1999	164.00	30.09- 1996	122.00

## Tromsø korrigert for flytting av stasjon:

Oversikt over data for: TROMSØ periode: 1953 - 1999

1	18.01- 1953	174.00	09.01- 1993	197.00
2	16.09- 1954	175.00	01.12- 1967	192.00
3	11.01- 1955	178.00	10.01- 1978	191.00
4	20.10- 1956	167.00	03.11- 1971	184.00
5	20.01- 1957	182.00	11.12- 1992	183.00
6	15.11- 1958	159.00	20.01- 1957	182.00
7	03.11- 1959	171.00	07.02- 1989	180.00
8	01.01- 1960	163.00	27.02- 1998	180.00
9	16.02- 1961	168.00	28.02- 1990	178.00
10	14.11- 1962	173.00	24.10- 1983	178.00
11	27.02- 1963	165.00	11.01- 1955	178.00
12	30.01- 1964	171.00	05.12- 1979	178.00
13	18.01- 1965	175.00	11.03- 1997	178.00
14	08.03- 1966	160.00	26.10- 1969	176.00
15	01.12- 1967	192.00	07.10- 1994	176.00
16	17.03- 1968	153.00	16.09- 1954	175.00
17	26.10- 1969	176.00	18.01- 1965	175.00
18	10.02- 1970	144.00	18.01- 1953	174.00
19	03.11- 1971	184.00	20.01- 1991	173.00
20	24.12- 1972	161.00	14.11- 1962	173.00
21	11.12- 1973	170.00	13.10- 1996	173.00
22	19.09- 1974	158.00	20.01- 1976	172.00
23	21.12- 1975	179.00	01.02- 1995	171.00
24	20.01- 1976	172.00	21.12- 1975	171.00
25	12.11- 1977	160.00	30.01- 1964	171.00
26	10.01- 1978	191.00	03.11- 1959	171.00
27	05.12- 1979	178.00	11.12- 1973	170.00
28	23.11- 1980	152.00	16.02- 1961	168.00
29	11.11- 1981	152.00	20.10- 1956	167.00
30	31.10- 1982	165.00	02.01- 1984	166.00
31	24.10- 1983	178.00	27.11- 1999	166.00
32	02.01- 1984	166.00	31.10- 1982	165.00
33	15.10- 1985	160.00	27.02- 1963	165.00
34	01.12- 1986	161.00	01.01- 1960	163.00
35	31.01- 1987	156.00	29.09- 1988	162.00
36	29.09- 1988	162.00	24.12- 1972	161.00
37	07.02- 1989	180.00	01.12- 1986	161.00
38	28.02- 1990	178.00	12.11- 1977	160.00
39	20.01- 1991	173.00	15.10- 1985	160.00
40	11.12- 1992	183.00	08.03- 1966	160.00
41	09.01- 1993	197.00	15.11- 1958	159.00
42	07.10- 1994	176.00	19.09- 1974	158.00
43	01.02- 1995	171.00	31.01- 1987	156.00
44	13.10- 1996	173.00	17.03- 1968	153.00
45	11.03- 1997	178.00	11.11- 1981	152.00
46	27.02- 1998	180.00	23.11- 1980	152.00
47	27.11- 1999	166.00	10.02- 1970	144.00



# 8 Appendiks B: Utlisting av resultatfiler

Her følger programutskifter for de ulike lokalitetene.

Flomfrekvensanalyse for: OSLO periode: 1950 - 1999

Antall år med data: 47

Empiriske momenter:

Middelverdi:	103.213	Maksimum :	174.000	1.1-moment:	0.108
Std.avvik :	20.015	3.kvartil:	114.000	2.1-moment:	0.106
Skjevhet :	0.911	Median :	102.000	3.1-moment:	0.177
Kurtose :	4.784	1.kvartil:	89.500		
		Minimum :	69.000		

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
a=	4.619	4.175	93.969	94.754	28.132
b=	0.190	0.289	16.014	17.452	3.669
c=	0.000	35.416	0.000	0.102	0.000

Resultater av testen på tilpasningen av fordelingen til de observerte dataene

CHI2:	1.383	1.638	2.149	1.638	1.383
ndf:	3	2	3	2	3
Res:	good	good	good	good	good
GOF:	3.718	8.047	9.845	4.433	3.244

Flomkvantiler (absolutte verdier)

Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	118.940	118.344	117.989	119.024	119.130
10	129.306	129.600	130.006	129.839	128.809
20	138.541	140.034	141.533	139.462	137.178
50	149.723	153.163	156.454	150.911	147.007
100	157.673	162.817	167.635	158.804	153.804
200	165.318	172.343	178.775	166.127	160.198
500	175.079	184.846	193.473	175.026	168.169
1000	182.268	194.291	204.581	181.218	173.907

Flomkvantil (relative verdier)

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	1.152	1.147	1.143	1.153	1.154
10	1.253	1.256	1.260	1.258	1.248
20	1.342	1.357	1.371	1.351	1.329
50	1.451	1.484	1.516	1.462	1.424
100	1.528	1.577	1.624	1.539	1.490
200	1.602	1.670	1.732	1.610	1.552
500	1.696	1.791	1.875	1.696	1.629
1000	1.766	1.882	1.982	1.756	1.685

Oslo korrigert for landhevning:

Flomfrekvensanalyse for: OSLO periode: 1950 - 1999

Antall år med data: 47

Empiriske momenter:

Middelverdi:	111.638	Maksimum :	188.000	1.1-moment:	0.111
Std.avvik :	22.178	3.kvartil:	124.000	2.1-moment:	0.122
Skjevhet :	0.885	Median :	107.000	3.1-moment:	0.168
Kurtose :	4.489	1.kvartil:	96.000		
		Minimum :	71.000		

Parameter	Fordelingsfunksjon		EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
	ln2-mle	ln3-mle			
a=	4.696	4.307	101.353	102.004	26.806
b=	0.194	0.281	17.818	19.041	4.165
c=	0.000	34.385	0.000	0.077	0.000

Resultater av testen på tilpasningen av fordelingen til de observerte dataene

CHI2:	1.894	1.894	1.894	1.894	2.660
ndf:	3	2	3	2	3
Res:	good	good	good	good	good
GOF:	4.299	8.660	10.956	6.166	3.682

Flomkvantiler (absolutte verdier)

Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon		EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
	ln2-mle	ln3-mle			
5	129.037	128.479	128.080	128.975	129.261
10	140.570	140.890	141.451	141.343	140.015
20	150.863	152.360	154.277	152.553	149.323
50	163.349	166.751	170.879	166.169	160.265
100	172.241	177.304	183.320	175.750	167.838
200	180.800	187.697	195.715	184.798	174.966
500	191.745	201.309	212.069	196.015	183.856
1000	199.814	211.572	224.428	203.982	190.259

Flomkvantil (relative verdier)

Parameter	Fordelingsfunksjon		EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
	ln2-mle	ln3-mle			
5	1.156	1.151	1.147	1.155	1.158
10	1.259	1.262	1.267	1.266	1.254
20	1.351	1.365	1.382	1.366	1.338
50	1.463	1.494	1.531	1.488	1.436
100	1.543	1.588	1.642	1.574	1.503
200	1.620	1.681	1.753	1.655	1.567
500	1.718	1.803	1.900	1.756	1.647
1000	1.790	1.895	2.010	1.827	1.704

Flomfrekvensanalyse for: TREGDE periode: 1950 - 1999

Antall år med data: 47

Empiriske momenter:

Middelverdi:	76.426	Maksimum :	111.000	1.1-moment:	0.088
Std.avvik :	12.149	3.kvartil:	84.500	2.1-moment:	0.235
Skjevhet :	1.001	Median :	75.000	3.1-moment:	0.114
Kurtose :	3.409	1.kvartil:	68.000		
		Minimum :	60.000		

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
a=	4.325	3.579	70.805	70.389	42.781
b=	0.152	0.315	9.737	8.806	1.786
c=	0.000	38.756	0.000	-0.099	0.000

Resultater av testen på tilpasningen av fordelingen til de observerte dataene

CHI2:	6.489	9.553	2.660	3.170	6.489
ndf:	3	2	3	2	3
Res:	ok	bad	good	good	ok
GOF:	3.532	5.359	5.987	11.007	1.583

Flomkvantiler (absolutte verdier)

Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	85.856	85.471	85.410	84.632	86.044
10	91.806	92.411	92.717	92.595	91.733
20	97.029	98.911	99.726	100.813	96.612
50	103.261	107.170	108.799	112.361	102.300
100	107.636	113.296	115.598	121.743	106.210
200	111.802	119.381	122.371	131.761	109.872
500	117.066	127.423	131.308	146.084	114.416
1000	120.905	133.539	138.062	157.809	117.674

Flomkvantil (relative verdier)

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	1.123	1.118	1.118	1.107	1.126
10	1.201	1.209	1.213	1.212	1.200
20	1.270	1.294	1.305	1.319	1.264
50	1.351	1.402	1.424	1.470	1.339
100	1.408	1.482	1.513	1.593	1.390
200	1.463	1.562	1.601	1.724	1.438
500	1.532	1.667	1.718	1.911	1.497
1000	1.582	1.747	1.806	2.065	1.540

Flomfrekvensanalyse for: BERGEN  
1950 - 1999

periode:

Antall år med data: 50

Empiriske momenter:

Middelverdi:	117.060	Maksimum :	150.000	1.1-moment:	0.057
Std.avvik :	11.804	3.kvartil:	123.000	2.1-moment:	0.114
Skjevhet :	0.627	Median :	116.000	3.1-moment:	0.170
Kurtose :	3.329	1.kvartil:	109.000		
		Minimum :	95.000		

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
a=	4.758	4.026	111.511	111.921	101.224
b=	0.100	0.204	9.614	10.376	1.156
c=	0.000	59.825	0.000	0.090	0.000

Resultater av testen på tilpasningen av fordelingen til de observerte dataene

CHI2:	2.320	3.280	1.840	1.840	2.320
ndf:	3	2	3	2	3
Res:	good	good	good	good	good
GOF:	0.995	3.086	5.568	2.773	0.967

Flomkvantiler (absolutte verdier)

Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	126.695	126.383	125.931	126.484	126.721
10	132.391	132.641	133.146	133.068	132.199
20	137.286	138.248	140.067	138.981	136.838
50	143.010	145.075	149.025	146.090	142.183
100	146.958	149.952	155.737	151.042	145.822
200	150.665	154.660	162.426	155.677	149.204
500	155.284	160.695	171.250	161.367	153.370
1000	158.607	165.155	177.919	165.367	156.337

Flomkvantil (relative verdier)

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	1.082	1.080	1.076	1.081	1.083
10	1.131	1.133	1.137	1.137	1.129
20	1.173	1.181	1.197	1.187	1.169
50	1.222	1.239	1.273	1.248	1.215
100	1.255	1.281	1.330	1.290	1.246
200	1.287	1.321	1.388	1.330	1.275
500	1.327	1.373	1.463	1.378	1.310
1000	1.355	1.411	1.520	1.413	1.336

Flomfrekvensanalyse for: KRISTIANSUND N periode: 1953 - 1999

Antall år med data: 47

Empiriske momenter:

Middelverdi:	148.319	Maksimum :	189.000	1.1-moment:	0.050
Std.avvik :	13.079	3.kvartil:	157.500	2.1-moment:	0.076
Skjevhet :	0.497	Median :	147.000	3.1-moment:	0.095
Kurtose :	3.378	1.kvartil:	138.500		
		Minimum :	122.000		

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
a=	4.996	4.365	142.116	142.919	131.009
b=	0.088	0.163	10.746	12.146	1.132
c=	0.000	68.601	0.000	0.152	0.000

Resultater av testen på tilpasningen av fordelingen til de observerte dataene

CHI2:	5.468	6.234	7.255	5.468	5.468
ndf:	3	2	3	2	3
Res:	good	bad	ok	ok	good
GOF:	0.697	2.874	6.607	1.653	1.004

Flomkvantiler (absolutte verdier)

Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	159.119	158.831	158.235	159.206	159.098
10	165.410	165.543	166.299	166.060	165.152
20	170.791	171.460	174.034	171.937	170.263
50	177.054	178.549	184.047	178.649	176.137
100	181.356	183.544	191.550	183.089	180.126
200	185.385	188.314	199.026	187.068	183.827
500	190.386	194.359	208.889	191.712	188.378
1000	193.975	198.780	216.343	194.816	191.614

Flomkvantil (relative verdier)

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	1.073	1.071	1.067	1.073	1.073
10	1.115	1.116	1.121	1.120	1.113
20	1.152	1.156	1.173	1.159	1.148
50	1.194	1.204	1.241	1.204	1.188
100	1.223	1.237	1.291	1.234	1.214
200	1.250	1.270	1.342	1.261	1.239
500	1.284	1.310	1.408	1.293	1.270
1000	1.308	1.340	1.459	1.313	1.292

## Tromsø korrigeret for flytting av stasjon:

Flomfrekvensanalyse for: TROMSØ  
1953 - 1999

periode:

Antall år med data: 47

### Empiriske momenter:

Middelverdi:	170.170	Maksimum :	197.000	1.1-moment:	0.037
Std.avvik :	10.914	3.kvartil:	178.000	2.1-moment:	-0.006
Skjevhet :	0.051	Median :	171.000	3.1-moment:	0.136
Kurtose :	2.947	1.kvartil:	161.500		
		Minimum :	144.000		

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
a=	5.135	6.464	164.960	166.339	242.220
b=	0.065	0.017	9.027	11.114	0.703
c=	0.000	-471.391	0.000	0.295	0.000

### Resultater av testen på tilpasningen av fordelingen til de observerte dataene

CHI2:	4.447	3.170	3.426	3.170	4.447
ndf:	3	2	3	2	3
Res:	good	good	good	good	good
GOF:	0.046	0.240	5.550	-0.909	0.625

### Flomkvantiler (absolutte verdier)

Gjentaksint.	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	179.382	179.326	178.500	179.807	179.296
10	184.598	184.218	185.274	184.611	184.327
20	189.019	188.284	191.772	188.319	188.550
50	194.119	192.890	200.183	192.085	193.378
100	197.595	195.978	206.486	194.300	196.641
200	200.830	198.816	212.766	196.097	199.658
500	204.822	202.271	221.051	197.968	203.355
1000	207.668	204.705	227.313	199.081	205.974

### Flomkvantil (relative verdier)

Parameter	Fordelingsfunksjon				
	ln2-mle	ln3-mle	EV1-pwm	GEV-pwm	gam2-mle
5	1.054	1.054	1.049	1.057	1.054
10	1.085	1.083	1.089	1.085	1.083
20	1.111	1.106	1.127	1.107	1.108
50	1.141	1.134	1.176	1.129	1.136
100	1.161	1.152	1.213	1.142	1.156
200	1.180	1.168	1.250	1.152	1.173
500	1.204	1.189	1.299	1.163	1.195
1000	1.220	1.203	1.336	1.170	1.210

# 9 Appendiks C: Litt teoribakgrunn

I dette appendikset blir noen punkter som angår ulike fordelingsfunksjoner og parameterestimeringsmetoder berørt. Det blir også gitt en kort forklaring på Chi<sup>2</sup>-testen. For utfyllende opplysninger henvises det til grunnleggende statistikkbøker som for eksempel [4].

## Fordelingsfunksjoner

Vi skal her se litt nærmere på tre ulike typer fordelingsfunksjoner, nemlig logaritmiske fordelinger, ekstremverdifordelinger og Pearson-fordelinger. Mye av stoffet i dette avsnittet er henta fra [5], kap. 1.2.

Det finnes flere ulike typer **logaritmiske fordelinger**, bl.a. lognormal, log Pearson Type 3 og log Gumbel. I vår kjøring av programmet "Ekstrem" er to ulike lognormalfordelinger benyttet, en med 2 parametre og en med 3 parametre. At en variabel  $x$  har en lognormalfordeling betyr at  $Z = \ln x$  har en normalfordeling.

Det finnes også ulike typer **ekstremverdifordelinger**, alle karakterisert av parameteren  $k$ . Det er vanlig med en inndeling i tre klasser: Fisher-Tippett Type 1, Type 2 og Type 3, eller litt enklere bare kalt EV1, EV2 og EV3. Inndelingen blir gjort som følger:

$k < 0$ : Type 2

$k = 0$ : Type 1

$k > 0$ : Type 3

En fordeling av Type 1 blir også gjerne kalt en Gumbelfordeling, mens en fordeling av Type 2 kan kalles en Fréchetfordeling. I programmet "Ekstrem" har vi benyttet en Gumbelfordeling (EV1) og en generell ekstremverdifordeling (GEV).

Fordelingsfunksjonen til EV1 er gitt ved

$$F(x_1) = \exp(-e^{-(x_1 - u)/\alpha}).$$

Vi kan finne en tilsvarende formel for GEV ved å bruke formlene for EV2 og EV3. Disse to fordelingene har like formler, bare med ulik tolkning av  $k$ , og grenseverdien av begge disse formlene når  $k$  går mot 0 er formelen for EV1. Dette gir følgende fordelingsfunksjon for GEV:

$$F(x) = e^{-[1 - k(x - u)/\alpha]^{1/k}}.$$

Begrepet med en generell ekstremverdifordeling er nyttig dersom man ønsker å benytte en ekstremverdifordeling, men ikke kjenner typen.

En **Pearson Type 3 fordeling** har tre parametre som vi her kaller  $x_0$ ,  $\beta$  og  $\gamma$ . Gammafordelingen er et spesialtilfelle av denne som oppstår når  $x_0 = 0$ . Dette er dermed en 2-parameter fordeling.

## Parameterestimeringsmetoder

I vår kjøring av programmet "Ekstrem" er det benyttet to ulike metoder for parameterestimering.

**Sannsynlighetsmaksimeringsprinsippet** går ut på at en velger som estimat det settet av parametre som gjør det inntrufne resultat så sannsynlig som mulig.

**Probability weighted moments** (pwm) eller sannsynlighetsvektede momenter kan også brukes som basis for metoder for å estimere parametre til sannsynlighetsfordelinger. Sannsynlighetsvektede momenter for en tilfeldig variabel  $X$  med kumulativ fordelingsfunksjon  $F(\cdot)$  er definert ved

$$M_{p,r,s} = E[X^p \{F(X)\}^r \{1 - F(X)\}^s].$$

Særlig nyttige spesialtilfeller er momentene

$$\alpha_r = M_{1,0,r} = \int_0^1 x(u)(1-u)^r du \quad \text{og} \quad \beta_r = M_{1,r,0} = \int_0^1 x(u)u^r du.$$

Det er disse som er blitt benyttet i forbindelse med parameterestimeringen. For mer informasjon om dette se [6], kap.2.4.

## Chi<sup>2</sup>-testen

Chi<sup>2</sup>-testen brukes for å få en pekepinn på hvor bra en empirisk fordeling stemmer med en gitt fordelingsfunksjon. Denne gjennomgangen er henta fra [4], kap.17.4.

Anta at vi har  $n$  uavhengige realisasjoner av en stokastisk variabel  $Y, Y_1, \dots, Y_n$ , og er kommet til at  $Y$  er kontinuerlig fordelt med sannsynlighetstetthet  $f(y; \theta_1, \dots, \theta_s)$  der  $f$  er en kjent funksjon, mens  $(\theta_1, \dots, \theta_s)$  er ukjente parametre. Vi vil teste nullhypotesen ( $H_0$ ) at  $Y$ 's sannsynlighetstetthet virkelig er  $f(y; \theta_1, \dots, \theta_s)$ .

Dette kan gjøres på følgende måte:

Tallinjen deles først inn i  $r$  delintervaller  $(a_{j-1}, a_j]$ , der  $j=1, \dots, r$  og  $a_0 = -\infty$ ,  $a_r = +\infty$ . La  $X_j$  betegne antall realisasjoner av  $Y$  som faller i  $(a_{j-1}, a_j]$ , og betegn  $P(Y \in (a_{j-1}, a_j])$  med  $p_j(\theta_1, \dots, \theta_s)$ . Hvis  $H_0$  er riktig, vil nå  $X_1, \dots, X_{r-1}$  være multinomisk fordelt, og derfor er

$$Z_1 = \sum_{j=1}^r \frac{(X_j - np_j(\theta_1, \dots, \theta_s))^2}{np_j(\theta_1, \dots, \theta_s)}$$

tilnærmet  $\chi^2$ -fordelt med  $(r-1)$  frihetsgrader når  $H_0$  er riktig.

Hvis  $H_0$  ikke er riktig, vil en kunne vente at to eller flere av differensene  $|X_j - np_j(\theta_1, \dots, \theta_s)|$  er større enn de ville vært om  $H_0$  var riktig. En stor verdi av  $Z_1$  vil derfor tolkes som en indikasjon på at  $H_0$  ikke er riktig.

Vi har nå antatt at  $Z_1$  inneholder de ukjente parametre  $(\theta_1, \dots, \theta_s)$ . Denne kan dermed ikke nyttes direkte som test-observator. Dersom en i  $Z_1$  erstatter  $(\theta_1, \dots, \theta_s)$  med korresponderende estimatorer  $(\theta_1^*, \dots, \theta_s^*)$  og danner



$$Z = \sum_{j=1}^r \frac{(X_j - np_j(\theta_1^*, \dots, \theta_s^*))^2}{np_j(\theta_1^*, \dots, \theta_s^*)}$$

virker det framdeles rimelig å ta en stor verdi av  $Z$  som indikasjon på at  $H_0$  ikke er riktig. Gjør vi det, får vi en test med forkastningsområde

$$\sum_{j=1}^r \frac{(X_j - np_j(\theta_1^*, \dots, \theta_s^*))^2}{np_j(\theta_1^*, \dots, \theta_s^*)} \geq k$$

Kort oppsummert kan en altså si at det observerte datasettet blir delt inn i flere klasser. Dette foregår ved at en beregner visse grenseverdier utfra den valgte fordelingsfunksjonen og ser hvor mange observasjoner som faller i de ulike klassene. Resultatet skal helst være at en får like mange observasjoner i hver klasse.

## Plotteposisjonsformler

Når vi visuelt vil se hvor bra de observerte dataene passer til en valgt sannsynlighetsfordeling kan disse plottes opp sammen. En finner da den observerte ekstremverdien langs den vertikale akse, mens en benytter en plotteposisjonsformel til å finne verdien langs den horisontale akse. For de observerte dataene er det da ulike plotteposisjonsformler å velge mellom. En av de vanligste er Gringortens formel (1963), som også er spesielt anbefalt for Gumbelfordelingen. Denne sier at plotteposisjonene for grafisk estimering og visning av data uttrykt som sannsynligheter er

$$F_i = (i - 0.44)/(N + 0.12)$$

der  $i$  er den enkelte verdiens nummer i den sorterte rekke av ekstremverdier, mens  $N$  er det totale antallet ekstremverdier.

Generelt kan alle de ulike plotteposisjonsformlene uttrykkes som

$F_i = (i - a)/(N + b)$ , der  $a$  og  $b$  har ulike verdier i de ulike tilfellene. De reduserte eller standardiserte verdiene  $y_i$  som svarer til  $F_i$  er

$$y_i = -\ln(-\ln F_i)$$

som er den inverse av fordelingsfunksjonen  $\exp(-e^{-y})$ . Dersom ekstremverdisannsynlighetspapir (Gumbel-papir) blir brukt, vil de observerte verdiene bli plotta mot  $F_i$ , ellers blir de plotta mot  $y_i$ . En returperiode-skala langs den horisontale  $y$ -aksen kan også knyttes til disse verdiene (se [5], s.81).

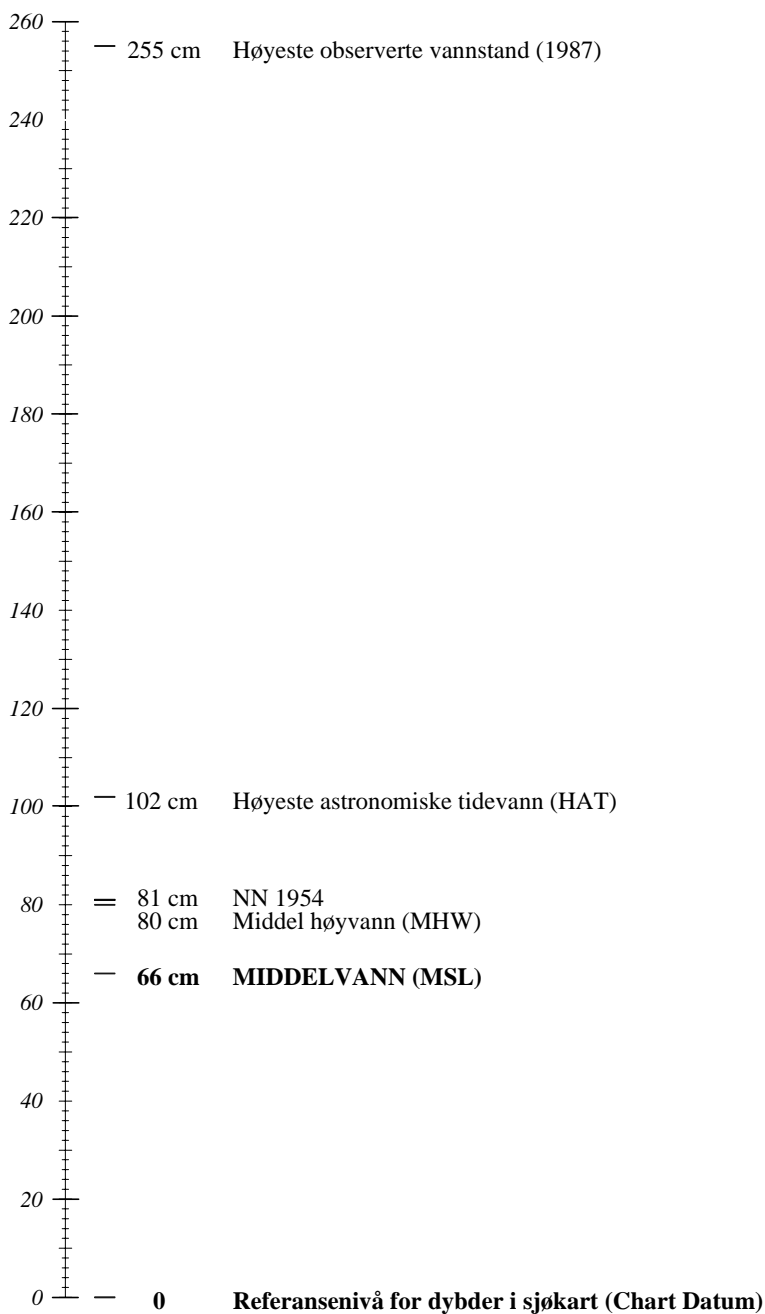
Ved plotting av observerte verdier er altså  $x$ -verdien avhengig av ordensnummeret til ekstremverdien etter sortering og av totalt antall år med ekstremverdier, mens  $y$ -verdien er den aktuelle vannstanden.

# 10 Appendiks D: Nivåskisser

I dette appendikset er nivåskisser med aktuelle referansenivå for de ulike stasjonene gitt.

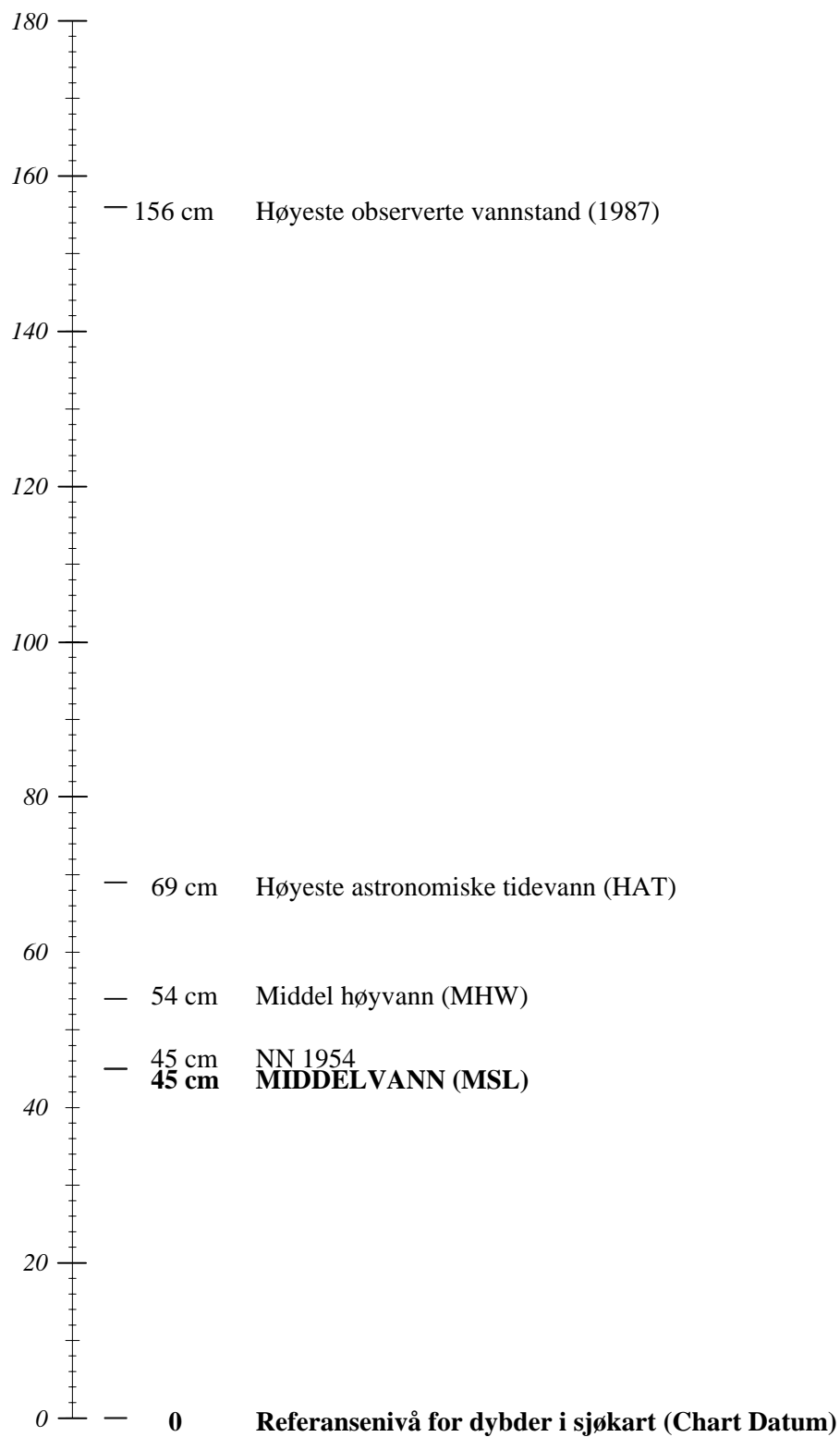
## OSLO

Nivåskisse med de viktigste tidevannsnivåene samt observerte ekstremverdier.  
Alle verdier er gitt i cm relativt til sjøkartnull.



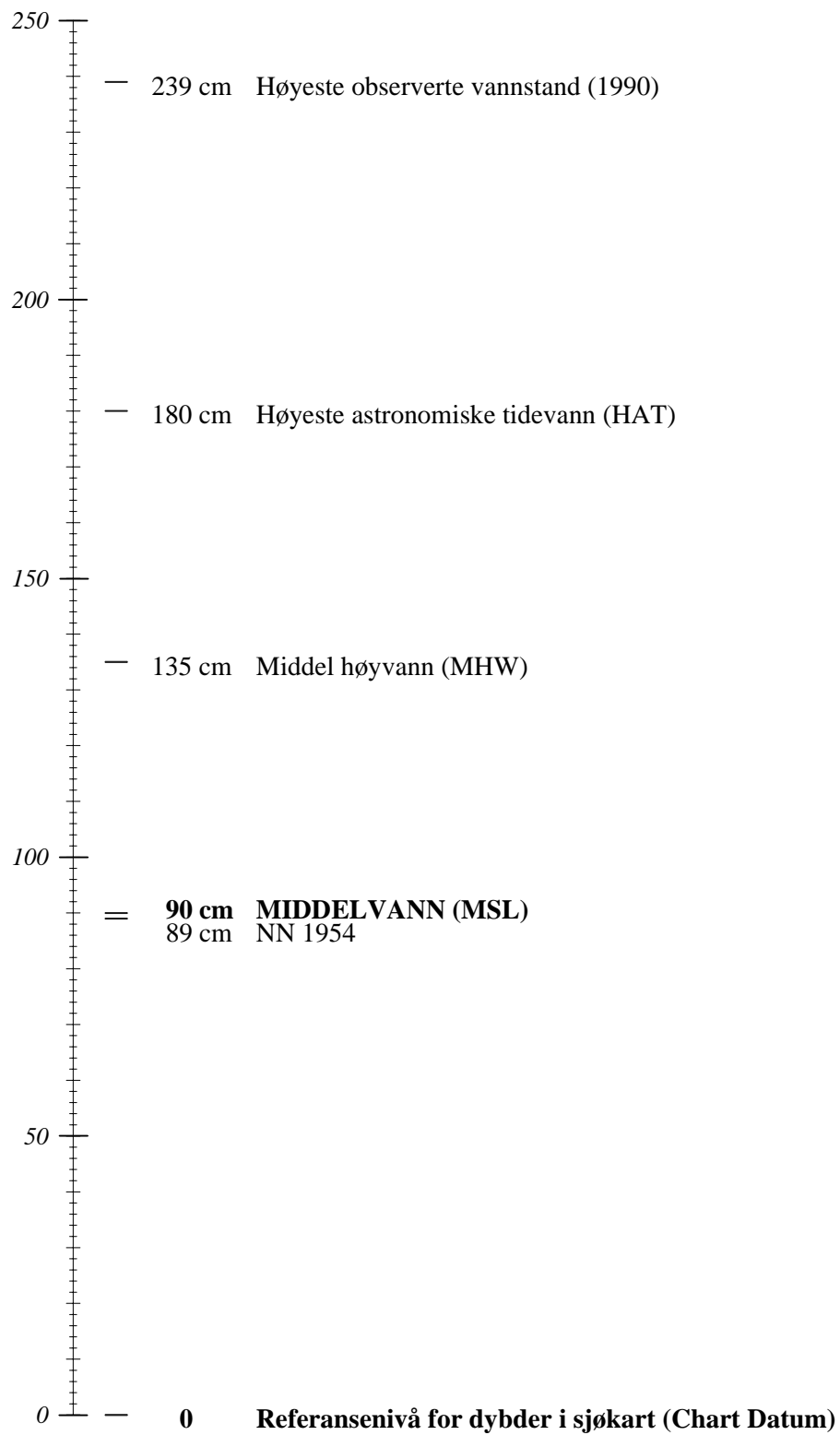
# TREGDE

Nivåskisse med de viktigste tidevannsnivåene samt observerte ekstremverdier.  
Alle verdier er gitt i cm relativt til sjøkartnull.



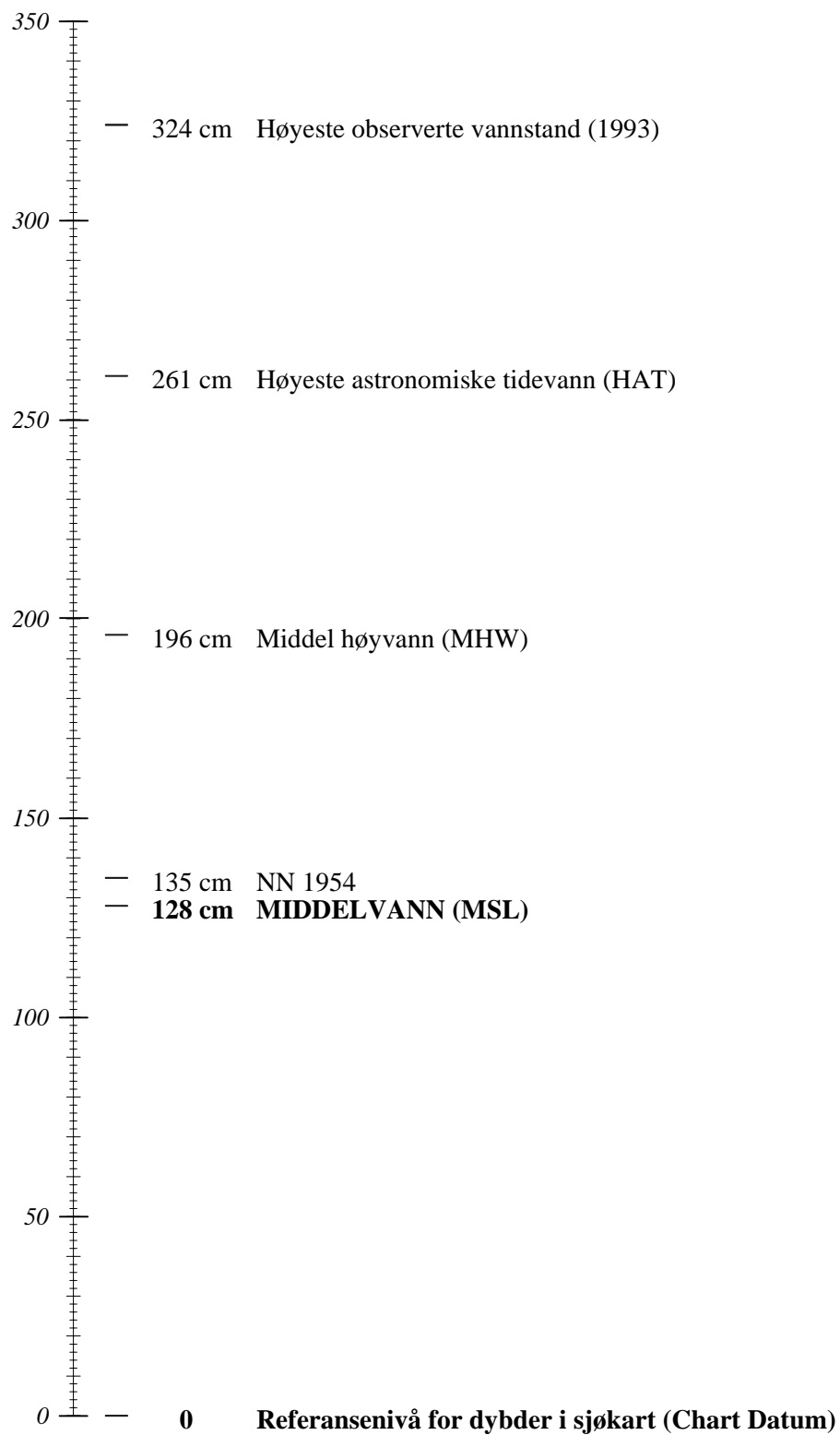
# BERGEN

Nivåskisse med de viktigste tidevannsnivåene samt observerte ekstremverdier.  
Alle verdier er gitt i cm relativt til sjøkartnull.



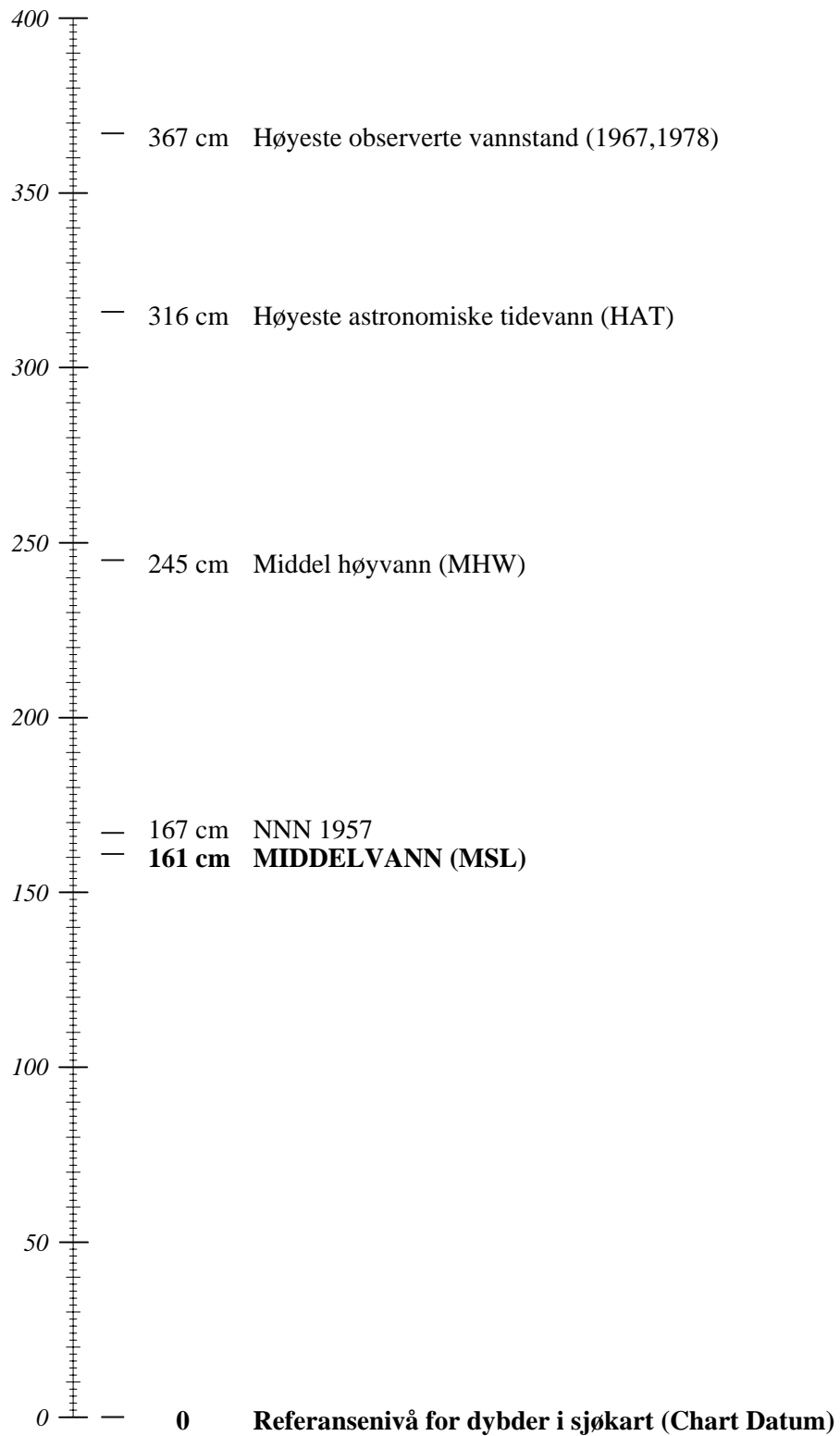
# KRISTIANSUND

Nivåskisse med de viktigste tidevannsnivåene samt observerte ekstremverdier.  
Alle verdier er gitt i cm relativt til sjøkartnull.



# TROMSØ

Nivåskisse med de viktigste tidevannsnivåene samt observerte ekstremverdier.  
Alle verdier er gitt i cm relativt til sjøkartnull.



# 11 Appendiks E: Korrigering for landhevning i Oslo

Her følger regnearket som er benytta for å korrigere for landhevningen i Oslo.

Forholdet mellom kolonnene er som følger:  $D=B+C+14$  der 14 er verdien for NN54 relativt MV i 1988 (dvs middelvann beregna over 19-års perioden 1979-1997).

Korreksjonskolonna er beregna ved å benytte at 1988 ligger midt i perioden for beregning av middelvann. Dermed settes korreksjonen til 0 for dette året, og så finner en korreksjonen for de andre årene ved å legge til/trekke fra 4 mm/år.

År	Maks. rel NN54	Korreksjon	Maks. rel. beregnet MV
A	B	C	D
1950	96	-15.2	95
1951	107	-14.8	106
1952	91	-14.4	91
1953	106	-14	106
1954	102	-13.6	102
1955	111	-13.2	112
1956	109	-12.8	110
1957	137	-12.4	139
1958	69	-12	71
1959	86	-11.6	88
1960	76	-11.2	79
1961	94	-10.8	97
1962	84	-10.4	88
1963	99	-10	103
1964	86	-9.6	90
1965	115	-9.2	120
1966	81	-8.8	86
1967	112	-8.4	118
1968	76	-8	82
1969	108	-7.6	114
1970	125	-7.2	132
1971	86	-6.8	93
1972	98	-6.4	106
1973	99	-6	107
1974	73	-5.6	81
1975	102	-5.2	111
1976	95	-4.8	104
1977	104	-4.4	114
1978	115	-4	125
1979	114	-3.6	124
1980		-3.2	
1981		-2.8	
1982		-2.4	
1983	110	-2	122
1984	118	-1.6	130
1985	123	-1.2	136

1986	94	-0.8	107
1987	174	-0.4	188
1988	84	0	98
1989	114	0.4	128
1990	145	0.8	160
1991	133	1.2	148
1992	101	1.6	117
1993	120	2	136
1994	108	2.4	124
1995	72	2.8	89
1996	90	3.2	107
1997	121	3.6	139
1998	89	4	107
1999	99	4.4	117





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