

## Beräkning av extremnivåer – höga havsvattenstånd





**Pärmbild**

Fotograf Maria Andersson, vy över Altarefjorden, Grebbestad.

**TITEL**

Metodbeskrivning: Beräkning av extremnivåer – höga havsvattenstånd

**FÖRFATTARE**

Andersson Maria, André Elin, Hieronymus Magnus, SMHI

**SMHI DIARIENUMMER**

2022/915/2.4

---

**VERSION 01 – 2023-02-06**

| <b>Version</b> | <b>Datum</b> |            | <b>Utförd av</b>          |
|----------------|--------------|------------|---------------------------|
| 01             | 2023-02-06   | Granskning | Kalén Ola, Jönsson Anette |





# Innehållsförteckning

|          |                                    |            |
|----------|------------------------------------|------------|
| <b>1</b> | <b>SAMMANFATTNING .....</b>        | <b>1</b>   |
| <b>2</b> | <b>INTRODUKTION.....</b>           | <b>2</b>   |
| <b>3</b> | <b>METODIK.....</b>                | <b>4</b>   |
| 3.1      | Underliggande data.....            | 4          |
| 3.2      | Extremvärdesanalys.....            | 6          |
| 3.3      | Osäkerheter .....                  | 9          |
| 3.4      | Schematisk metodbeskrivning.....   | 10         |
| <b>4</b> | <b>RESULTAT .....</b>              | <b>11</b>  |
| 4.1      | Kalix-Storön .....                 | 12         |
| 4.2      | Furuögrund .....                   | 16         |
| 4.3      | Ratan .....                        | 20         |
| 4.4      | Skagsudde och Skagsudde SjöV ..... | 24         |
| 4.5      | Draghällan och Spikarna.....       | 28         |
| 4.6      | Björn .....                        | 32         |
| 4.7      | Forsmark.....                      | 36         |
| 4.8      | Stockholm .....                    | 40         |
| 4.9      | Landsort och Landsort Norra.....   | 44         |
| 4.10     | Marviken och Arkö .....            | 48         |
| 4.11     | Visby .....                        | 52         |
| 4.12     | Ölands Norra Udde .....            | 56         |
| 4.13     | Oskarshamn.....                    | 60         |
| 4.14     | Kungsholmsfort .....               | 64         |
| 4.15     | Simrishamn.....                    | 68         |
| 4.16     | Ystad.....                         | 72         |
| 4.17     | Skanör .....                       | 76         |
| 4.18     | Klagshamn.....                     | 80         |
| 4.19     | Barsebäck.....                     | 84         |
| 4.20     | Viken.....                         | 88         |
| 4.21     | Varberg och Ringhals.....          | 92         |
| 4.22     | Göteborg-Torshamnen.....           | 96         |
| 4.23     | Stenungsund.....                   | 100        |
| 4.24     | Smögen .....                       | 104        |
| 4.25     | Kungsvik .....                     | 108        |
| <b>5</b> | <b>REFERENSER.....</b>             | <b>112</b> |



# 1 Sammanfattning

SMHI genomförde tillsammans med Boverket och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) en förstudie om högvattenhändelser i havet med mycket låg sannolikhet under 2021 och 2022. Syftet var att få en myndighetsgemensam behovsbild av extremnivåer för att i förlängningen kunna förmedla beslutsunderlag så att samhällsplanerare lättare ska kunna fatta bra beslut i ärenden där det finns risk för översvämningar från havet.

Inom förstudien intervjuades bland annat ett antal kustkommuner om deras behov av extremnivåer i sitt planeringsarbete. Webbtjänsten Högvattenhändelser idag och i framtiden tillsammans med denna rapport är ett steg på vägen för att möta identifierade användarbehov. Forsknings- och utvecklingsarbetet fortsätter även framöver för att kunna fylla på med mer information.

I föreliggande rapport presenteras den databearbetning och metodik som applicerats för att beräkna extremnivåer av höga havsvattenstånd för ett antal platser längs Sveriges kust. Beräkningarna baseras på data av uppmätt havsvattenstånd som finns fritt tillgänglig via SMHI:s öppna data.

Återkomstnivåer har beräknats utifrån två huvudsakliga urvalsmetoder, Blockmaximum-metoden och Peak Over Threshold-metoden. De två metoderna utgör två olika sätt att göra urvalet av höga vattenståndshändelser från dataunderlaget. Vid Blockmaximum-metoden har årshögsta observationer extraherats från dataunderlaget, medan vid Peak Over Threshold-metoden har istället oberoende händelser över en viss tröskelnivå extraherats från dataunderlaget.

I tillägg till de två olika urvalsmetoderna har olika fördelningsfunktioner anpassats till urvalet av höga vattenståndshändelser. I föreliggande rapport presenteras beräknade återkomstnivåer för tre olika fördelningsfunktioner, varav två har anpassats till höga vattenståndshändelser urvalda genom Blockmaximum-metoden och en som har anpassats till höga vattenståndshändelser urvalda genom Peak Over Threshold-metoden. Resultatet av beräkningarna presenteras i figurform av respektive fördelningsfunktionens passning till urvalet av höga vattenståndshändelser.

Vid fortsatta analyser, som exempelvis riskanalyser eller kostnadsnyttoanalyser, behöver ett val göras av vilka återkomstnivåer som ska användas. Därför presenteras även resultat från ett så kallat Goodness-of-fit-test, i detta fall Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest. Resultatet från Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest i kombination med respektive fördelningsfunktionens passning till urvalet kan vara till hjälp vid bedömning av vilken fördelningsfunktion som passar till dataurvalet för aktuell mätstation.

För varje plats redovisas tillgänglig dataperiod, år med otillräcklig datatäckning, antal höga vattenståndshändelser utifrån Blockmaximum-metoden respektive Peak Over Threshold-metoden, samt fördelnings-specifika parametrar.

## 2 Introduktion

Extrema höga havsvattenstånd förekommer längs hela Sveriges kustlinje, men magnituden av extremerna skiljer sig markant mellan olika platser. I samband med exempelvis en lågtryckspassage kan vindens styrka och riktning samt lufttrycket orsaka ett kraftigt förhöjt vattenstånd vilket kan leda till översvämningar vid kusten. Lågtryckspassager tenderar att följa särskilda banor och i anslutning till sådana stråk är stormdrivna, stora vattenståndsvariationer mer vanligt förekommande.

Kustlinjens utformning och havsbottens topografi gör att magnituden av de höga vattenstånden kan skilja sig åt även mellan geografiskt närliggande platser. På västkusten kan tidvatten bidra till att förvärra eller minska intensiteten av ett högvattenstånd, beroende på när i tidvattencykeln som högvattenståndet inträffar. I Östersjön kan snedställning av vattenytan eller tillfälliga, vinddrivna volymförändringar åstadkomma samma effekt. Se Johansson, Gyllenram & Nerheim (2018) och Schöld o.a. (2018) för en beskrivning av vattenståndsdynamiken längs Sveriges kust.

För att avgöra hur ny bebyggelse i kustnära områden kan utformas eller för att utreda skyddsbehov hos befintlig bebyggelse krävs dimensionerande underlag om havsvattenstånd. Syftet med ett sådant underlag är att skatta de vattennivåer som i genomsnitt överskrids en gång under en given tidsperiod. Nivån som överskrids kallas vanligen återkomstnivå och tidsperioden benämns vanligen återkomsttid eller återkomstperiod. Återkomsttid eller återkomstperiod är alltså ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Ett vattenstånd med en återkomsttid på exempelvis 100 år, dvs. en 100-årsnivå, överskrids i genomsnitt en gång under en period på 100 år.

Återkomsttiden eller återkomstperioden definieras som inversen av sannolikheten att en viss nivå överskrids under en given period. Under ett år har exempelvis en 10-årshändelse  $1/10 = 10\%$  sannolikhet att överträffas och en 100-årshändelse  $1/100 = 1\%$  sannolikhet att överträffas. Sannolikheten för varje år är oberoende av huruvida en sådan händelse överträffats under föregående år. Det är därför fullt möjligt att flera 100-årshändelser överträffas tätt i följd eller att ingen 10-årshändelse överträffas under decennium.

Sett över flera år i följd ackumuleras sannolikheten att en händelse ska överträffas. Den ackumulerade sannolikheten är av betydelse för konstruktioner med lång livslängd, eftersom de exponeras för att en händelse ska överträffas under hela livslängden. För en konstruktion med beräknad livslängd på 100 år blir den ackumulerade sannolikheten 63 % att en 100-årshändelse överträffas under konstruktionens livslängd, se Tabell 1. Det är alltså mer troligt att konstruktionen kommer att utsättas för en sådan händelse under sin beräknade livslängd på 100 år än att den inte gör det. En mer ovanlig händelse, såsom en 1000-års händelse, har en årlig sannolikhet på 0,1 % och den ackumulerade sannolikheten under 100 år är 10 %.

*Tabell 1. I tabellen visas sannolikheten att en händelse med en viss återkomsttid överskrids varje enskilt år samt den ackumulerade sannolikheten att en händelse överskrids minst en gång under en period av år.*

| Återkomst-tid (år) | Årlig sannolikhet (%) | Sannolikhet under 5 år (%) | Sannolikhet under 10 år (%) | Sannolikhet under 50 år (%) | Sannolikhet under 100 år (%) |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 5                  | 20                    | 67                         | 89                          | 99,9                        | 99,9                         |
| 10                 | 10                    | 41                         | 65                          | 99                          | 99,9                         |
| 50                 | 2                     | 10                         | 18                          | 64                          | 87                           |
| 100                | 1                     | 5                          | 10                          | 40                          | 63                           |
| 200                | 0,5                   | 2                          | 5                           | 22                          | 39                           |
| 1000               | 0,1                   | 0,5                        | 1                           | 5                           | 10                           |

Vattenstånd med en viss sannolikhet kan vara fördelaktigt att använda i fortsatta analyser, såsom i riskanalyser eller kostnadsnyttoanalyser. Vilken återkomsttid som är lämplig att använda beror på vad som planeras, objektets planerade livslängd, vilka konsekvenser ett överskridande av värdet får och vilken risk som bedöms vara acceptabel. Det måste avgöras från fall till fall och sammanvägas med de kostnader en högre säkerhetsmarginal innebär kontra de kostnader exempelvis en översvämning skulle kunna orsaka.

Skattningarna av återkomstvärden eller extremvärden baseras ofta på extremvärdesanalys, vilket är en gren inom statistisk probabilitetsteori där extrema värden antas följa en annan fördelning än resterande observationer (Coles, 2001). Genom extremvärdesanalysen kan man skatta återkomstnivåer för händelser med längre återkomsttid än mätseriens längd.

En begränsning vid beräkning av återkomstvärden utifrån statistisk analys av observationer är att endast händelser som har observerats under mätperioden påverkar de beräknade återkomstvärdena. Mätperioden för havsvattenstånd längs Sveriges kust är i bästa fall runt 100 år lång. Sannolikheten att en avvikande tusenårshändelse inte har inträffat under en 100-årsperiod är hela 90 %. Med avvikande händelse avses en händelse som inte skulle passa till den eller de fördelningsfunktioner som passar till de hittills observerade händelserna. Att beräkna återkomstvärden med mycket låg sannolikhet, dvs. långa återkomsttider, medför därför stora osäkerheter och kan i vissa fall vara direkt missvisande.

## 3 Metodik

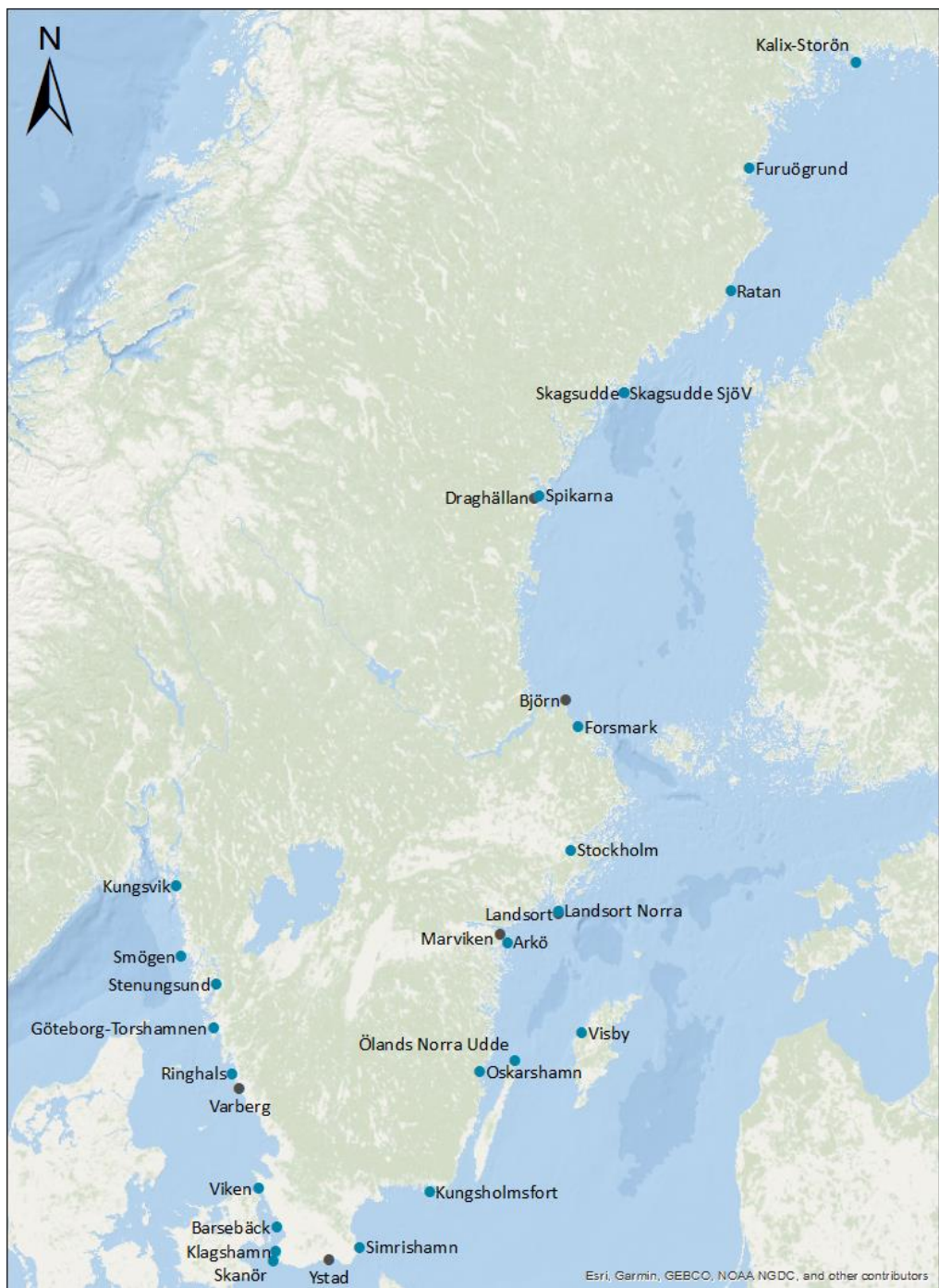
### 3.1 Underliggande data

Beräknade återkomstnivåer baseras på mätningar av havsvattenstånd som finns fritt tillgängliga på SMHI:s hemsida (SMHI, u.d.). Totalt har data från 30 mätstationer inkluderats i beräkningarna. De mätstationer som inkluderas listas i Tabell 2 och visas i karta i Figur 1. Data hämtades som timvärden i höjdsystemet RH 2000 den 13 september 2022.

Tabell 2. Mätstationer som använts i analysen, stationsnamn, nummer, position samt mätstart (avseende timvärden) och eventuellt avslut på mätningar. Mätningar vid Skagsudde SjöV med stationsnummer 35138 utförs av Sjöfartsverket.

| Stations-namn                    | Stations-nummer | Latitud WGS84 | Longitud WGS84 | Start (timvärden) | Slut |
|----------------------------------|-----------------|---------------|----------------|-------------------|------|
| Kalix-Storön                     | 2157            | 65,6970       | 23,0962        | 1974              | Pågå |
| Furuögrund                       | 2055            | 64,9157       | 21,2306        | 1916              | Pågå |
| Ratan                            | 2056            | 63,9861       | 20,8950        | 1891              | Pågå |
| Skagsudde                        | 2321            | 63,1905       | 19,0124        | 1982              | 2018 |
| Skagsudde SjöV                   | 35138           | 63,1906       | 19,0119        | 2009              | Pågå |
| Spikarna                         | 2061            | 62,3632       | 17,5312        | 1968              | Pågå |
| Draghällan                       | 2062            | 62,3398       | 17,4391        | 1897              | 1969 |
| Björn                            | 2067            | 60,6385       | 17,9868        | 1891              | 1978 |
| Forsmark                         | 2179            | 60,4085       | 18,2109        | 1975              | Pågå |
| Stockholm                        | 2069            | 59,3243       | 18,0818        | 1889              | Pågå |
| Landsort Norra                   | 2507            | 58,7688       | 17,8589        | 2004              | Pågå |
| Landsort                         | 2073            | 58,7425       | 17,8652        | 1886              | 2006 |
| Marviken                         | 2076            | 58,5537       | 16,8371        | 1964              | 2019 |
| Arkö                             | 2545            | 58,4843       | 16,9607        | 2014              | Pågå |
| Visby                            | 2080            | 57,6393       | 18,2845        | 1960              | Pågå |
| Ölands Norra Udde                | 2083            | 57,3662       | 17,0971        | 1961              | Pågå |
| Oskarshamn                       | 2085            | 57,2749       | 16,4779        | 1960              | Pågå |
| Kungsholmsfort                   | 2088            | 56,1052       | 15,5893        | 1886              | Pågå |
| Simrishamn                       | 2320            | 55,5576       | 14,3577        | 1982              | Pågå |
| Ystad                            | 2093            | 55,4271       | 13,8258        | 1886              | 1987 |
| Skanör                           | 30488           | 55,4168       | 12,8296        | 1992              | Pågå |
| Klagshamn                        | 2095            | 55,5223       | 12,8936        | 1929              | Pågå |
| Barsebäck                        | 2099            | 55,7565       | 12,9034        | 1982              | Pågå |
| Viken                            | 2228            | 56,1421       | 12,5793        | 1976              | Pågå |
| Varberg                          | 2104            | 57,1082       | 12,2250        | 1886              | 1982 |
| Ringhals                         | 2105            | 57,2498       | 12,1126        | 1967              | Pågå |
| Göteborg-Torshammen <sup>1</sup> | 2109            | 57,6846       | 11,7907        | 1967              | 2023 |
| Stenungsund                      | 2110            | 58,0933       | 11,8325        | 1962              | Pågå |
| Smögen                           | 2111            | 58,3537       | 11,2178        | 1910              | Pågå |
| Kungsvik                         | 2130            | 58,9966       | 11,1274        | 1973              | Pågå |

<sup>1</sup> Ersatt av stationen Göteborg-Krossholmen (stationsnummer 33089), i drift sedan augusti 2021.



*Figur 1. Karta över de vattenståndsstationer som använts i analysen. Stationer som är i drift visas i blått och stationer som ej längre är i drift visas i grått.*

### 3.1.1 Linjär avtrendning

För att ta bort långsiktiga trender i vattenståndsserien, såsom landhöjning eller havsnivåhöjning, har varje mätserie avtrendats linjärt. En linjärt avtrendad vattenståndsserie innehåller alltså inte någon land- eller havsnivåhöjning och medför att låg- och högvattenhändelser är jämförbara över tid.

### 3.1.2 Sammanslagning av mätserier

Vid extremvärdesanalys är det en fördel att ha långa mätserier. För vissa stationer är det möjligt att förlänga mätserien genom att komplettera med mätdata från andra mätstationer.

Kompletterande data måste vara representativ för vattenståndsvariabiliteten på platsen, exempelvis genom att stationerna är geografiskt närliggande och har liknande oceanografiska förhållanden. I Södling & Nerheim (2018) slås mätserier från följande stationer samman:

- Draghällan och Spikarna
- Landsort och Landsort Norra
- Varberg och Ringhals

I tillägg till dessa görs, i föreliggande utredning, även sammanslagningar för följande stationer:

- Skagsudde och Skagsudde SjöV
- Marviken och Arkö

Samtliga stationerna har överlappande perioder av observationsdata vilket gör det möjligt att utvärdera lämpligheten i sammanslagningen. För den perioden då data finns tillgängligt för båda stationerna för respektive stationspar prioriteras observationer från Spikarna, Landsort, Varberg, Skagsudde respektive Marviken i första hand. Linjär avtrendning av dessa mätserier utfördes efter sammanslagning.

### 3.1.3 Datatäckning

En del mätstationer har perioder där det saknas data. Om en stor del av data saknas under det stormigare vinterhalvåret kan högvattenstånd förekomma utan att det registrerats i mätserien. Vid urval av höga vattenstånd från en mätserie under år med låg datatäckning kan en oönskad snedvridning av data mot lägre värden fås. Av den anledningen används kriteriet att det ska vara minst 80 % datatäckning från september till april varje brutet år (juli till juni) för att inkluderas i analysen. För samtliga pågående mätserier omfattar analysen observationer till och med 30 juni 2022.

## 3.2 Extremvärdesanalys

Det existerar ett antal olika metoder som alla syftar till att estimerar vattenståndsnivåer kopplade till givna sannolikheter. Dock saknas konsensus kring vilken eller vilka metoder som är att föredra. Metodvalet är av stor betydelse för utfallet vid riskanalyser eftersom skattade återkomstnivåer kan skilja sig väsentligt beroende på vilken analysmetod som appliceras samt på de val som görs i analyskedjan (Arns, Wahl, Haigh, Jensen, & Pattiaratchi, 2013).

Återkomstnivåerna som presenteras på SMHI:s hemsida baseras på två huvudsakliga metoder, vilka är följande:

- Blockmaximum
- Peak Over Threshold

De två metoderna utgör två olika sätt att göra urval av höga vattenståndshändelser från dataunderlaget. I tillägg till de två olika urvalsmetoderna har olika fördelningsfunktioner anpassats till urvalet av högvattenhändelser. I denna rapport presenteras skattningar för tre olika fördelningsfunktioner, varav två har anpassats till händelser urvalda genom Blockmaximum-metoden och en som har anpassats till händelser urvalda genom Peak Over Threshold-metoden.



### 3.2.1 Blockmaximum-metoden

I Blockmaximum-metoden delas data upp i lika stora tidsblock varefter händelser extraheras som maximum inom respektive block. En vanlig uppdelning är att dela in data i block om ett år och händelserna består då av årsmaxima. Det är viktigt att händelserna är sinsemellan oberoende. För att undvika att två maximum inträffar tätt i följd men på var sida av årsskiftet används ofta uppdelningen brutet år (juli till juni) istället för kalenderår. Högvattenhändelser inträffar sällan under sommaren vilket minskar risken att två sinsemellan beroende årsmax extraheras.

Två olika fördelningsfunktioner, Generalized Extreme Value (GEV) och Lognormal, har därefter anpassats till urvalet av högvattenhändelser. Parametrarna för respektive fördelning har skattats med Maximum likelihood-metoden. Maximum likelihood-metoden är en generell och flexibel metod för att estimerade de okända parametrarna för en fördelning (Coles, 2001). Andra vanliga metoder för att estimerade fördelningens parametrar är momentmetoden och L-momentmetoden. Även om resultaten är känsliga för vald parameterskattningsmetod är påverkan typiskt sett mindre jämfört med val av avtrendningsmetod, val av olika trösklar eller val av fördelningsfunktion (Arns, Wahl, Haigh, Jensen, & Pattiaratchi, 2013).

Om urvalet från dataunderlaget görs på ett sådant sätt att händelserna är oberoende och likafördelade så kan de endast konvergera till en av tre möjliga fördelningar, Gumbel-, Fréchet- eller Weibull-fördelningen, enligt Fisher-Tippet-Gnedenko satsen (Coles, 2001). GEV-fördelningen grupperar Gumbel-, Fréchet- och Weibull-fördelningarna till en enda fördelning. Om GEV-fördelningens så kallade formparameter ( $\xi$ ) är  $< 0$  är fördelningen ekvivalent med en Weibull-fördelning, om  $\xi > 0$  är fördelningen ekvivalent med en Fréchet-fördelning och när formparameteren närmar sig 0 blir det en Gumbel-fördelning. Vidare, om  $\xi < 0$  har fördelningen en övre gräns, och om  $\xi > 0$  har fördelningen ingen övre gräns.

### 3.2.2 Peak Over Threshold-metoden

Högvattenstånd inträffar inte med regelbundna intervall och därför kan Blockmaximum-metoden både leda till att extrema värden exkluderas (om flera oberoende extremer inträffar inom blocket) och att ordinära vattenstånd inkluderas (om inget högvattenstånd inträffat inom blocket). Peak Over Threshold-metoden (POT) bygger istället på att alla oberoende händelser över en given tröskelnivå definieras som extremvärden. För att säkerställa att extremvärdena är sinsemellan oberoende och inte tillhör samma högvattenhändelse sätts ett kriterium om att en viss tid måste förflyta mellan olika överskridanden. Valet av tidsfönstret mellan händelser är subjektivt och görs på många olika sätt (Arns, Wahl, Haigh, Jensen, & Pattiaratchi, 2013). Här används kriteriet att extremvärden ska ha en tidlig separation om minst fem dagar för att två överskridanden i följd ska definieras som separata extremvärden.

Fördelningen som extremvärdena följer är känslig för valet av tröskel. Väljs en för låg tröskel så inkluderas inte enbart extremerna i dataunderlaget, och väljs en för hög tröskel inkluderas för få händelser för att göra passningen robust. Många olika metoder existerar för att finna den optimala tröskeln. Vid manuell bestämning av tröskeln måste anpassningen göras för varje station och valet av tröskel blir subjektivt. Automatisering av urvalet kan istället åstadkommas genom att låta tröskeln motsvara en percentil av dataunderlaget. På så sätt blir antalet extremer beroende av längden på mätserien, vilket minskar risken att tröskeln sätts för högt eller för lågt. Det har visats att en tröskel motsvarande 99,7:e percentilen ger stabila resultat för återkomstnivåer (Arns, Wahl, Haigh, Jensen, & Pattiaratchi, 2013). Därför används 99,7:e percentilen som tröskel i denna analys.

Om tröskelnivån väljs på ett sådant sätt att händelserna är oberoende och likafördelade så kommer de att följa en Generalized Pareto fördelning (GPD), (Pickands III, 1975). Denna fördelning kan sägas vara skraddarsydd för Peak Over Threshold-metoden. Därför har fördelningsfunktionen Generalized Pareto anpassats till de extremvärden som extraherats utifrån Peak Over Threshold-metoden. Parametrarna för denna fördelning har skattats med Maximum likelihood-metoden.

### 3.2.3 Bootstrapping – mått på osäkerhet

För att få skattningar av sammanfattande statistik av respektive fördelningsfunktion och station har en återsamplingsteknik kallad bootstrapping använts. Bootstrapping ger ett mått på osäkerheten i beräkningen, i detta fall passningen av sannolikhetsfördelningen till urvalet av extremvärden. Osäkerheten kan exempelvis beskrivas i form av ett konfidensintervall, varians eller prediktionsfel till varje beräkning. Extremvärdesanalysen, inklusive bootstrapping, har utförts på följande vis:

1. En sannolikhetsfördelning, exempelvis fördelningen Generalized Extreme Value, anpassas till urvalet av extremvärden.
2. Ett antal slumpmässiga dragningar av extremvärden från den aktuella anpassade sannolikhetsfördelningen utförs och ett stickprov fås. I föreliggande studie har 10 000 bootstrap-stickprov gjorts, där varje stickprov består av  $X$  antal slumpmässiga dragningar.  $X$  är antalet extremvärden som extraherats från dataunderlaget.
3. Den aktuella sannolikhetsfördelningen anpassas på nytt till de slumpmässigt genererade extremvärdena, dragna från samma fördelning. Anpassningen görs för varje bootstrap-stickprov, dvs 10 000 gånger.
4. Återkomstnivåer och konfidensintervall har, i denna studie, beräknats utifrån medelvärde respektive 5- och 95-percentiler av de 10 000 anpassade fördelningsfunktionerna. 5- och 95-percentilerna ger ett konfidensintervall på 90 %.

### 3.2.4 Sannolikhetsfördelning

Det finns ett flertal sannolikhetsfördelningar som är vanligt förekommande i extremvärdesanalys inom vetenskaplig litteratur. Extremvärdessatsen ger stöd åt Generalized Extreme Value, GEV, (Coles, 2001) men även andra fördelningar kan vara aktuella. Det är viktigt att verifiera att den valda sannolikhetsfördelningen passar till underliggande data. För att avgöra detta kan ett så kallat goodness-of-fit-test utföras, till exempel Kolmogorov-Smirnov, som ger ett numeriskt mått på hur väl sannolikhetsfördelningen passar till data. Om testet underkänner fördelningen bör den inte användas i analysen. Ofta kan flera fördelningar passa till samma data enligt testet men ge olika återkomstnivåer.

I denna analys har tre sannolikhetsfördelningar använts: Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto. Fördelningarna Generalized Extreme Value och Lognormal har använts vid urvalsmetoden Blockmaximum och fördelningen Generalized Pareto har använts vid urvalsmetoden Peak Over Threshold. Det finns andra fördelningar som kan användas men det har inte gjorts inom ramen för detta projekt.

Utöver en bra statistisk anpassning till dataunderlaget är det också viktigt att extrapolera på ett rimligt sätt för långa återkomsttider. Statistiska tester kan endast avgöra hur bra fördelningen förklarar underliggande data, men beskriver inte hur rimligt fördelningen beter sig långt bortom dataunderlaget. I vissa fall går det att förkasta vissa modeller med hjälp av förståelse för den parameter som analyseras (Södling & Nerheim, 2018).

### 3.2.5 Goodness-of-fit

För att avgöra om en viss teoretisk sannolikhetsfördelning passar det dataunderlag som används kan ett så kallat Goodness-of-fit test tillämpas. I föreliggande rapport har Kolmogorov-Smirnovs (KS) anpassningstest använts (Marsaglia, Tsang, & Wang, 2003). Detta kan avgöra, med en viss statistisk signifikans, om dataunderlaget passar till en viss sannolikhetsfördelning eller ej.

KS-testet ger ett värde mellan 0 och 1, och kan, lite grovt, tolkas som sannolikheten att data inte kommer från fördelningen som används. Ett värde på 0 betyder perfekt anpassning och ett värde på 1 betyder att dataunderlaget inte alls passar till fördelningen. Måttet kan tolkas som sannolikheten att data inte följer fördelningen. Så om KS-värdet är 0,4 så är det 40 % sannolikhet att data inte följer fördelningen. För att inte fatta ett felaktigt beslut så brukar man

vilja ha relativt hög säkerhet innan man säger att fördelningen inte passar till data. En vanlig ”tumregel” är att man vill vara 95 % säker på det man säger, vilket motsvarar att KS-värdet måste vara  $\geq 0,95$  för att vi ska kunna säga att data inte passar till fördelningen.

Notera att konfidensnivån som väljs är en avvägning mellan risken att få falskt negativt respektive falskt positivt resultat. Med en väldigt hög signifikansnivå, till exempel att KS-värdet måste vara större än 0,999, så krävs en väldigt hög säkerhet på att data inte följer fördelningen. Konsekvensen kan då bli att fördelningen inte passar till data, men att anpassningen inte är ”tillräckligt” dålig för att fördelningen ska förkastas. Samtidigt vill vi heller inte ha för lågt värde, eftersom då ökar risken för att anpassningar accepteras men som i själva verket inte är särskilt bra (Södling & Nerheim, 2018).

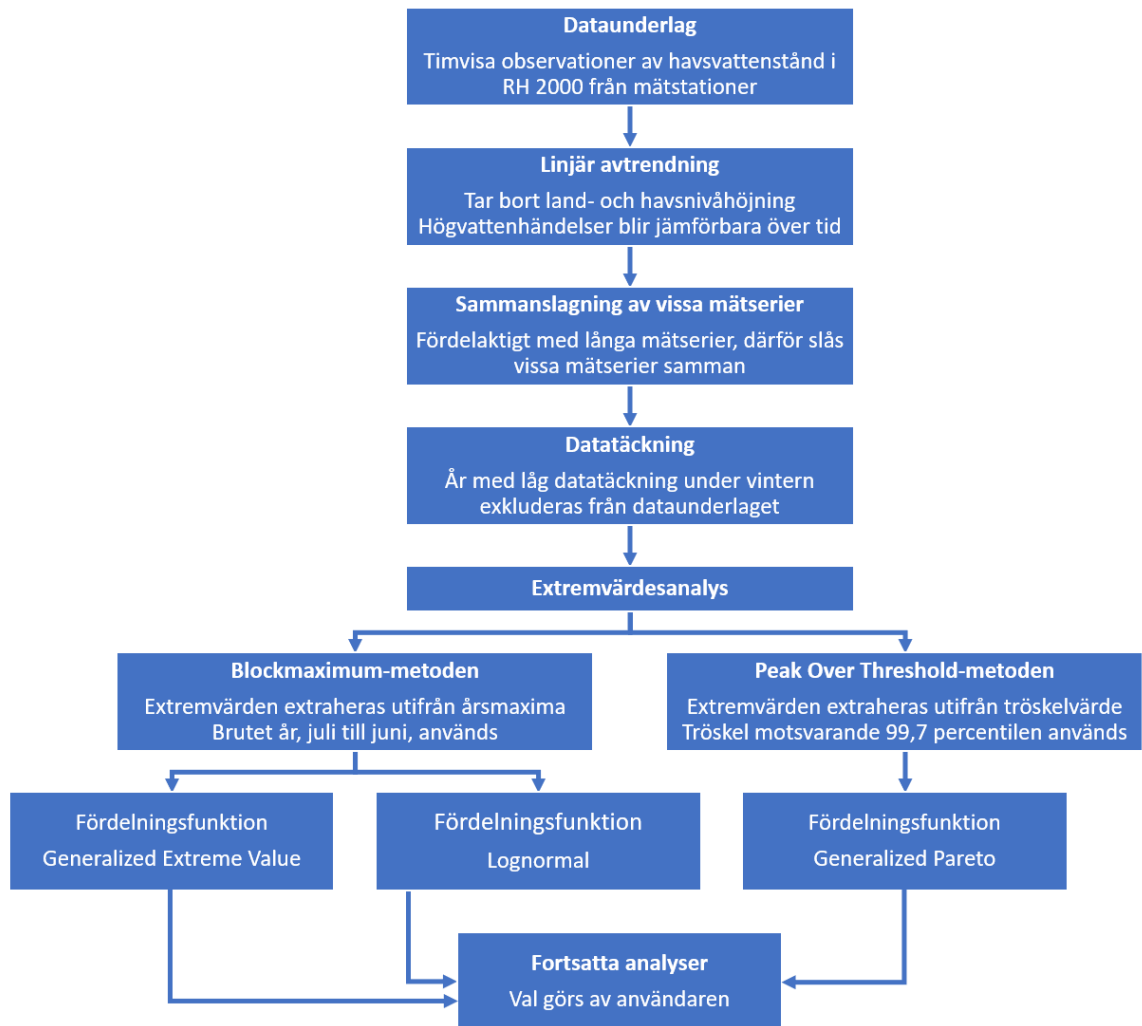
KS-testet tittar på största avvikelserna mellan dataunderlagets empiriska fördelningsfunktion, och fördelningsfunktionen för den teoretiska fördelning man vill se om data passar till. Anpassningsmått, så som KS-testet, används för att kunna avgöra om den fördelning som används passar till dataunderlaget. Om testet underkänner anpassningen bör inte fördelningen användas. Om KS-testet inte är uppfyllt är det sannolikt att dataunderlaget inte ger ett tillräckligt bra urval för en statistisk bearbetning.

### 3.3 Osäkerheter

Beräkningarna som ligger till grund för återkomstnivåer är behäftade med osäkerheter. För det första är återkomstnivåerna beroende av det dataunderlag som används. Dataunderlaget som återkomstnivåer skattas ifrån är begränsat till de perioder då det finns systematiska och tillförlitliga observationer. På ett fåtal platser längs Sveriges kust påbörjades timvis registrering av havsvattenstånd i slutet av 1800-talet och början av 1900-talet. Nya mätstationer har sedan tillkommit över tid, vilket gör att dataunderlaget från vissa stationer endast täcker ett fåtal decennier. Extremvärden i dataunderlaget kan vara under- eller överrepresenterade, exempelvis genom att mätserien huvudsakligen representerar en period då det förekommit färre eller fler extremer än normalt. Extremer som förekommit under perioder då mätstationen varit ur funktion gör också att variabiliteten riskerar att underskattas.

### 3.4 Schematisk metodbeskrivning

I illustrationen nedan visas en schematisk metodbeskrivning.



## 4 Resultat

Beräknade återkomstnivåer för respektive station redovisas i följande avsnitt utifrån de olika urvalsmetoderna samt fördelningsfunktioner som valts. Återkomstnivåer visas i cm relativt medelvattenståndet i figurform för respektive urvalsmetod och fördelningsfunktion. För varje fördelningsfunktion anges dess parametrar i en tabell. Att återkomstnivåerna visas relativt medelvattenståndet beror på att de underliggande mätserierna har avtrendats.

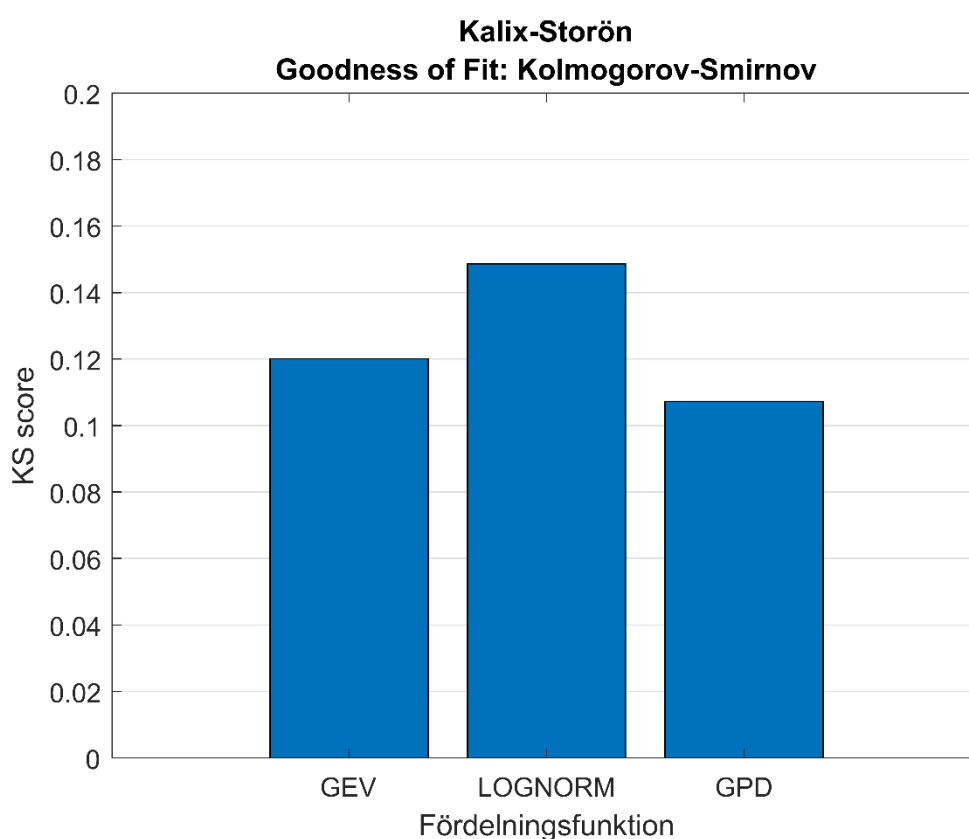
I tillägg till fördelningsfunktionernas passning till urvalet av extremvärden visas resultat från Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest i ett stapeldiagram. Kolmogorov-Smirnov-testet ger ett värde mellan 0 och 1, där ett värde på 0 betyder perfekt anpassning och ett värde på 1 betyder att dataunderlaget inte alls passar till fördelningen. Måttet kan tolkas som sannolikheten att data inte följer fördelningen och kan användas för att utesluta en viss fördelning. Resultat från Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest i kombination med fördelningsfunktionernas passning kan vara till hjälp vid val av beräknade återkomstnivåer, dvs. vid bedömning av vilken fördelningsfunktion som passar till dataunderlaget från aktuell mätstation.

Resultaten redovisas i geografisk ordning från Kalix-Storön i nordost, vidare söderut längs ostkusten och därefter norrut längs västkusten till Kungsvik i närheten av Strömstad, se Figur 1.

## 4.1 Kalix-Storön

Tabell 3. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Kalix-Storön.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1974-08-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | -                          |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 48                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 88                         |

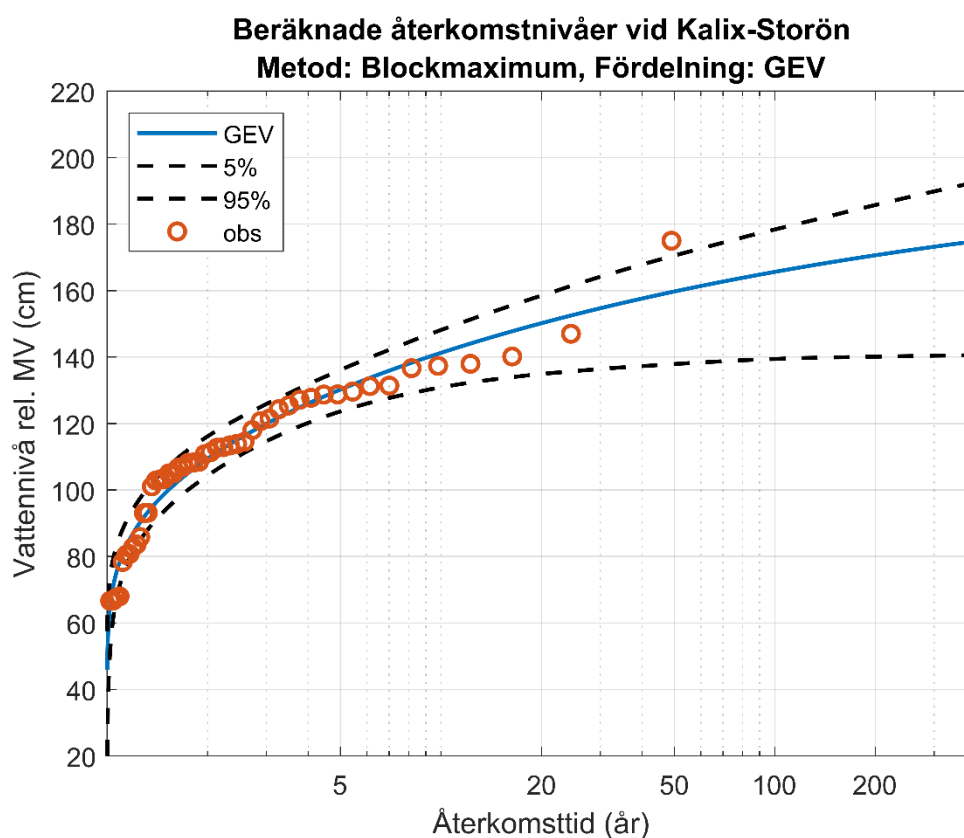


Figur 2. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Kalix-Storön. Ett värde på 0 betyder perfekt anpassning och ett värde på 1 betyder att dataunderlaget inte alls passar till fördelningen.

### 4.1.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 4. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kalix-Storön.

| Fördelningsparametrar |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| Formparameter         | -0,233<br>(-0,370 till -0,095)   |
| Skalparameter         | 22,735<br>(18,426 till 28,052)   |
| Positionparameter     | 101,436<br>(94,448 till 108,423) |

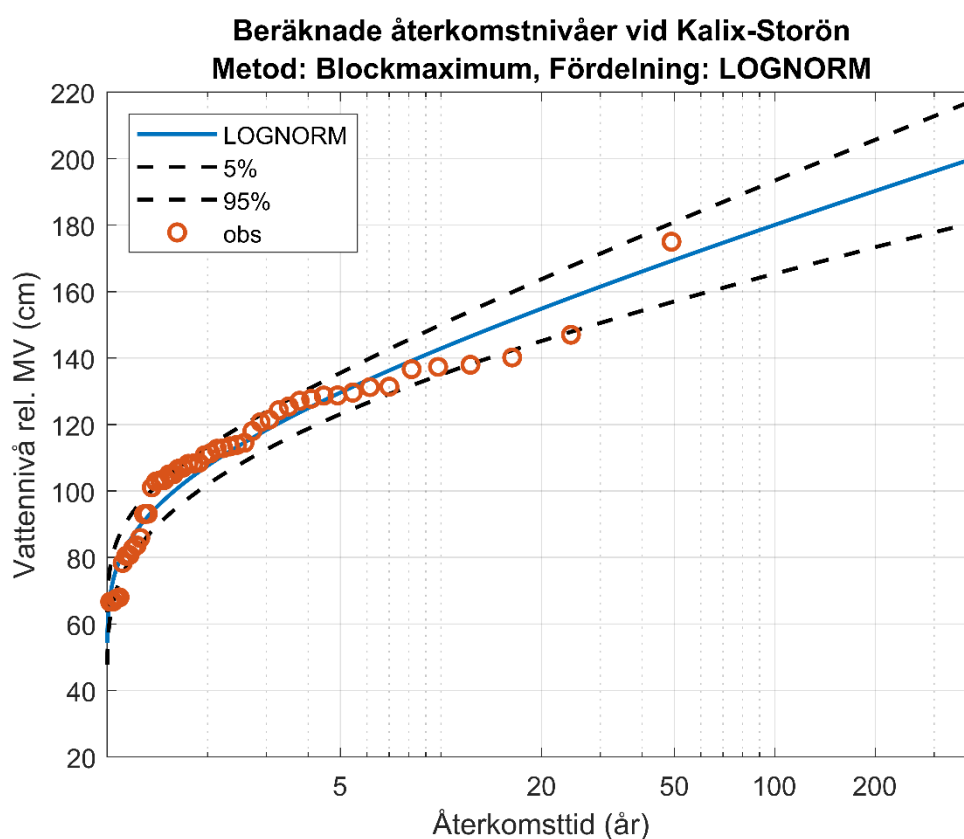


Figur 3. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Kalix-Storön. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.1.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 5. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kalix-Storön.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,678<br>(4,614 till 4,743) |
| Log-Skalparameter      | 0,221<br>(0,184 till 0,277) |



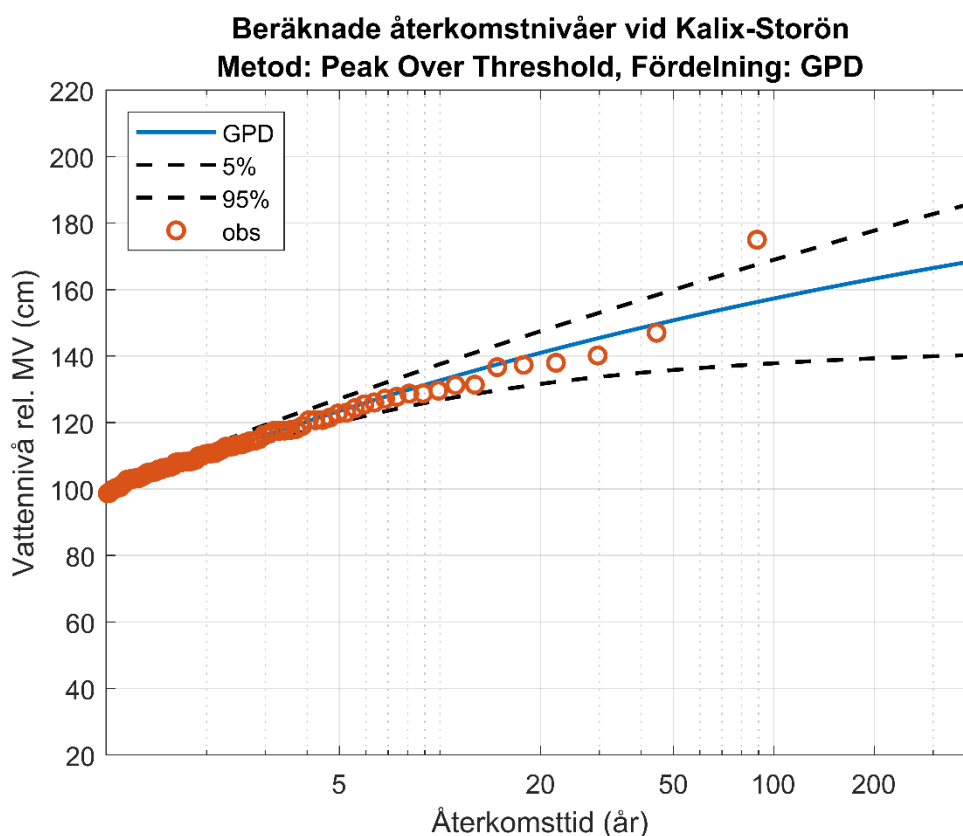
Figur 4. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Kalix-Storön. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.1.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 6. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kalix-Storön.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,144<br>(-0,283 till -0,006) |
| Skalparameter         | 17,547<br>(13,681 till 22,506) |
| Tröskelvärde (cm)     | 98                             |

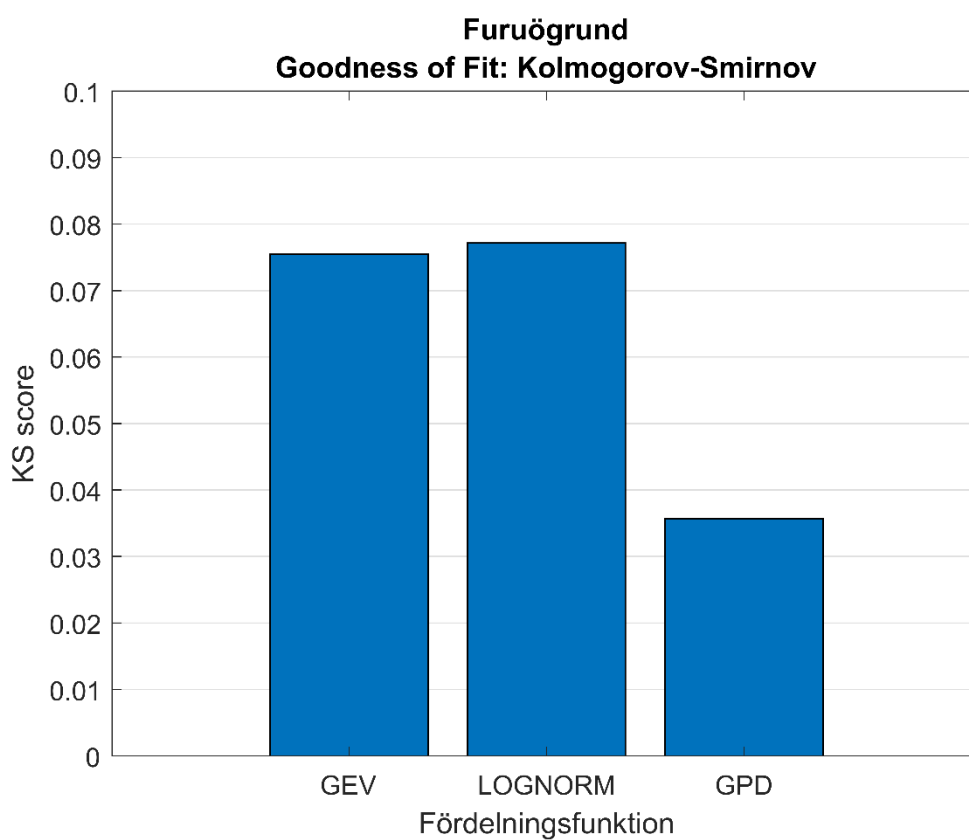


Figur 5. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Kalix-Storön. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.2 Furuögrund

Tabell 7. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Furuögrund.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1916-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1915-1916                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 106                        |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 134                        |

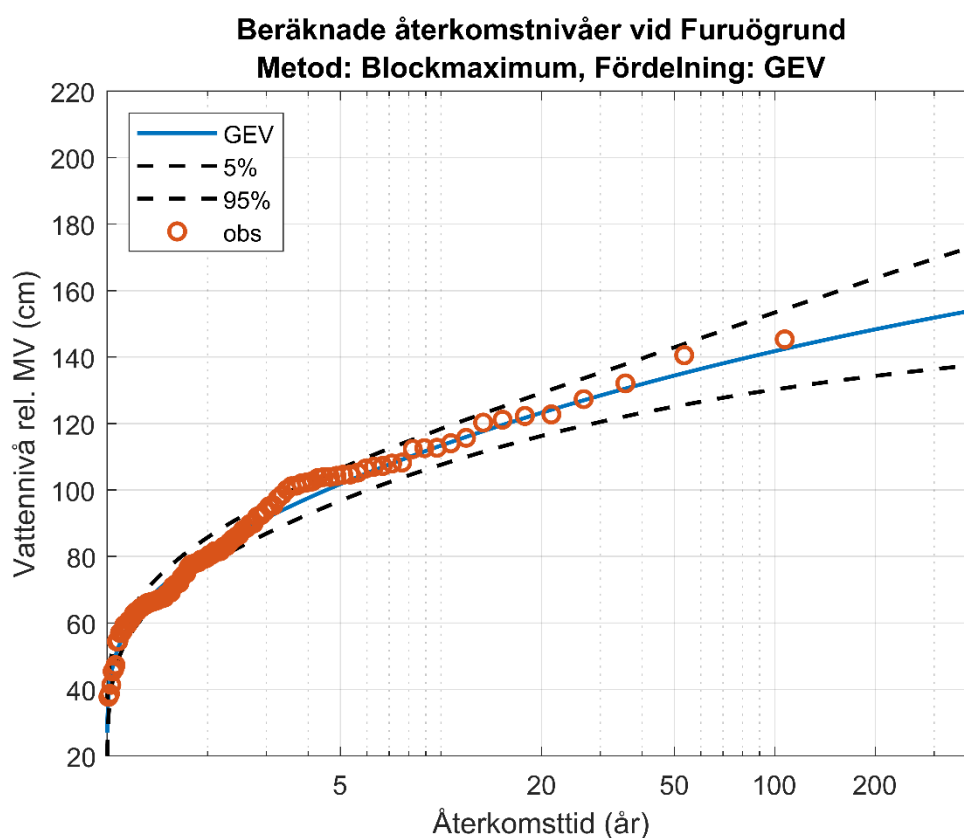


Figur 6. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Furuögrund.

## 4.2.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 8. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Furuögrund.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,160<br>(-0,304 till -0,016) |
| Skalparameter         | 20,797<br>(17,838 till 24,248) |
| Positionsparameter    | 74,067<br>(69,606 till 78,528) |

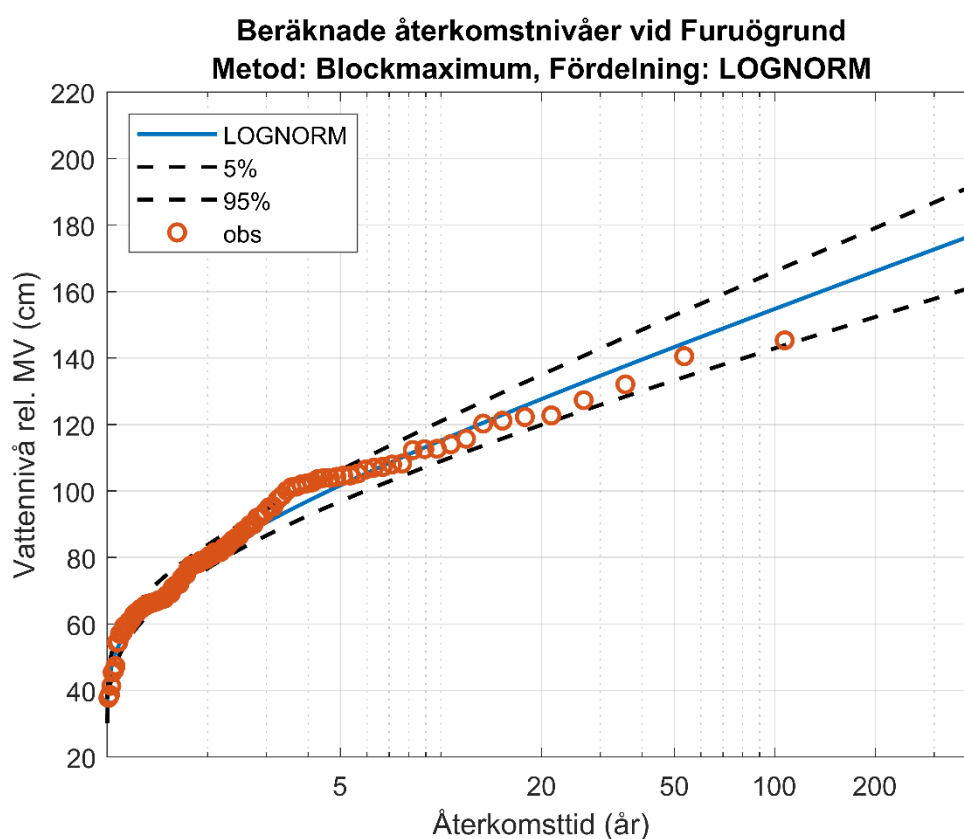


Figur 7. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Furuögrund. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximumvärden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.2.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 9. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Furuögrund.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,384<br>(4,330 till 4,439) |
| Log-Skalparameter      | 0,283<br>(0,249 till 0,327) |

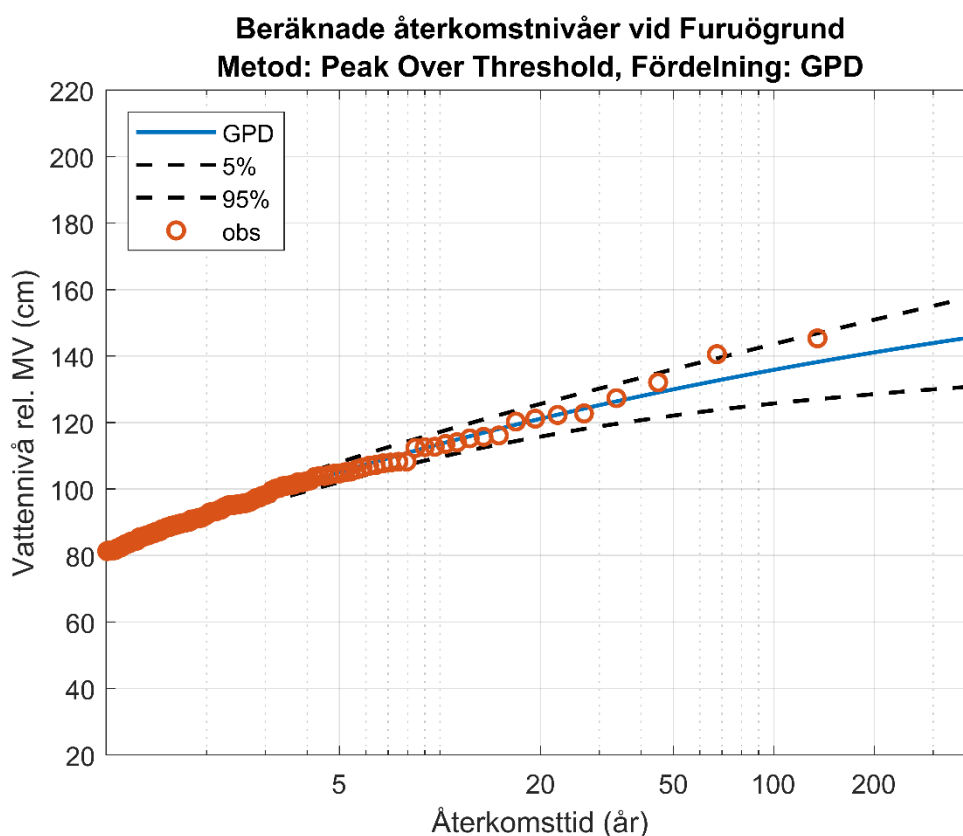


Figur 8. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Furuögrund. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.2.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 10. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Furuögrund.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,162<br>(-0,307 till -0,016) |
| Skalparameter         | 16,856<br>(13,504 till 21,040) |
| Tröskelvärde (cm)     | 81                             |

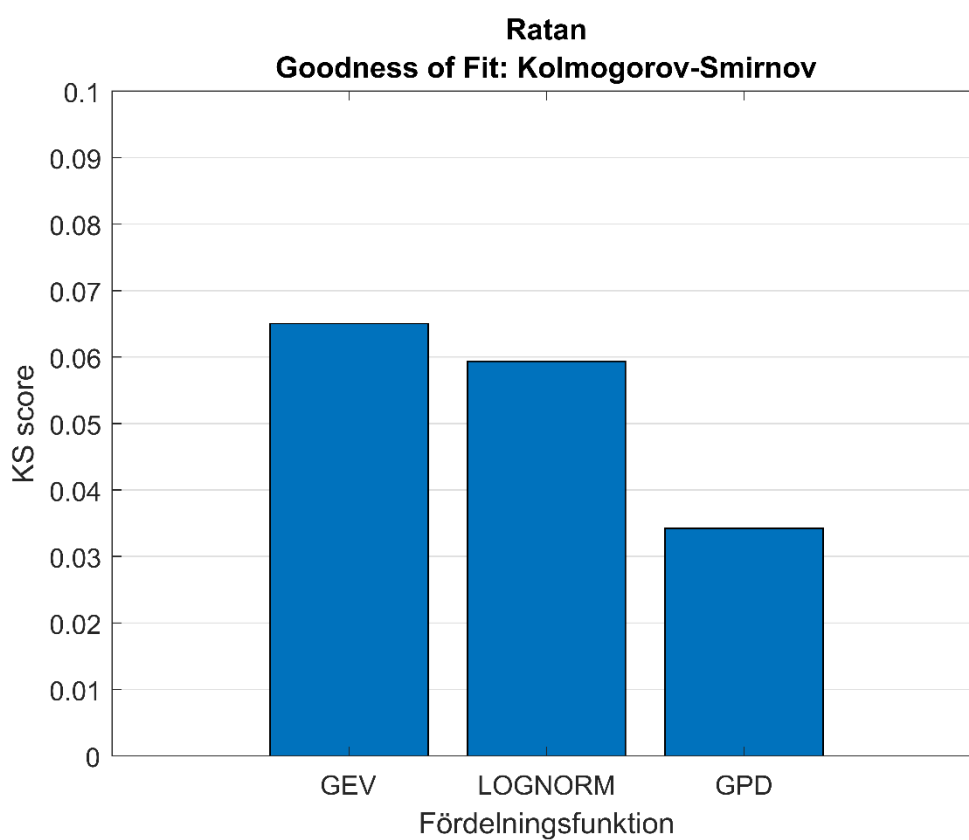


Figur 9. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Furuögrund. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.3 Ratan

Tabell 11. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Ratan.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1892-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1891-1892                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 130                        |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 179                        |

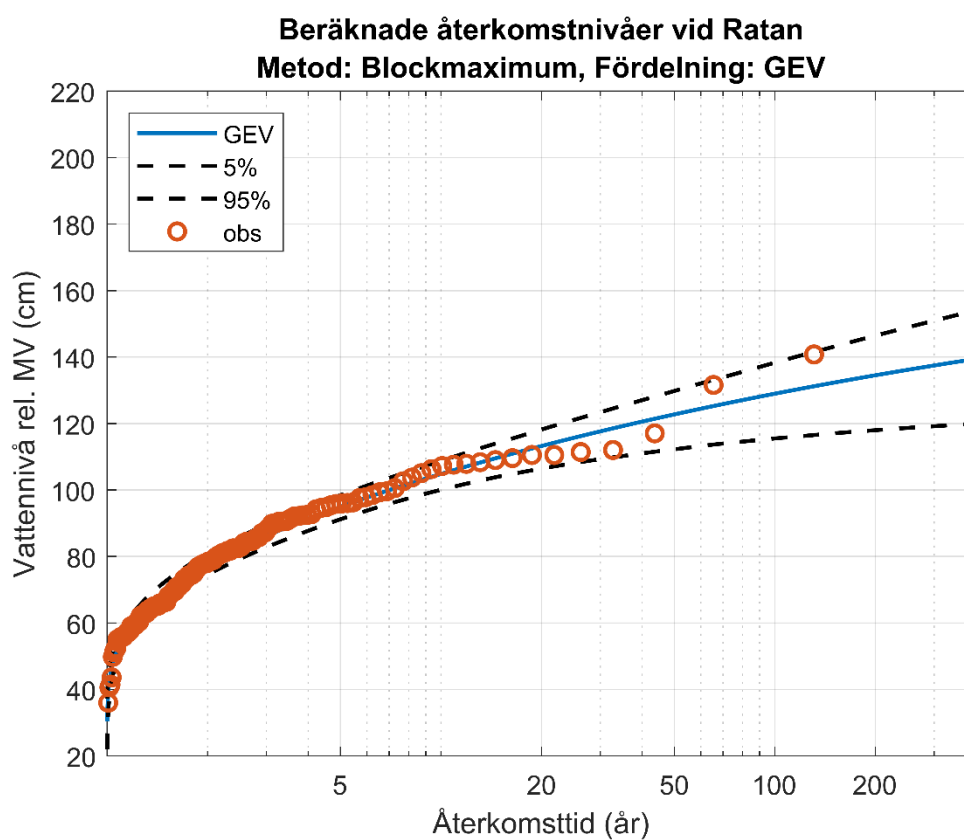


Figur 10. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Ratan.

### 4.3.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 12. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ratan.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,164<br>(-0,273 till -0,055) |
| Skalparameter         | 17,896<br>(15,647 till 20,468) |
| Positionparameter     | 71,141<br>(67,736 till 74,547) |

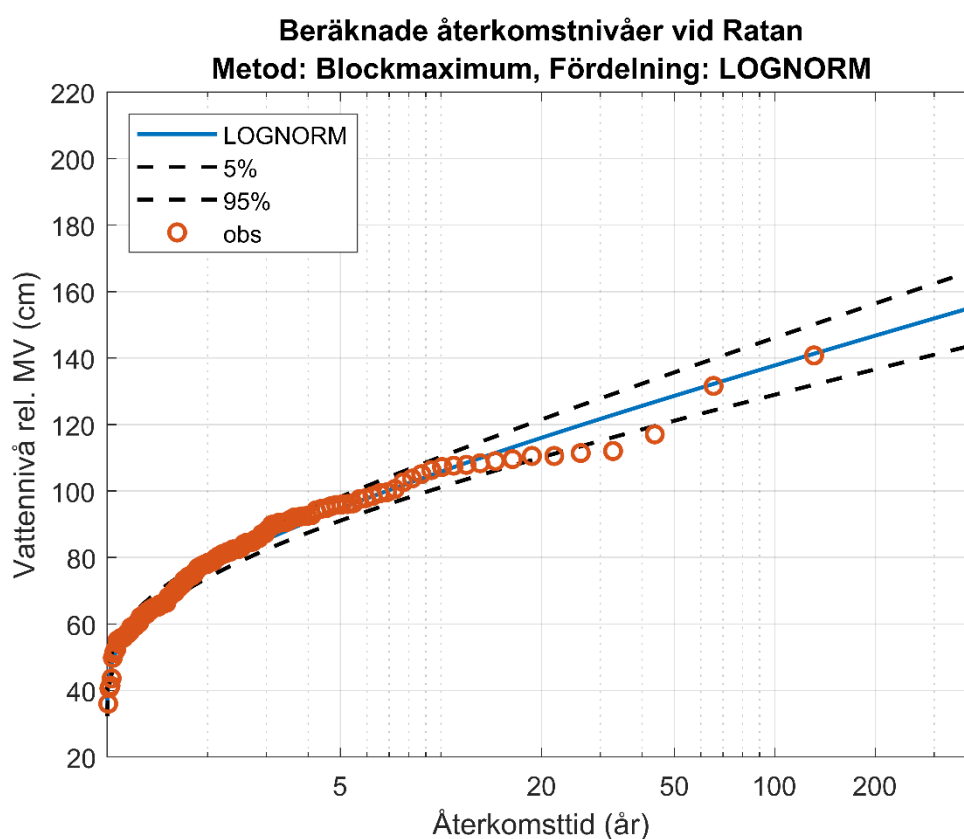


Figur 11. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Ratan. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.3.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 13. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ratan.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,338<br>(4,295 till 4,382) |
| Log-Skalparameter      | 0,253<br>(0,225 till 0,288) |



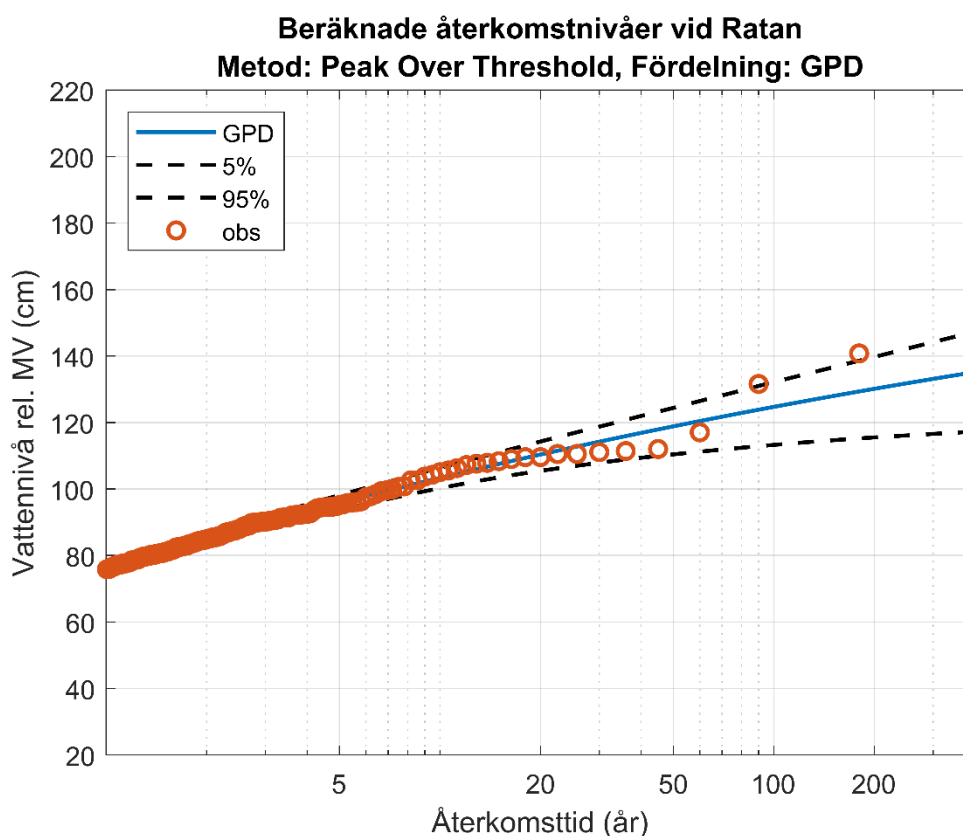
Figur 12. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Ratan. De röda cirkarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.3.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 14. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ratan.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,111<br>(-0,233 till 0,011)  |
| Skalparameter         | 13,558<br>(11,210 till 16,397) |
| Tröskelvärde (cm)     | 76                             |

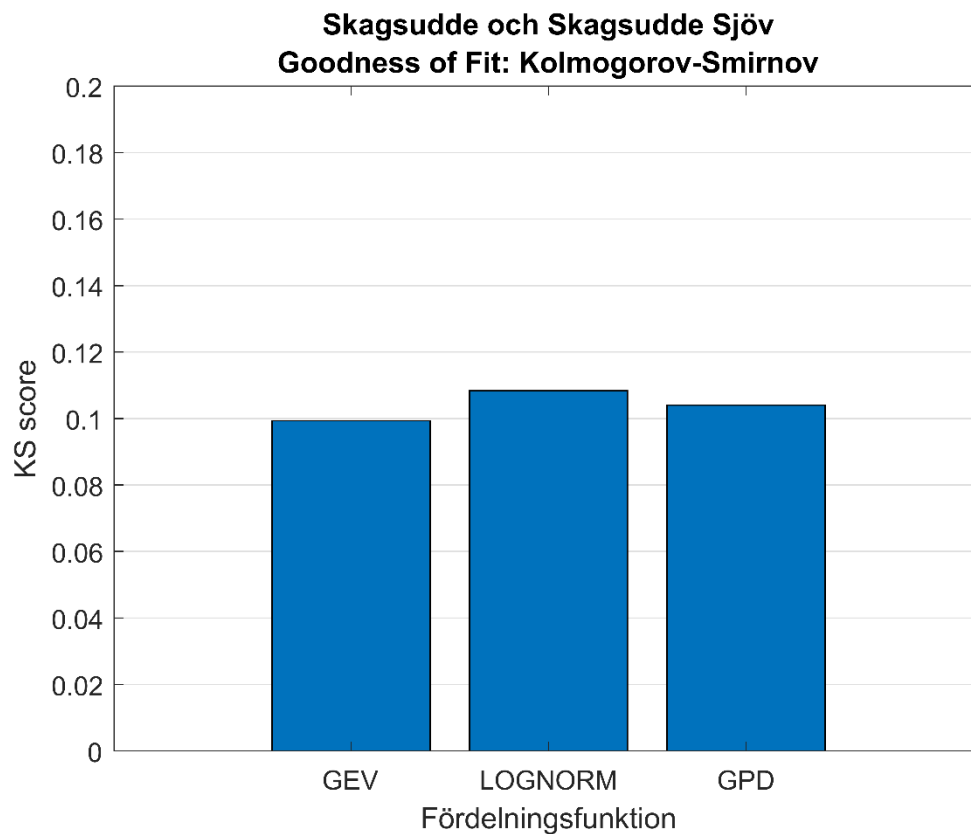


Figur 13. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Ratan. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.4 Skagsudde och Skagsudde SjöV

Tabell 15. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Skagsudde och Skagsudde SjöV.

|  |  |
|--|--|
| Dataperiod   | 1987-07-01 till 2022-06-30   |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1981-1982, 1982-1983, 1983-1984, 1984-1985, 1985-1986, 1986-1987, 1987-1988, 1990-1991, 1991-1992, 1992-1993 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 31   |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 35   |

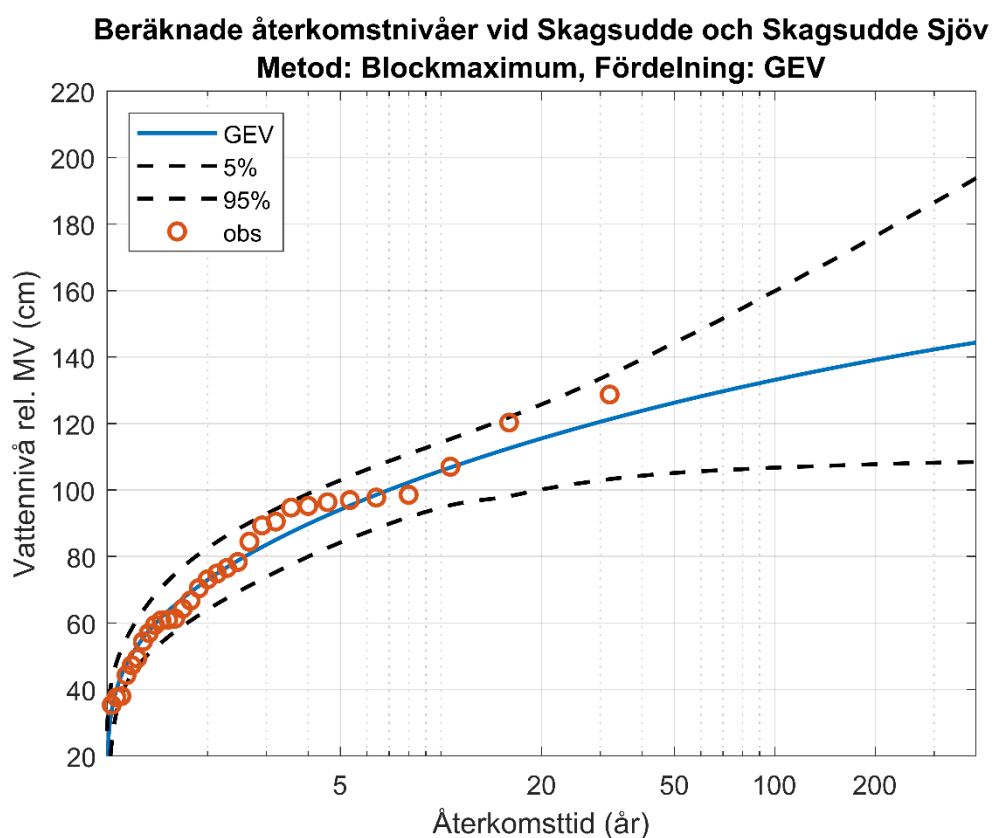


Figur 14. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Skagsudde och Skagsudde SjöV.

#### 4.4.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 16. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Skagsudde och Skagsudde SjöV.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,192<br>(-0,493 till 0,109)  |
| Skalparameter         | 22,277<br>(16,575 till 29,942) |
| Positionsparameter    | 65,070<br>(56,081 till 74,059) |

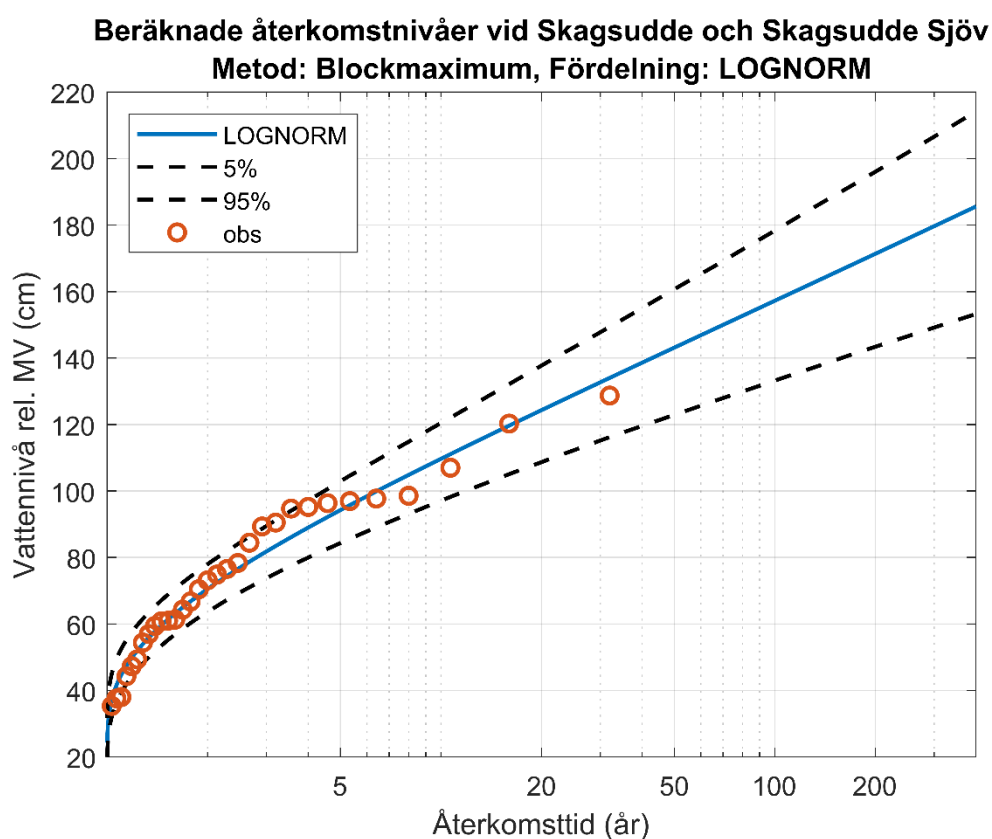


Figur 15. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Skagsudde och Skagsudde SjöV. De röda cirkarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

#### 4.4.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 17. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Skagsudde och Skagsudde SjöV.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,256<br>(4,129 till 4,382) |
| Log-Skalparameter      | 0,345<br>(0,276 till 0,461) |

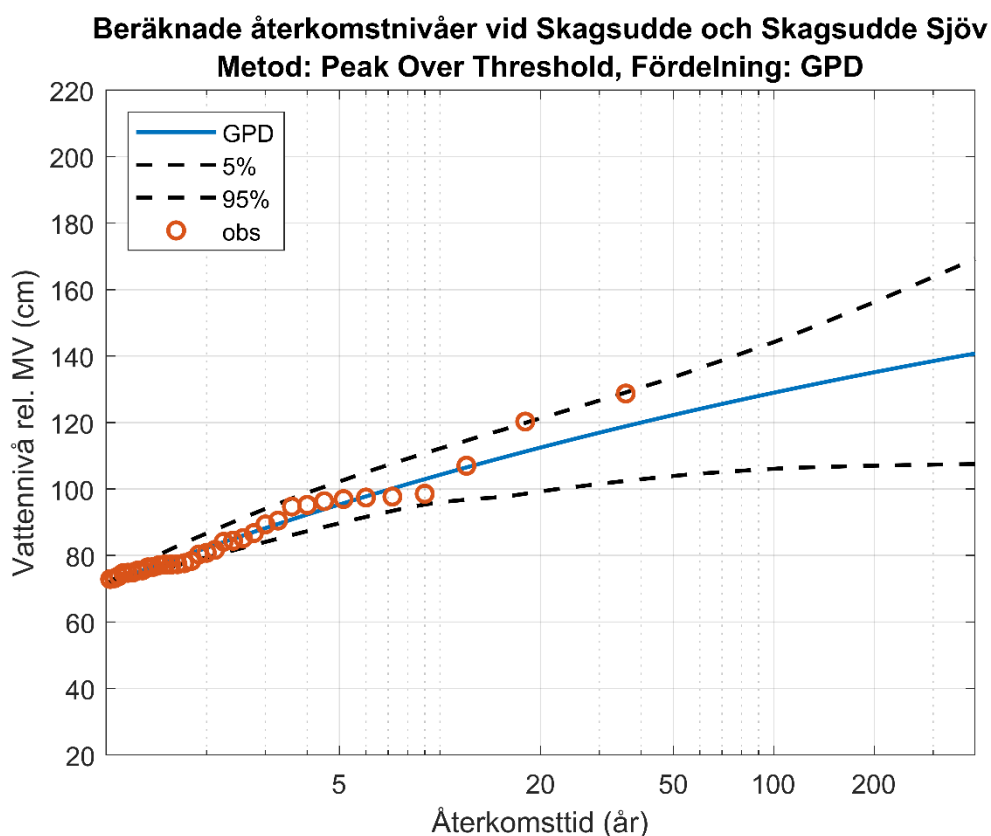


Figur 16. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Skagsudde och Skagsudde SjöV. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.4.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 18. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Skagsudde och Skagsudde SjöV.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,124<br>(-0,455 till 0,207)  |
| Skalparameter         | 16,429<br>(10,305 till 26,192) |
| Tröskelvärde (cm)     | 71                             |

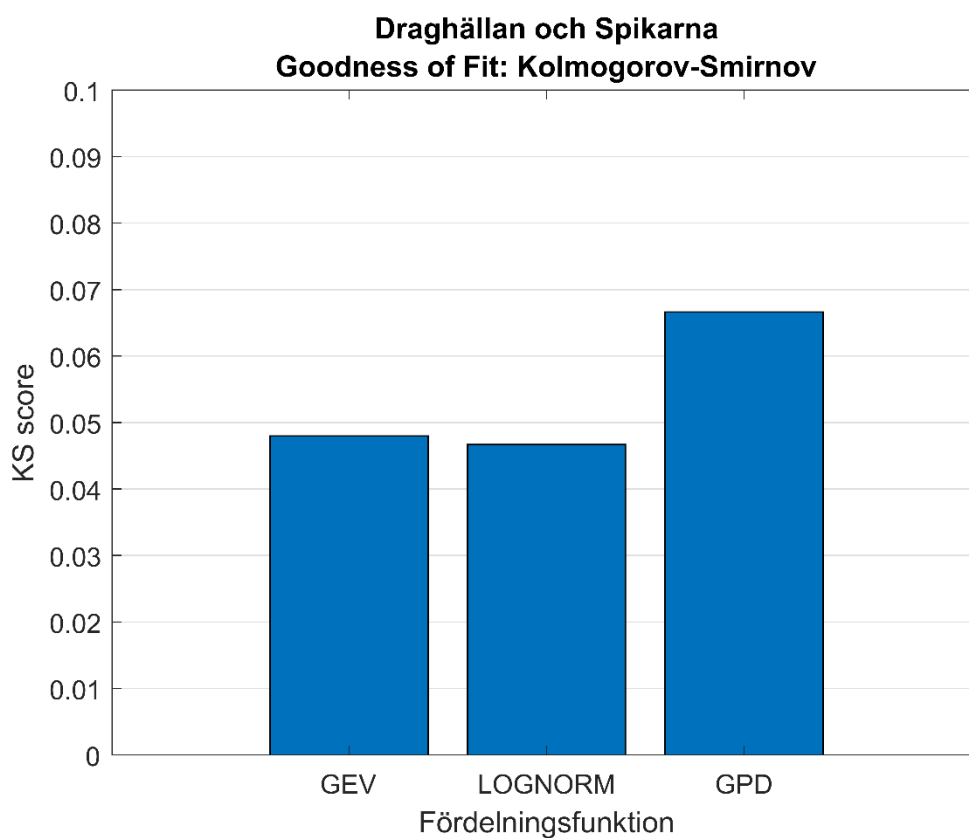


Figur 17. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Skagsudde och Skagsudde SjöV. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.5 Draghällan och Spikarna

Tabell 19. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Draghällan och Spikarna.

|  |   |
|--|---|
| Dataperiod   | 1897-10-10 till 2022-06-30                            |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1939-1940, 1940-1941, 1941-1942, 1966-1967, 1967-1968 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 120   |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 141   |

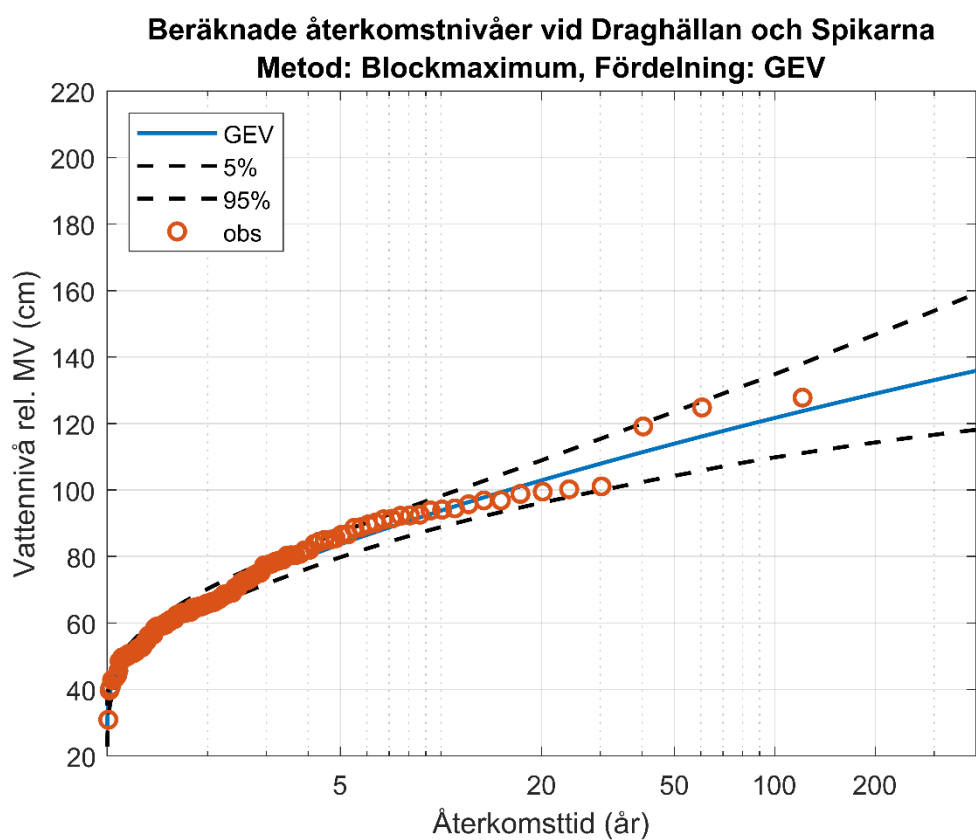


Figur 18. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Draghällan och Spikarna.

## 4.5.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 20. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Draghällan och Spikarna.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,081<br>(-0,210 till 0,048)  |
| Skalparameter         | 15,638<br>(13,545 till 18,053) |
| Positionsparameter    | 61,598<br>(58,457 till 64,739) |

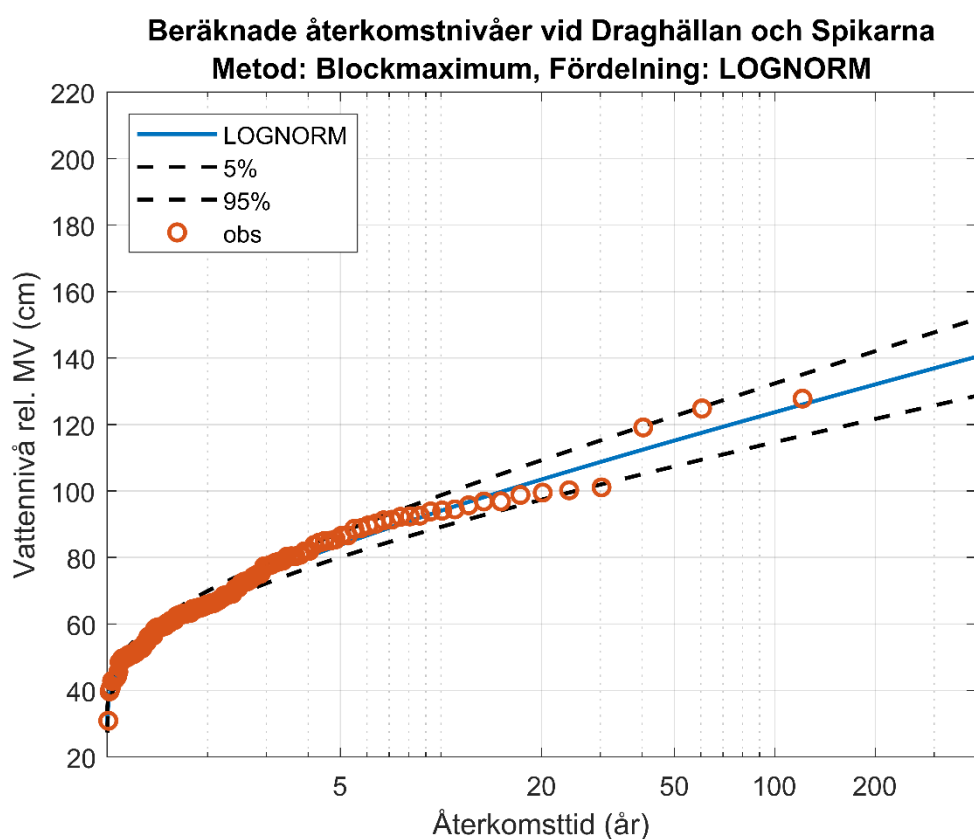


Figur 19. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Draghällan och Spikarna. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.5.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 21. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Draghällan och Spikarna.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,208<br>(4,160 till 4,255) |
| Log-Skalparameter      | 0,262<br>(0,233 till 0,301) |



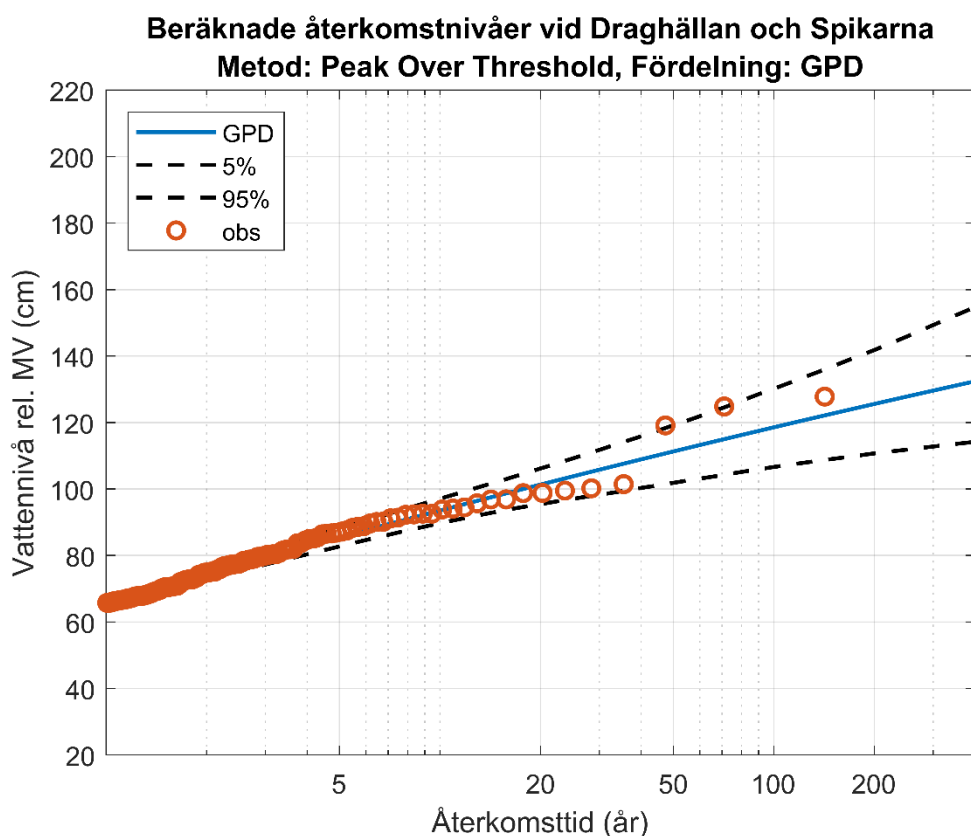
Figur 20. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Draghällan och Spikarna. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.5.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 22. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Draghällan och Spikarna.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,046<br>(-0,218 till 0,126)  |
| Skalparameter         | 12,747<br>(10,047 till 16,172) |
| Tröskelvärde (cm)     | 66                             |

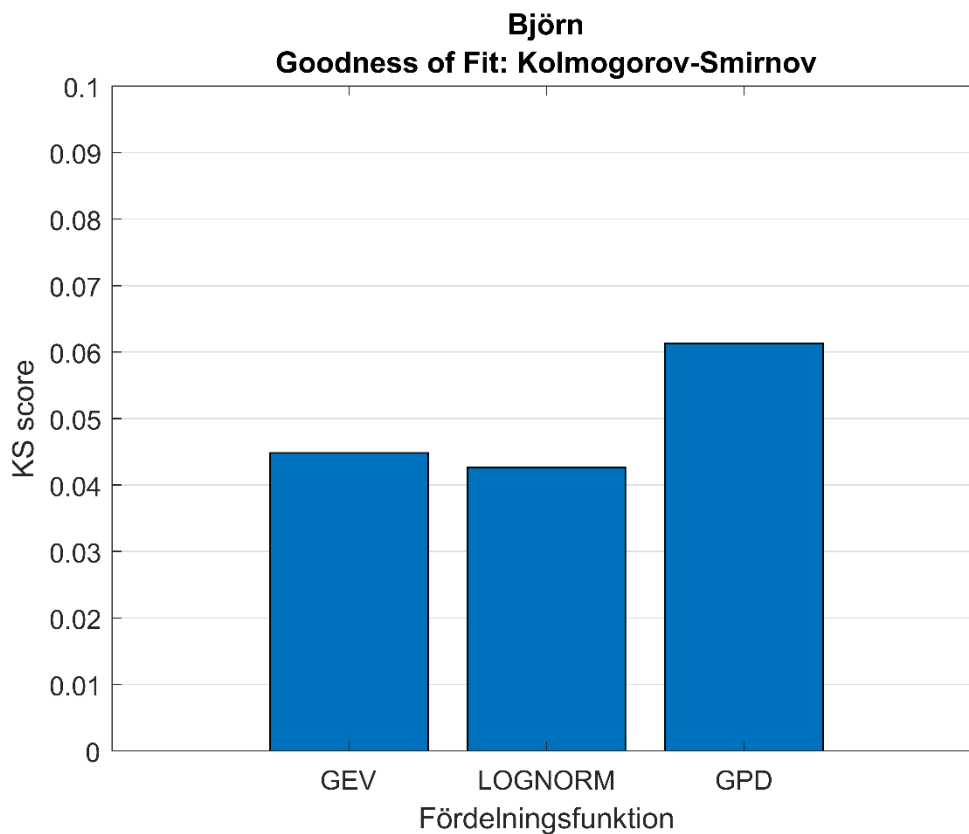


Figur 21. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Draghällan och Spikarna. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.6 Björn

Tabell 23. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Björn.

|  |   |
|--|---|
| Dataperiod   | 1891-09-01 till 1978-06-30                            |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1968-1969, 1969-1970, 1970-1971, 1976-1977, 1978-1979 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 83  |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 144   |

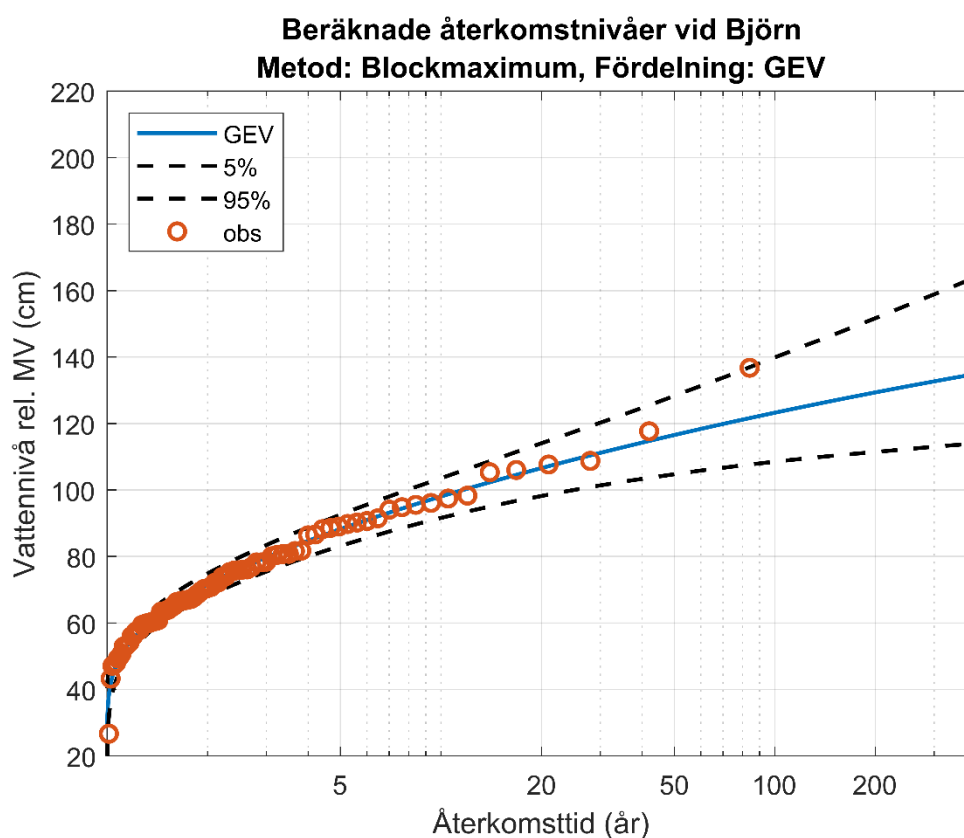


Figur 22. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Björn.

#### 4.6.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 24. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Björn.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,129<br>(-0,244 till -0,015) |
| Skalparameter         | 16,631<br>(14,168 till 19,522) |
| Positionsparameter    | 65,569<br>(61,665 till 69,472) |

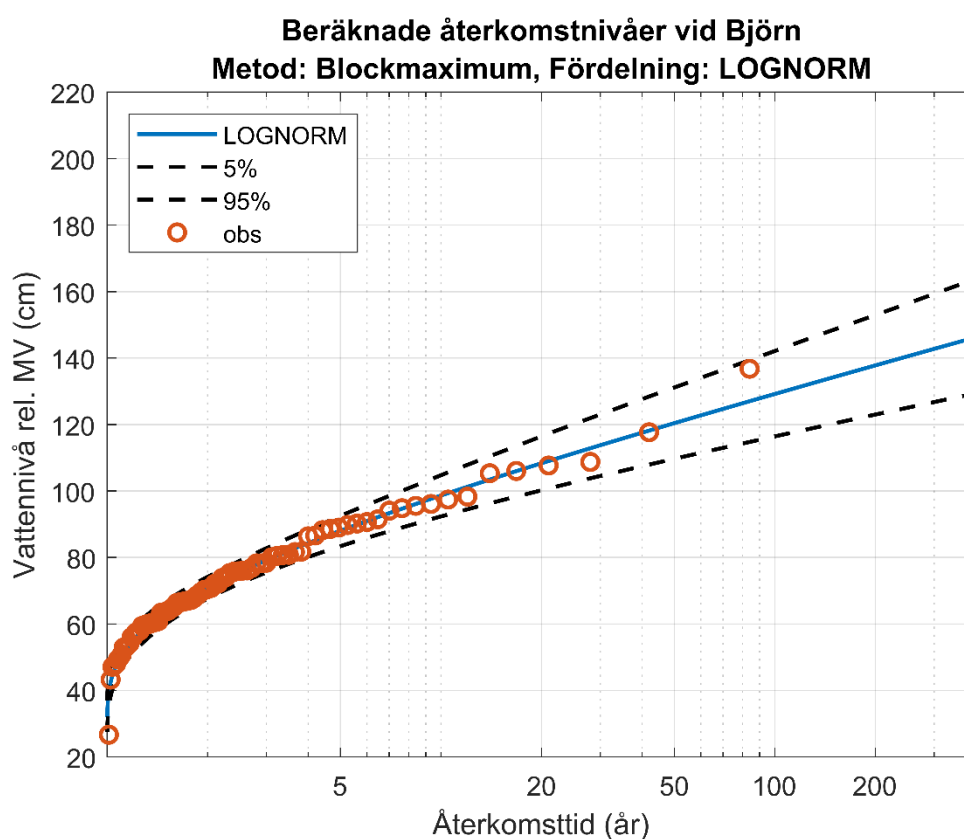


Figur 23. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Björn. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.6.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 25. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Björn.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,261<br>(4,204 till 4,317) |
| Log-Skalparameter      | 0,258<br>(0,224 till 0,305) |

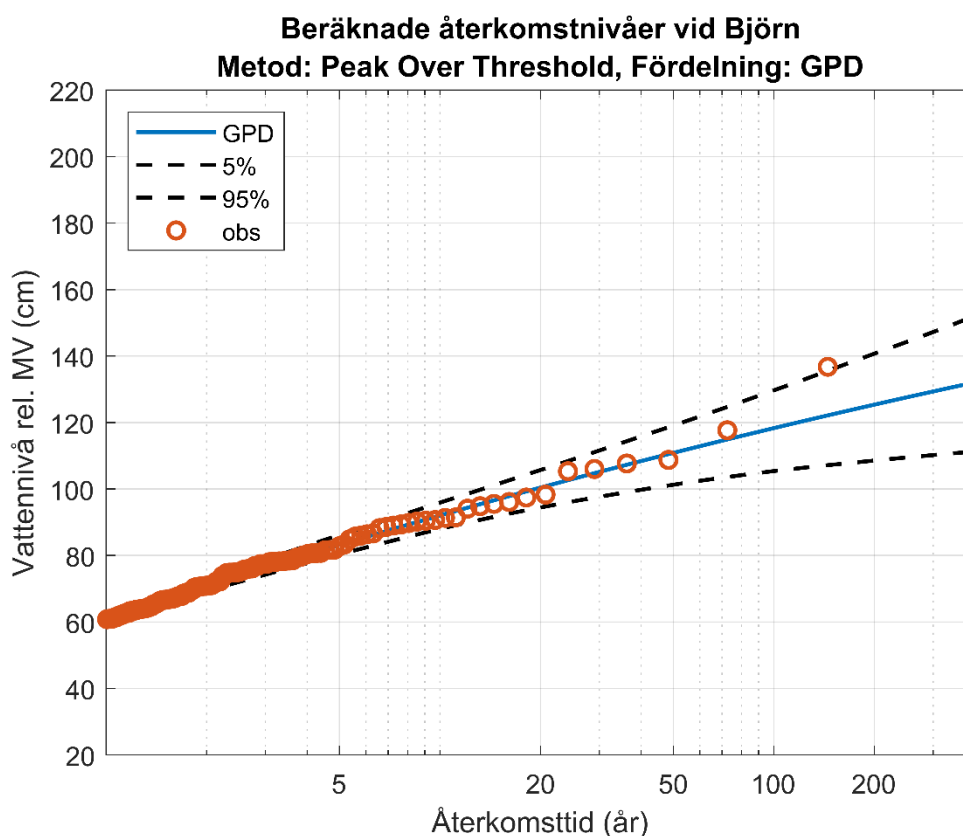


Figur 24. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Björn. De röda cirkarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.6.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 26. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Björn.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,075<br>(-0,225 till 0,075)  |
| Skalparameter         | 14,754<br>(11,824 till 18,408) |
| Tröskelvärde (cm)     | 61                             |

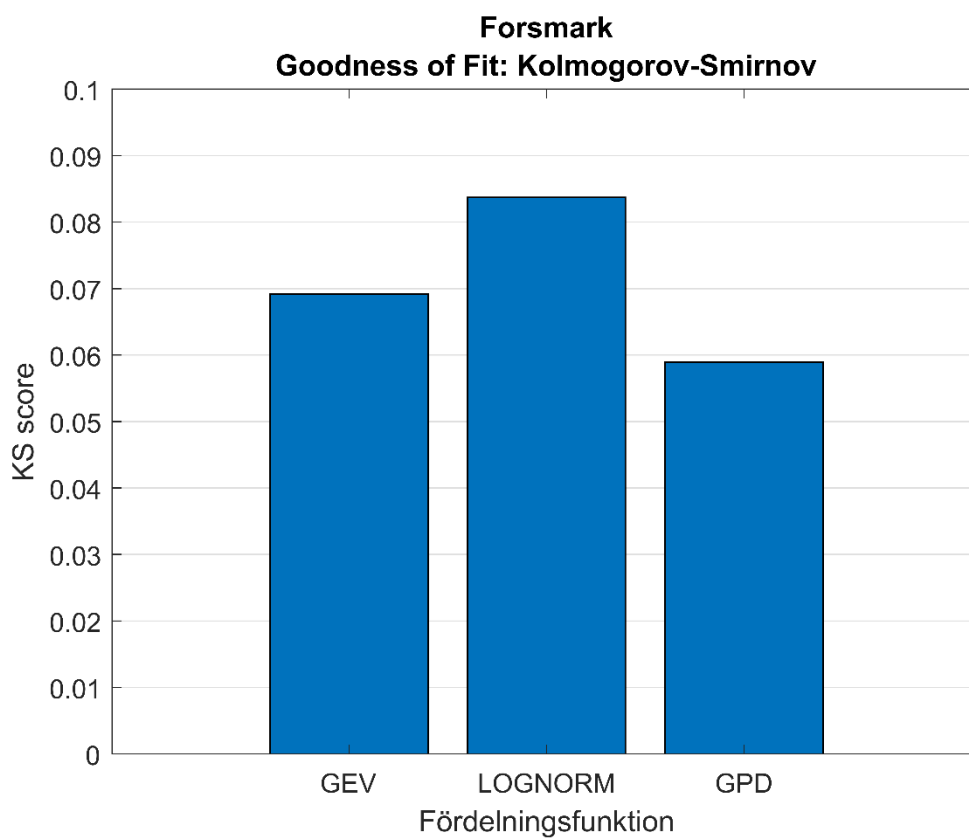


Figur 25. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Björn. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.7 Forsmark

Tabell 27. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Forsmark.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1975-08-06 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | -                          |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 47                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 77                         |

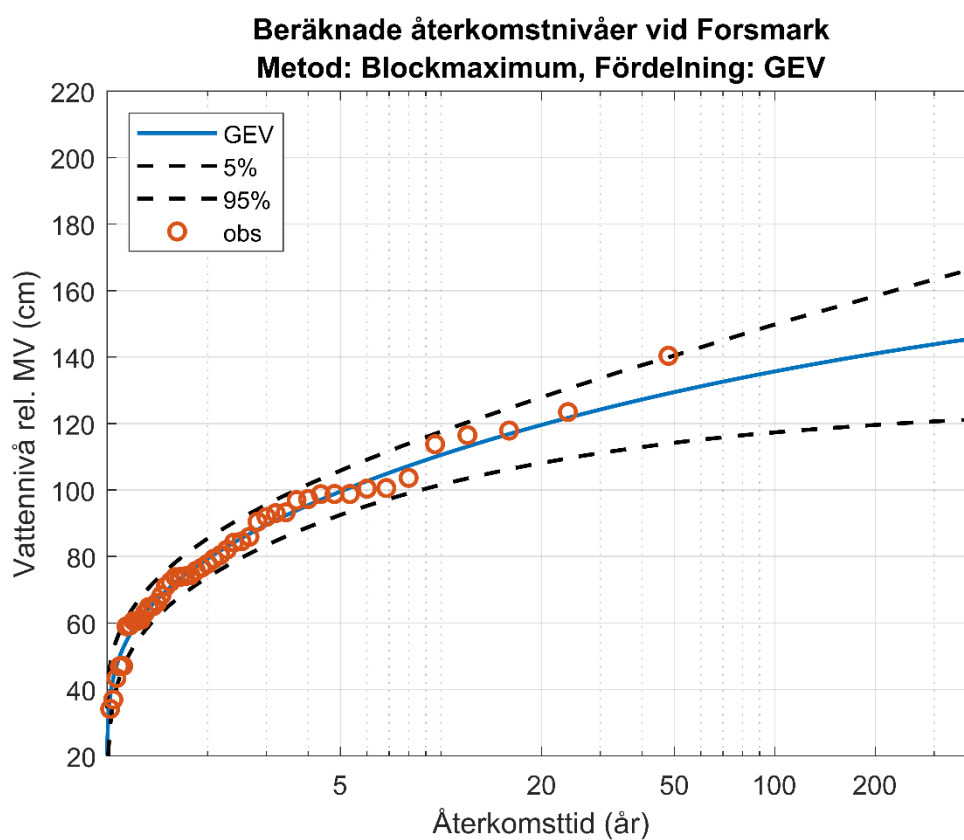


Figur 26. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Forsmark.

#### 4.7.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 28. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Forsmark.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,208<br>(-0,383 till -0,034) |
| Skalparameter         | 21,632<br>(17,378 till 26,928) |
| Positionsparameter    | 71,668<br>(64,854 till 78,483) |

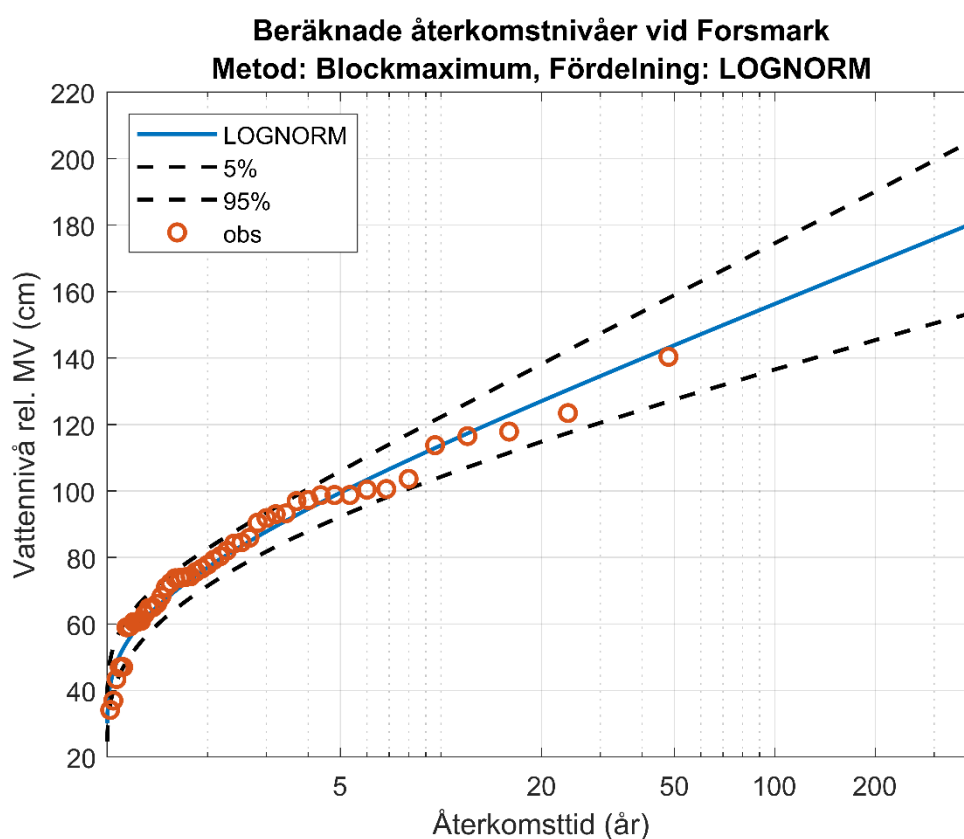


Figur 27. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Forsmark. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.7.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 29. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Forsmark.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,344<br>(4,255 till 4,433) |
| Log-Skalparameter      | 0,304<br>(0,253 till 0,382) |



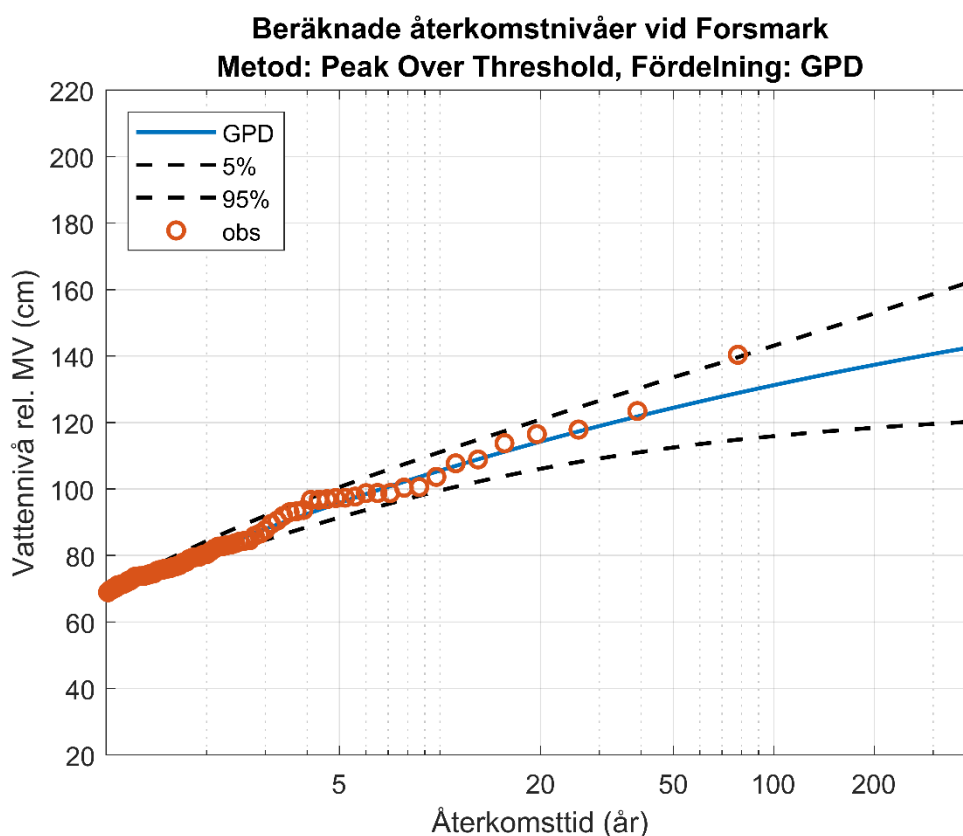
Figur 28. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Forsmark. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.7.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 30. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Forsmark.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,154<br>(-0,354 till 0,046)  |
| Skalparameter         | 18,897<br>(14,032 till 25,449) |
| Tröskelvärde (cm)     | 69                             |

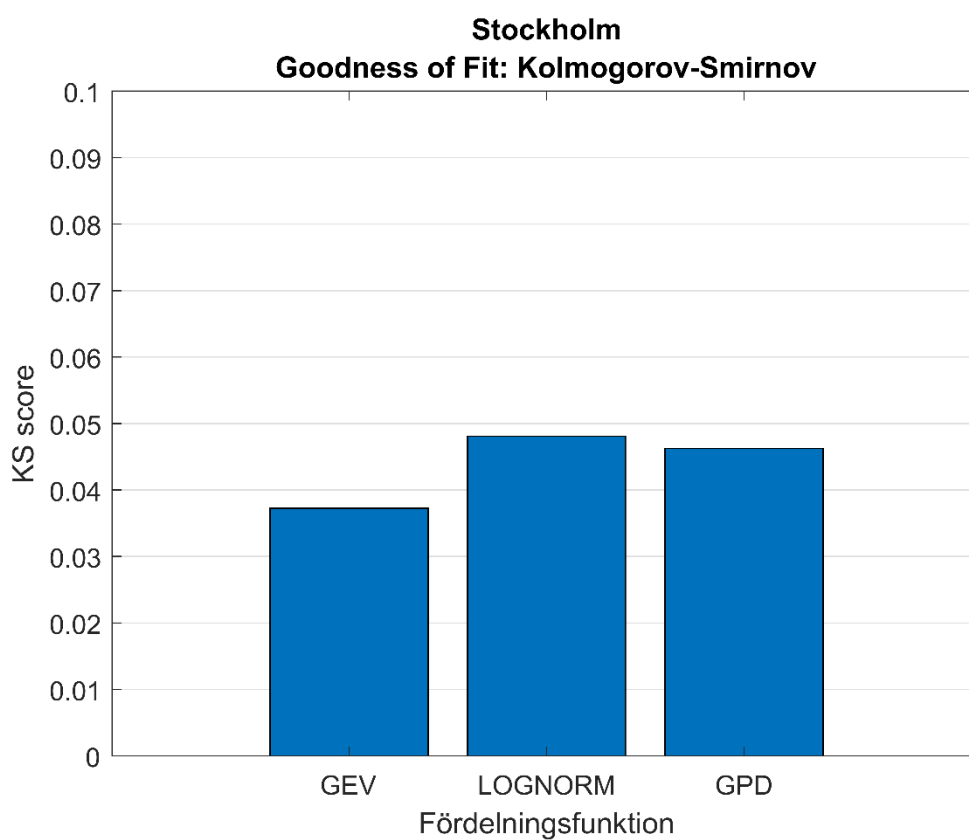


Figur 29. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Forsmark. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.8 Stockholm

Tabell 31. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Stockholm.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1889-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1888-1889                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 133                        |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 162                        |

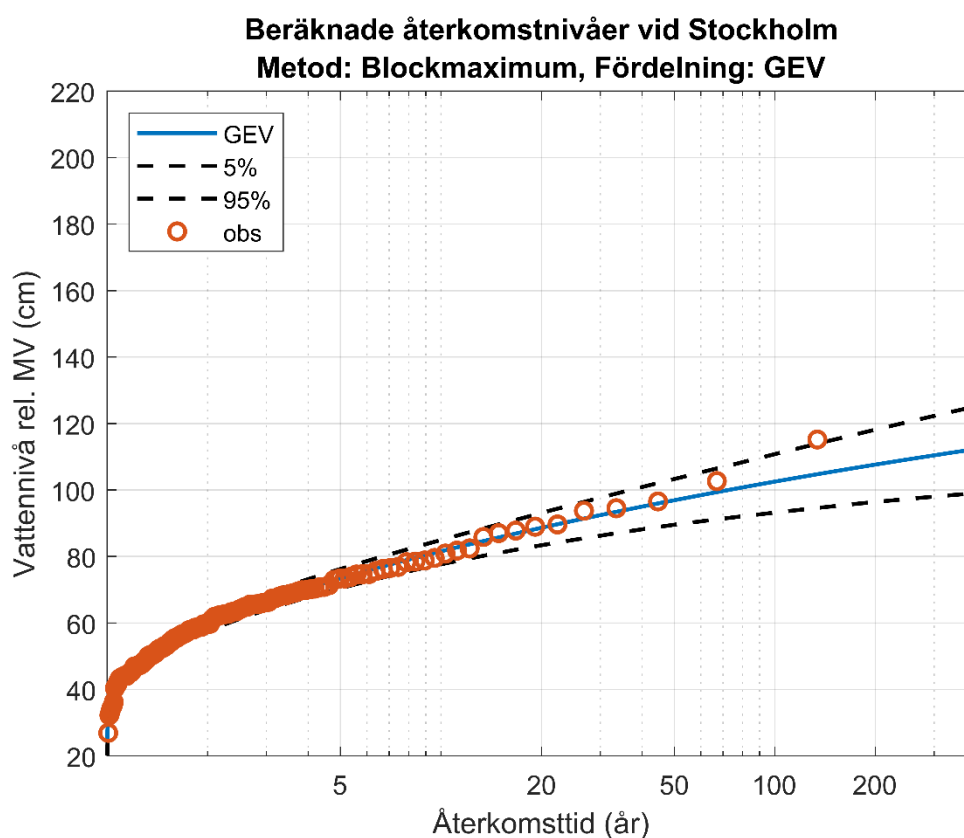


Figur 30. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Stockholm.

#### 4.8.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 32. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Stockholm.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,125<br>(-0,225 till -0,024) |
| Skalparameter         | 13,633<br>(11,968 till 15,529) |
| Positionparameter     | 54,791<br>(52,240 till 57,343) |

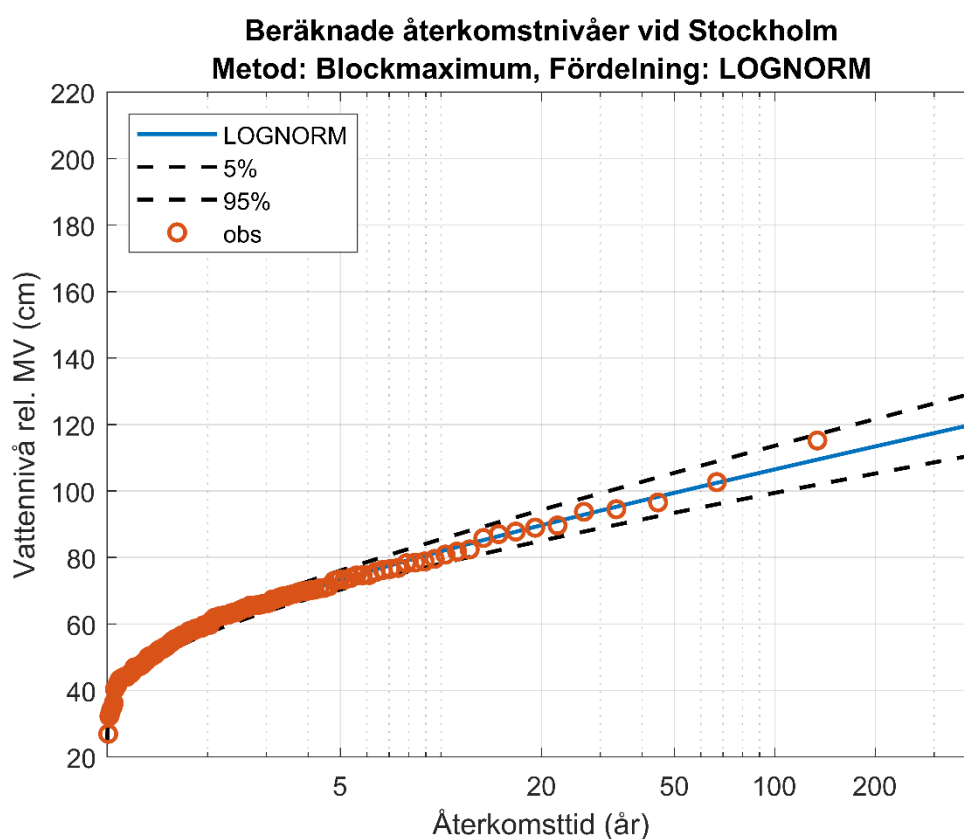


Figur 31. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Stockholm. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.8.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 33. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Stockholm.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,082<br>(4,039 till 4,125) |
| Log-Skalparameter      | 0,252<br>(0,225 till 0,287) |

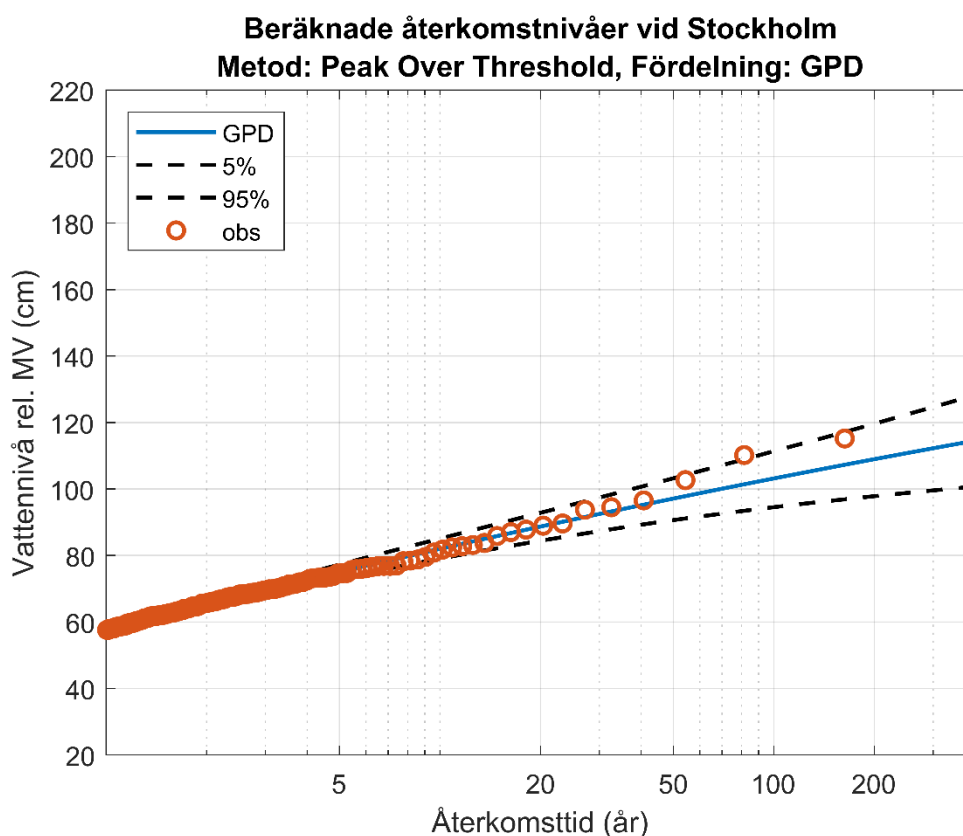


Figur 32. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Stockholm. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.8.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 34. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Stockholm.

| Fördelningsparametrar |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Formparameter         | -0,062<br>(-0,201 till 0,077) |
| Skalparameter         | 11,392<br>(9,261 till 14,014) |
| Tröskelvärde (cm)     | 58                            |

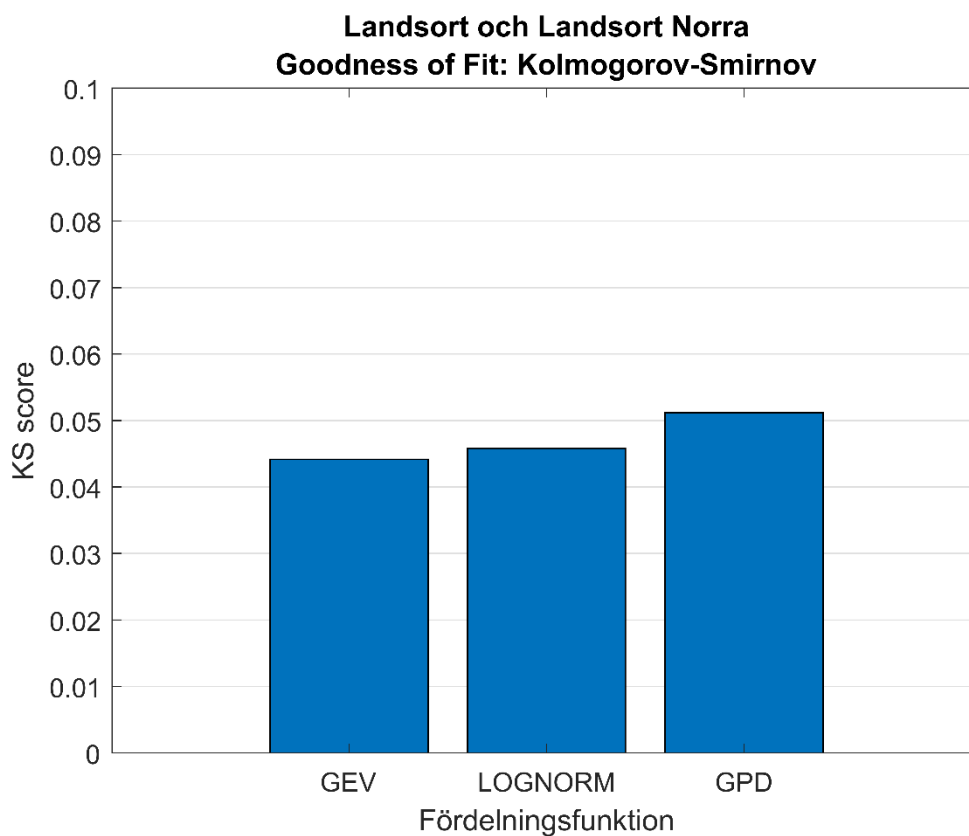


Figur 33. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Stockholm. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.9 Landsort och Landsort Norra

Tabell 35. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Landsort och Landsort Norra.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1887-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1886-1887, 1912-1913       |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 134                        |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 133                        |

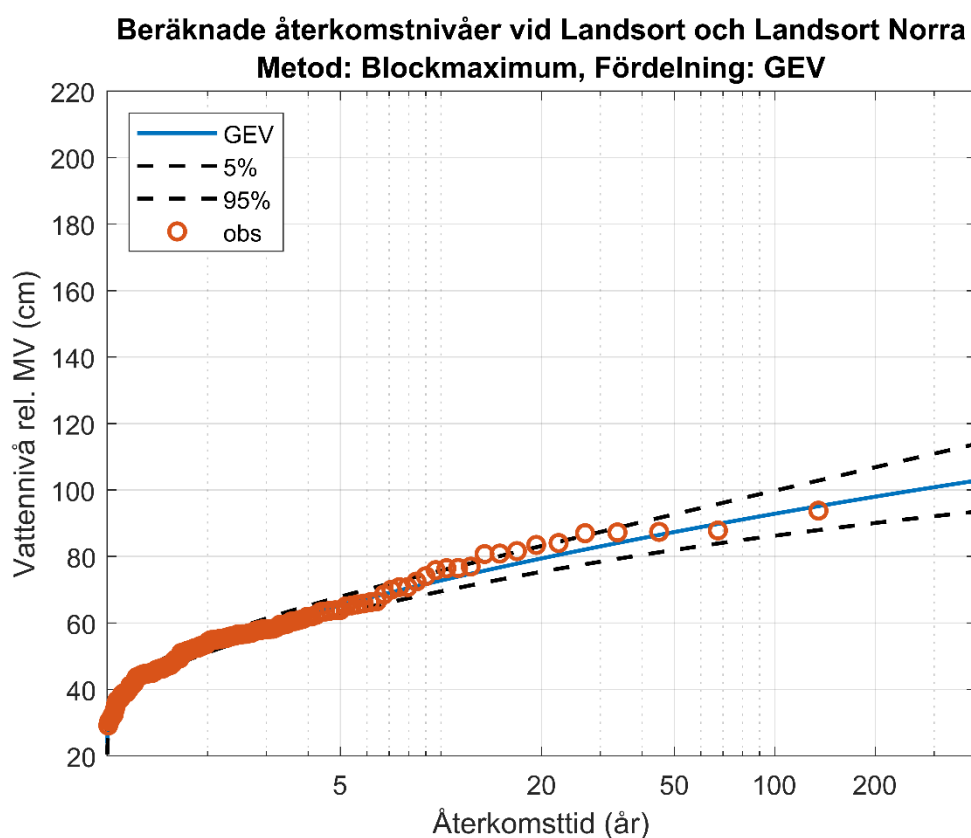


Figur 34. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Landsort och Landsort Norra.

## 4.9.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 36. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Landsort och Landsort Norra.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,095<br>(-0,219 till 0,029)  |
| Skalparameter         | 11,806<br>(10,313 till 13,515) |
| Positionparameter     | 48,845<br>(46,596 till 51,092) |

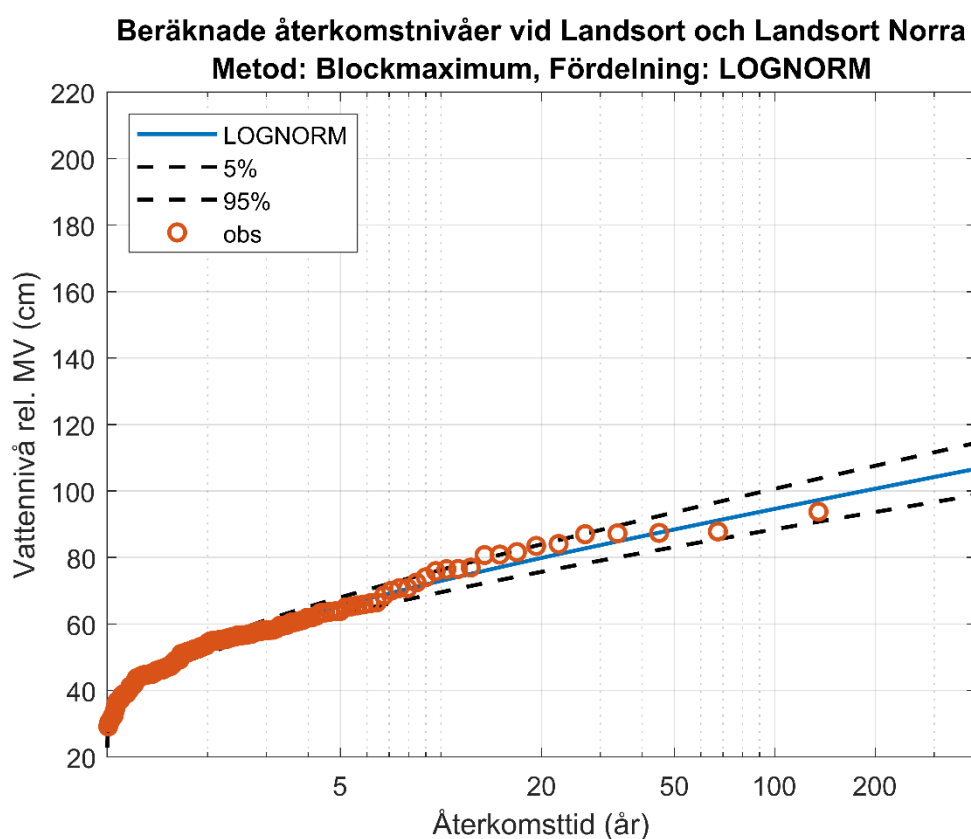


Figur 35. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Landsort och Landsort Norra. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.9.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 37. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Landsort och Landsort Norra.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 3,971<br>(3,928 till 4,013) |
| Log-Skalparameter      | 0,249<br>(0,222 till 0,283) |



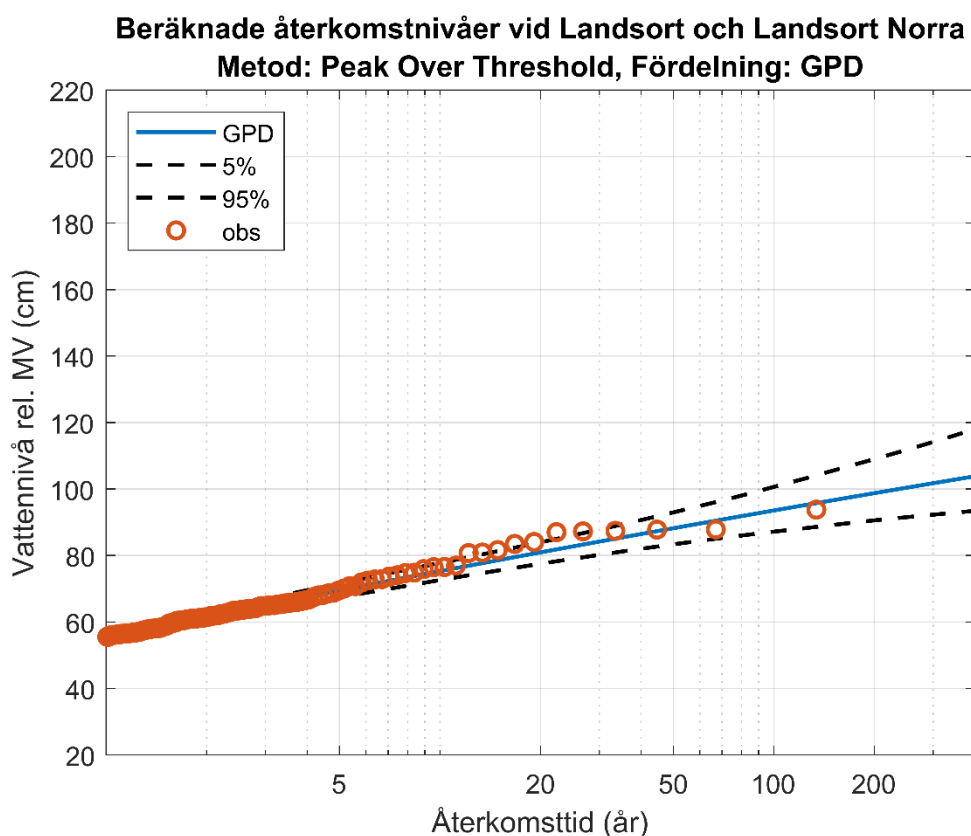
Figur 36. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Landsort och Landsort Norra. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.9.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 38. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Landsort och Landsort Norra.

| Fördelningsparametrar |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Formparameter         | -0,035<br>(-0,238 till 0,167) |
| Skalparameter         | 8,946<br>(6,869 till 11,652)  |
| Tröskelvärde (cm)     | 55                            |

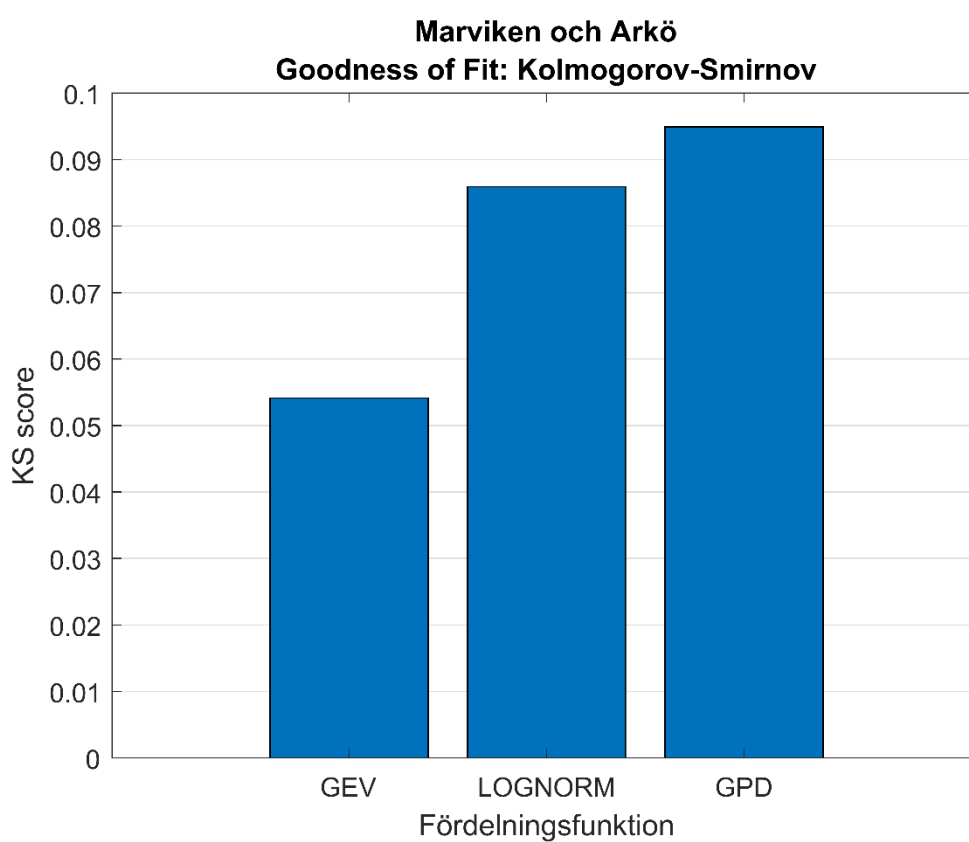


Figur 37. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Landsort och Landsort Norra. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.10 Marviken och Arkö

Tabell 39. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Marviken och Arkö.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1965-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1964-1965                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 57                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 68                         |

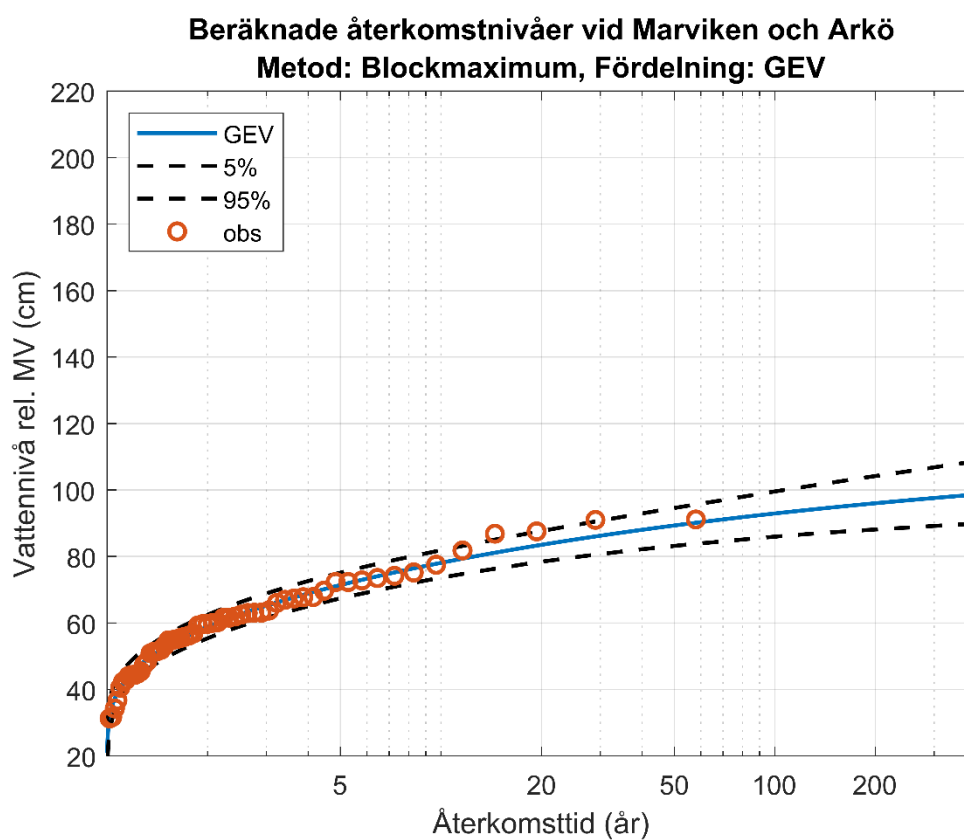


Figur 38. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Marviken och Arkö.

#### 4.10.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 40. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Marviken och Arkö.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,228<br>(-0,409 till -0,047) |
| Skalparameter         | 13,630<br>(11,117 till 16,711) |
| Positionsparameter    | 54,089<br>(50,144 till 58,033) |

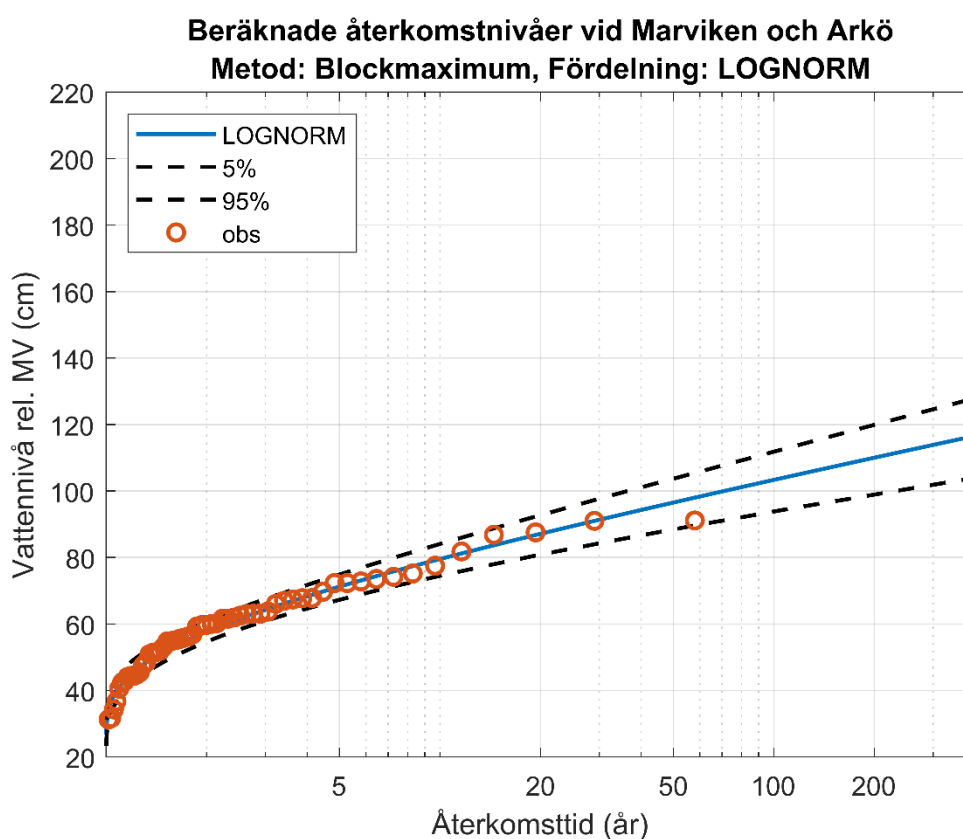


Figur 39. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Marviken och Arkö. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.10.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 41. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Marviken och Arkö.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,055<br>(3,988 till 4,121) |
| Log-Skalparameter      | 0,251<br>(0,212 till 0,308) |

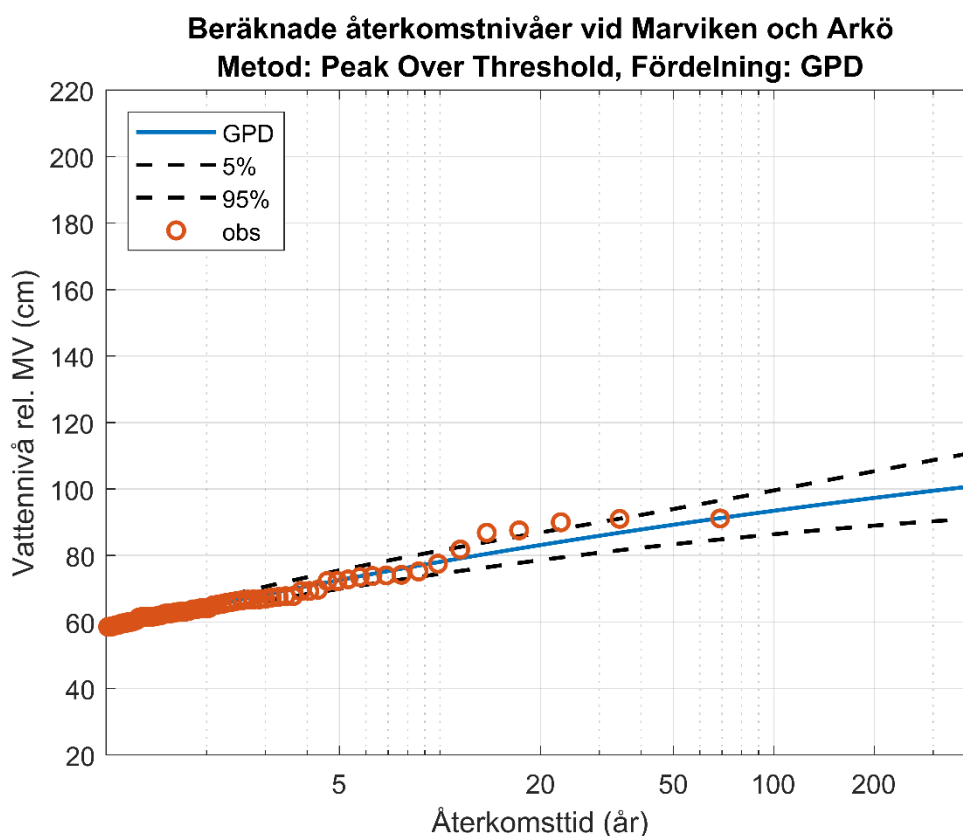


Figur 40. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Marviken och Arkö. De röda cirkarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.10.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 42. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Marviken och Arkö.

| Fördelningsparametrar |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Formparameter         | -0,115<br>(-0,357 till 0,127) |
| Skalparameter         | 9,909<br>(7,067 till 13,895)  |
| Tröskelvärde (cm)     | 58                            |

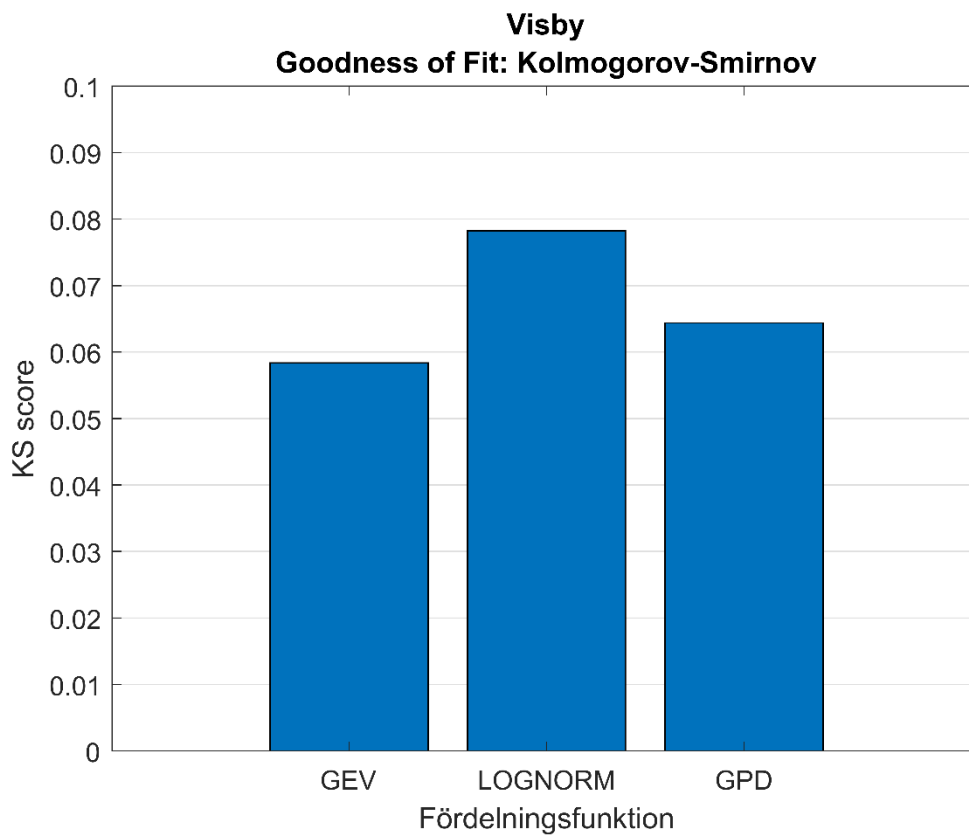


Figur 41. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Marviken och Arkö. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.11 Visby

Tabell 43. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Visby.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1960-08-04 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | -                          |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 62                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 60                         |

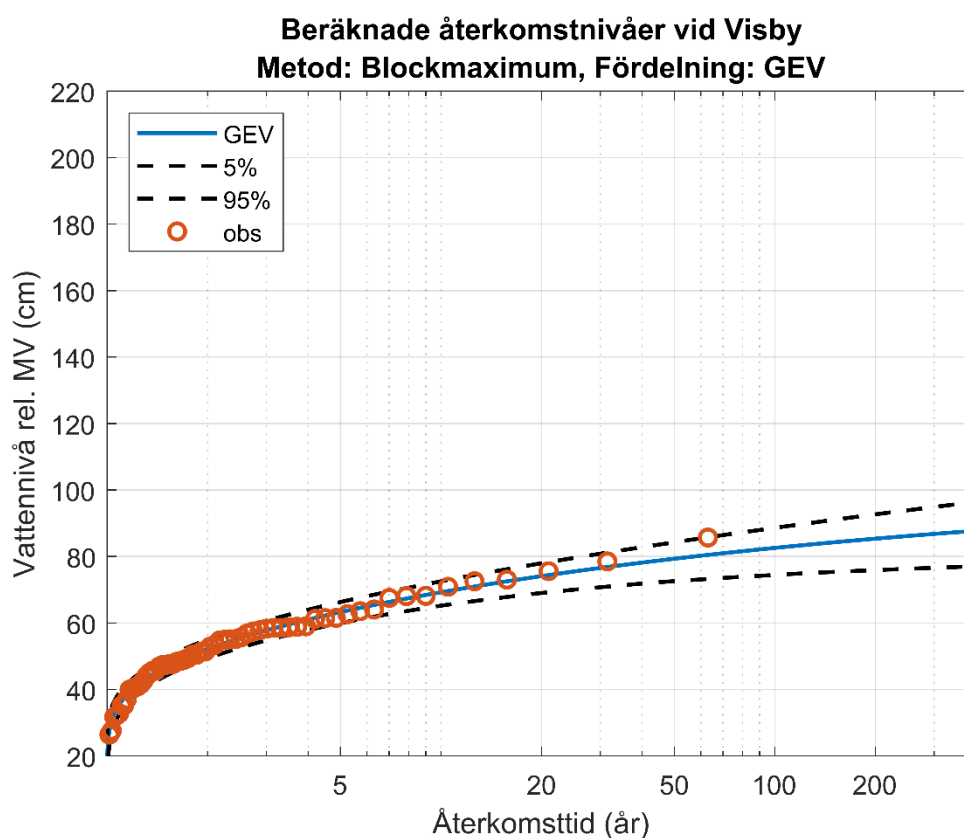


Figur 42. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Visby.

#### 4.11.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 44. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Visby.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,225<br>(-0,376 till -0,073) |
| Skalparameter         | 12,111<br>(10,006 till 14,659) |
| Positionparameter     | 47,835<br>(44,516 till 51,155) |

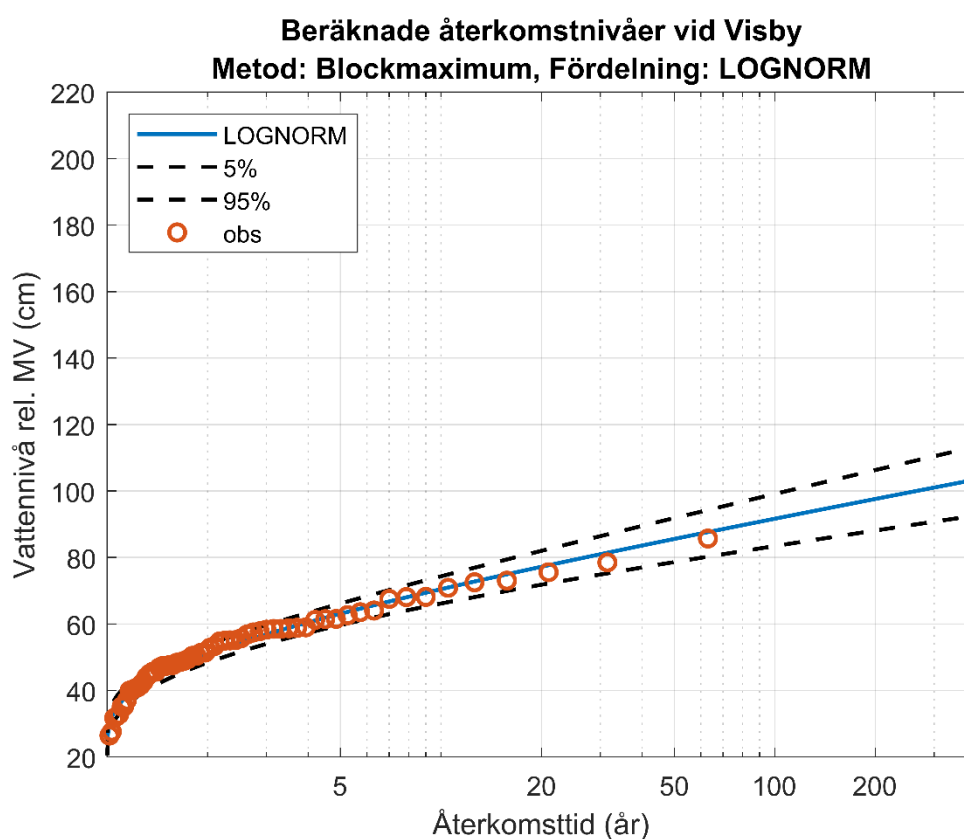


Figur 43. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Visby. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.11.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 45. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Visby.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 3,932<br>(3,868 till 3,996) |
| Log-Skalparameter      | 0,252<br>(0,214 till 0,306) |



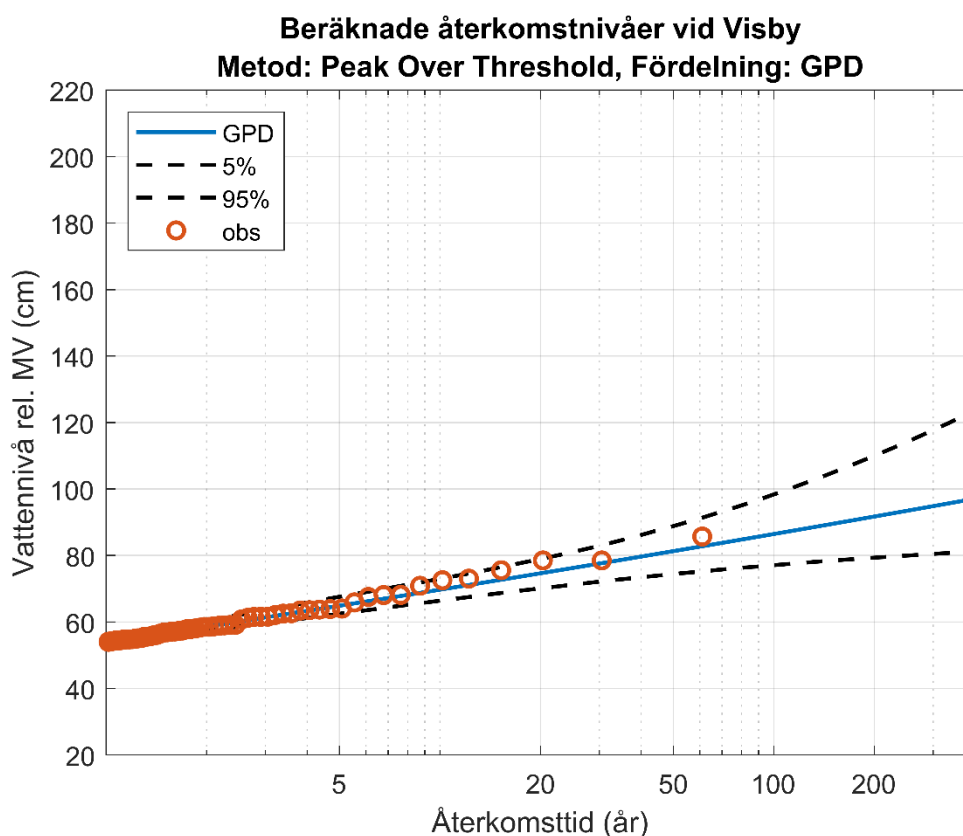
Figur 44. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Visby. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.11.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 46. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Visby.

| Fördelningsparametrar |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| Formparameter         | 0,029<br>(-0,285 till 0,341) |
| Skalparameter         | 6,590<br>(4,407 till 9,855)  |
| Tröskelvärde (cm)     | 54                           |

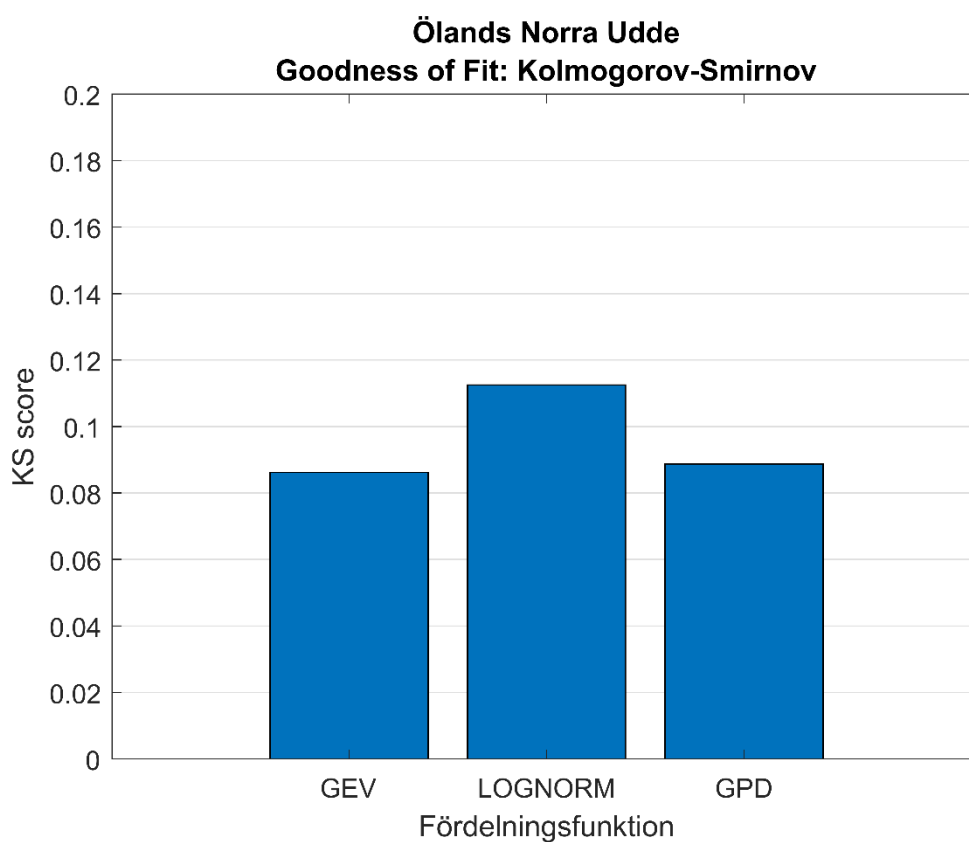


Figur 45. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Visby. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.12 Ölands Norra Udde

Tabell 47. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Ölands Norra Udde.

|  |  |
|--|--|
| Dataperiod   | 1961-08-09 till 2022-06-30                 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1969-1970, 1970-1971, 1971-1972, 1972-1973 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 57   |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 74   |

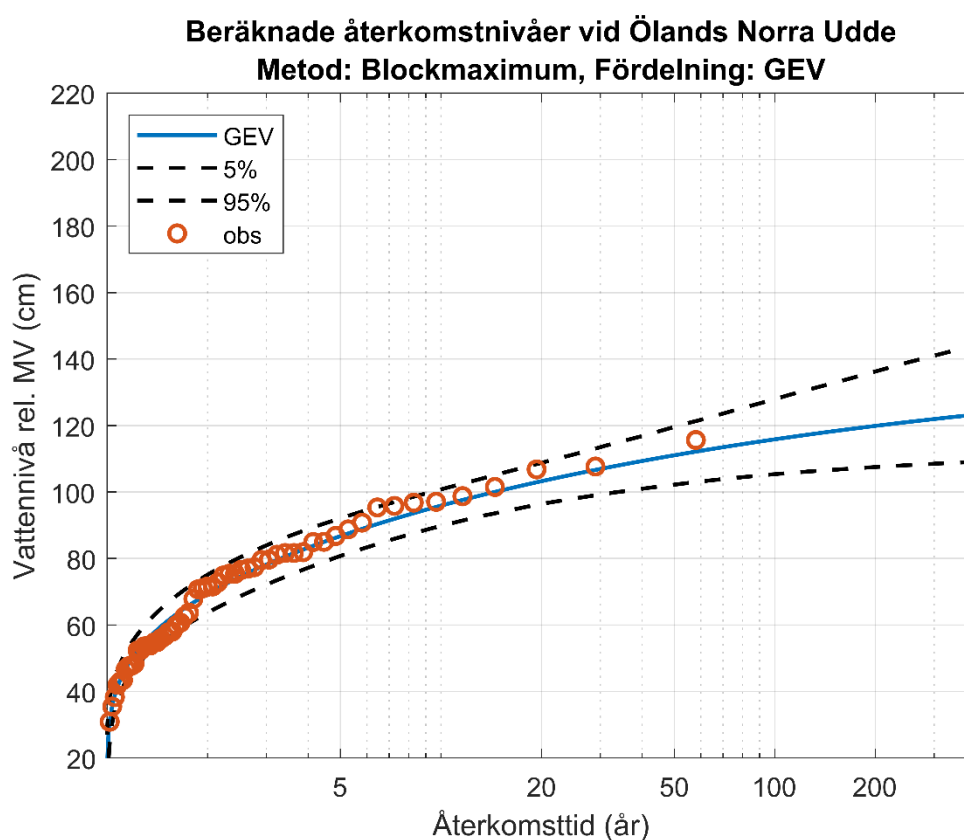


Figur 46. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Ölands Norra Udde.

#### 4.12.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 48. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ölands Norra Udde.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,242<br>(-0,454 till -0,029) |
| Skalparameter         | 19,160<br>(15,439 till 23,777) |
| Positionparameter     | 62,626<br>(56,975 till 68,277) |

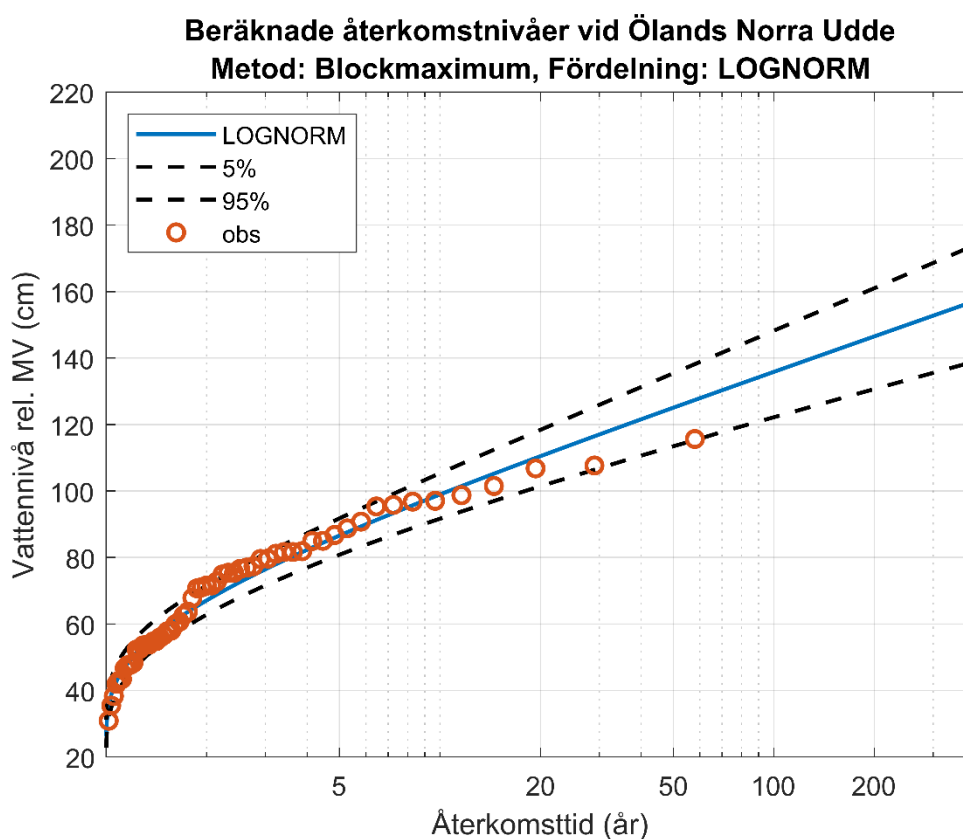


Figur 47. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Ölands Norra Udde. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.12.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 49. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ölands Norra Udde.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,206<br>(4,125 till 4,286) |
| Log-Skalparameter      | 0,303<br>(0,256 till 0,372) |

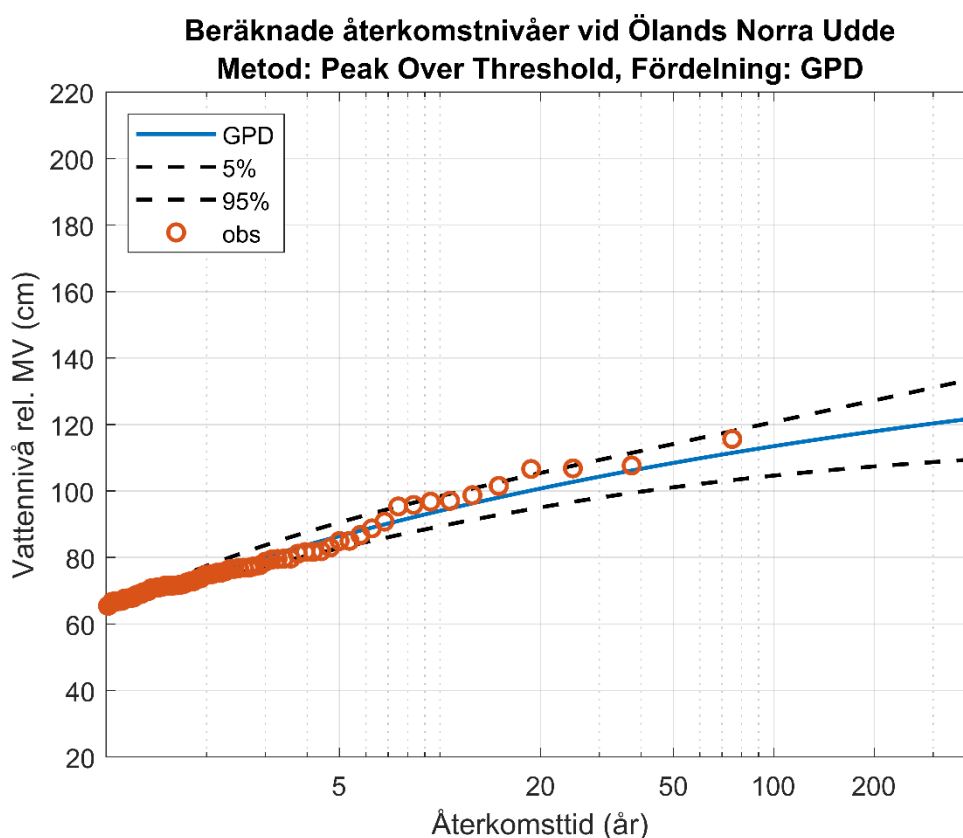


Figur 48. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Ölands Norra Udde. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.12.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 50. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ölands Norra Udde.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,177<br>(-0,404 till 0,049)  |
| Skalparameter         | 15,489<br>(11,261 till 21,304) |
| Tröskelvärde (cm)     | 65                             |

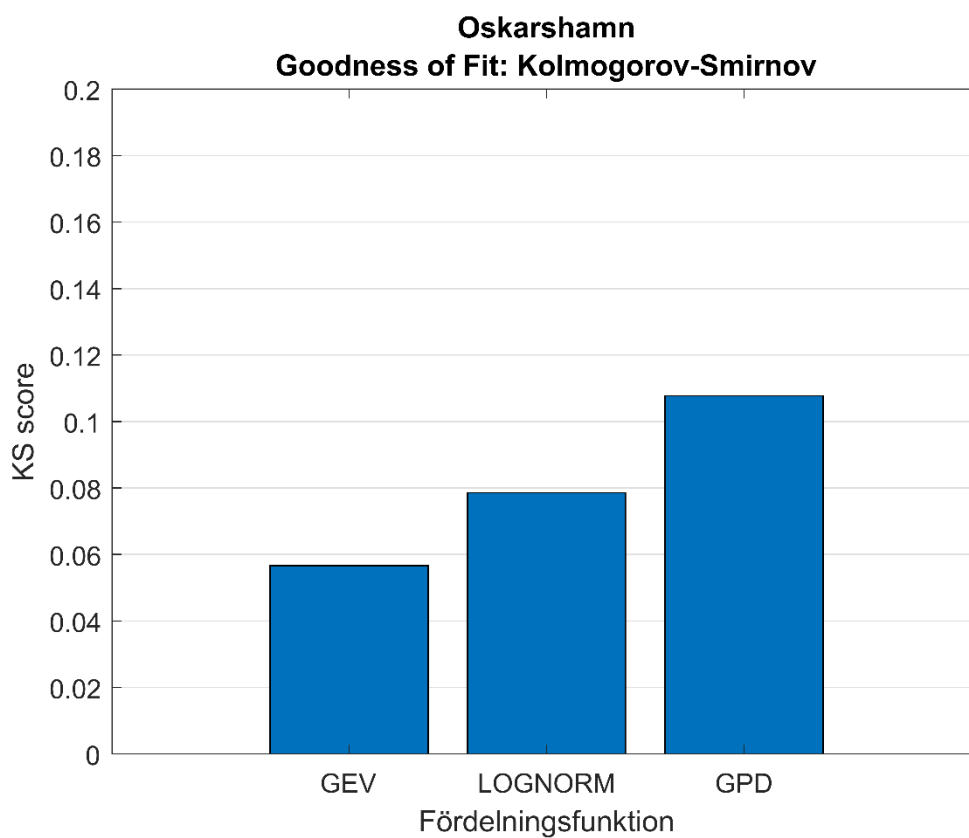


Figur 49. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Ölands Norra Udde. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.13 Oskarshamn

Tabell 51. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Oskarshamn.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1960-09-15 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1979-1980                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 61                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 84                         |

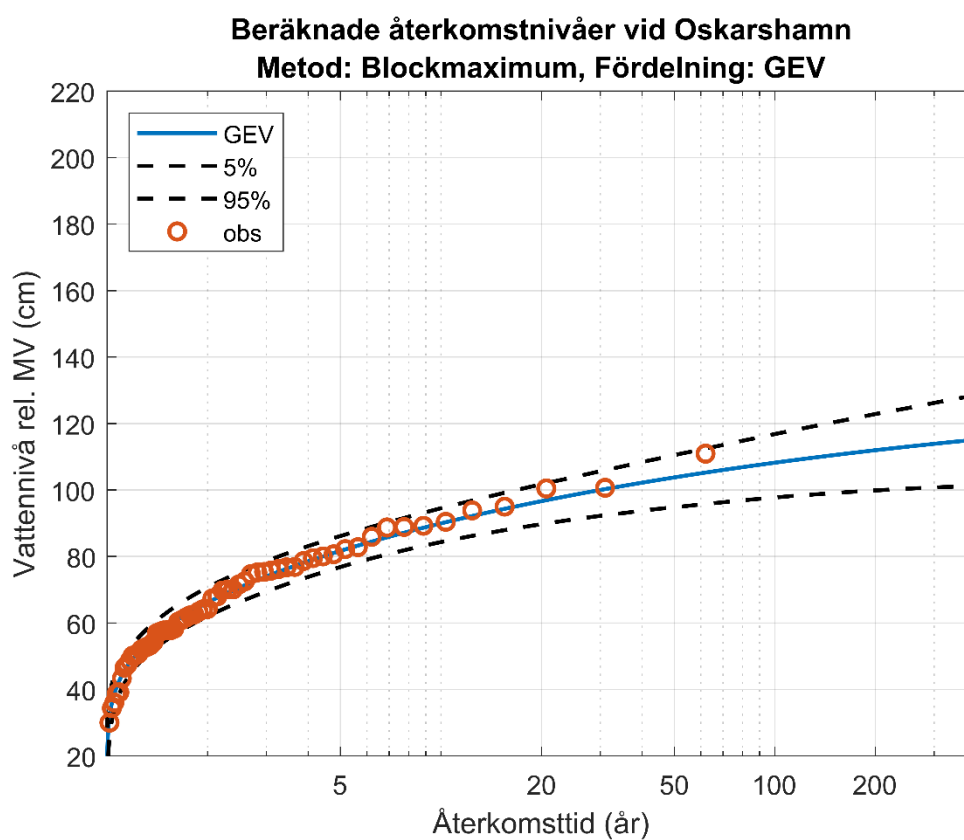


Figur 50. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Oskarshamn.

### 4.13.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 52. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Oskarshamn.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,232<br>(-0,403 till -0,061) |
| Skalparameter         | 17,001<br>(13,948 till 20,723) |
| Positionparameter     | 60,156<br>(55,413 till 64,900) |

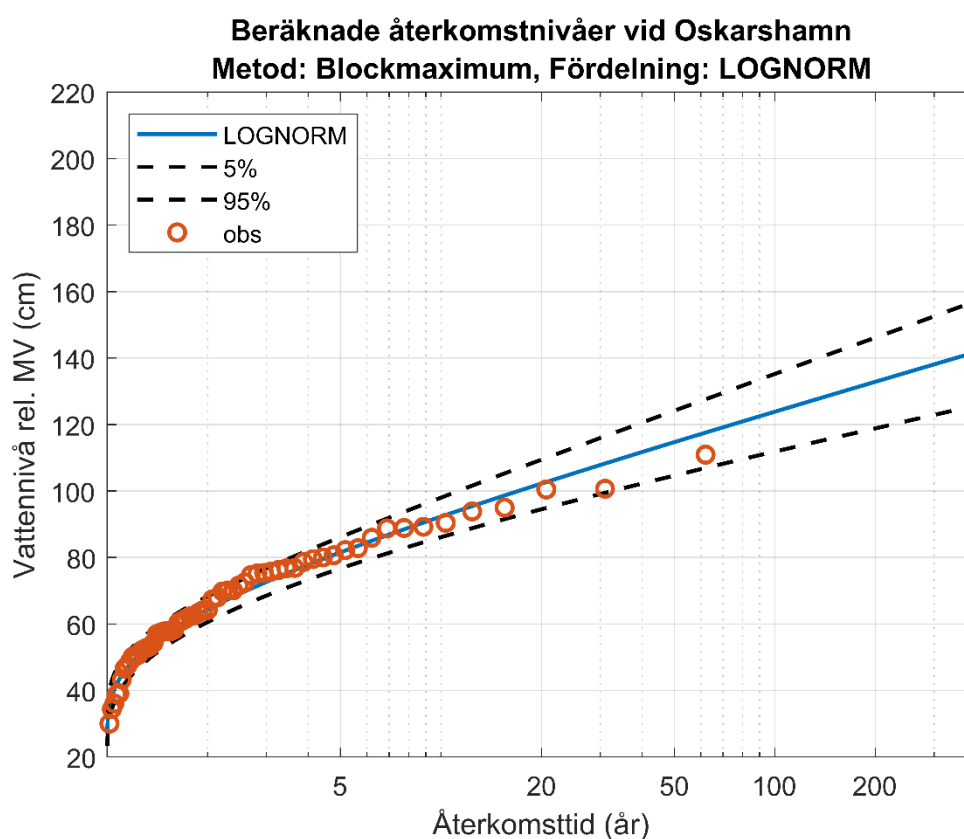


Figur 51. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Oskarshamn. De röda cirkarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

#### 4.13.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 53. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Oskarshamn.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,164<br>(4,092 till 4,236) |
| Log-Skalparameter      | 0,282<br>(0,239 till 0,343) |



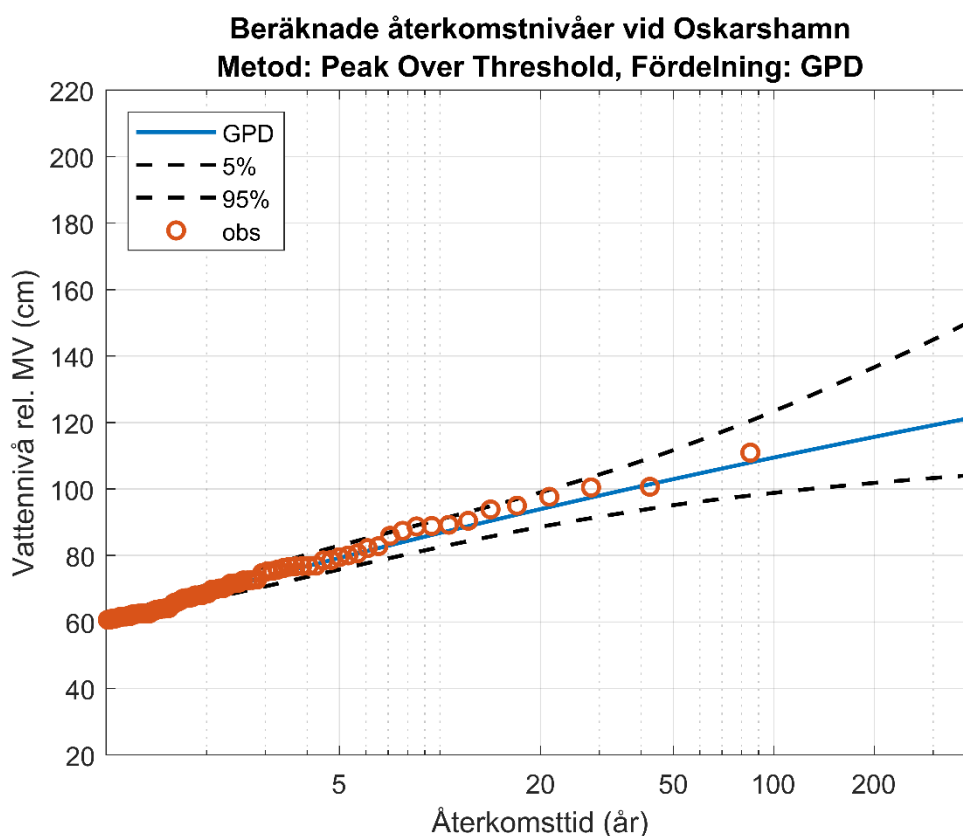
Figur 52. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Oskarshamn. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.13.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 54. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Oskarshamn.

| Fördelningsparametrar |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Formparameter         | -0,063<br>(-0,326 till 0,200) |
| Skalparameter         | 12,236<br>(8,722 till 17,165) |
| Tröskelvärde (cm)     | 61                            |

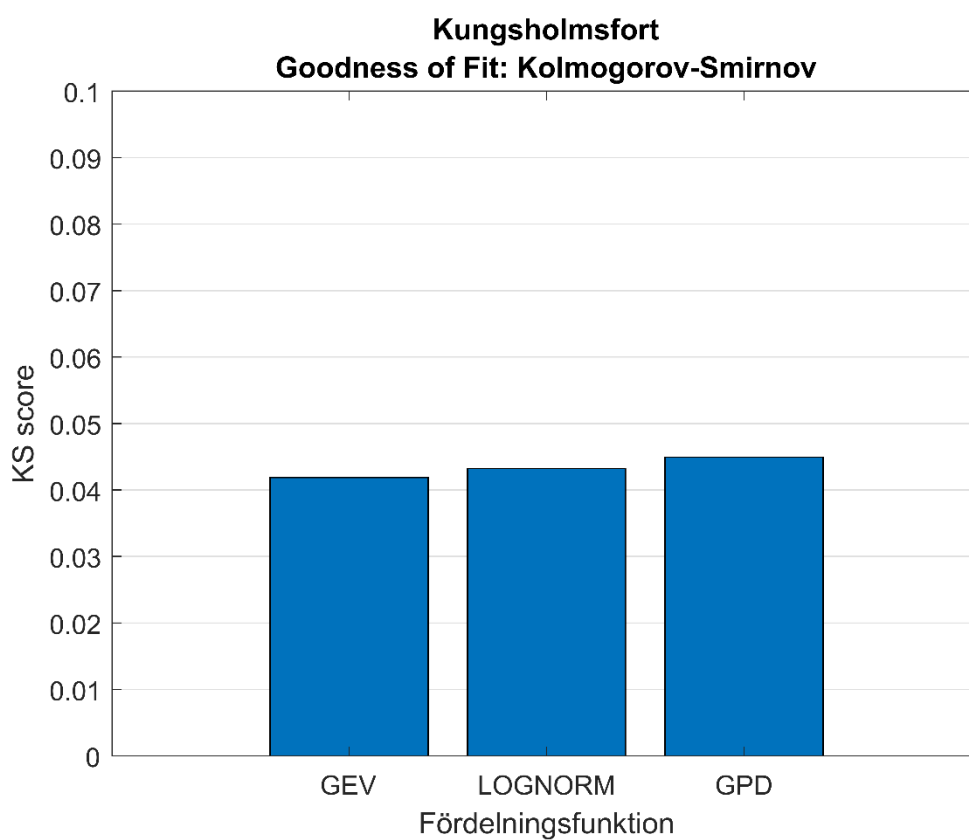


Figur 53. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Oskarshamn. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.14 Kungsholmsfort

Tabell 55. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Kungsholmsfort.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1887-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1886-1887                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 135                        |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 223                        |

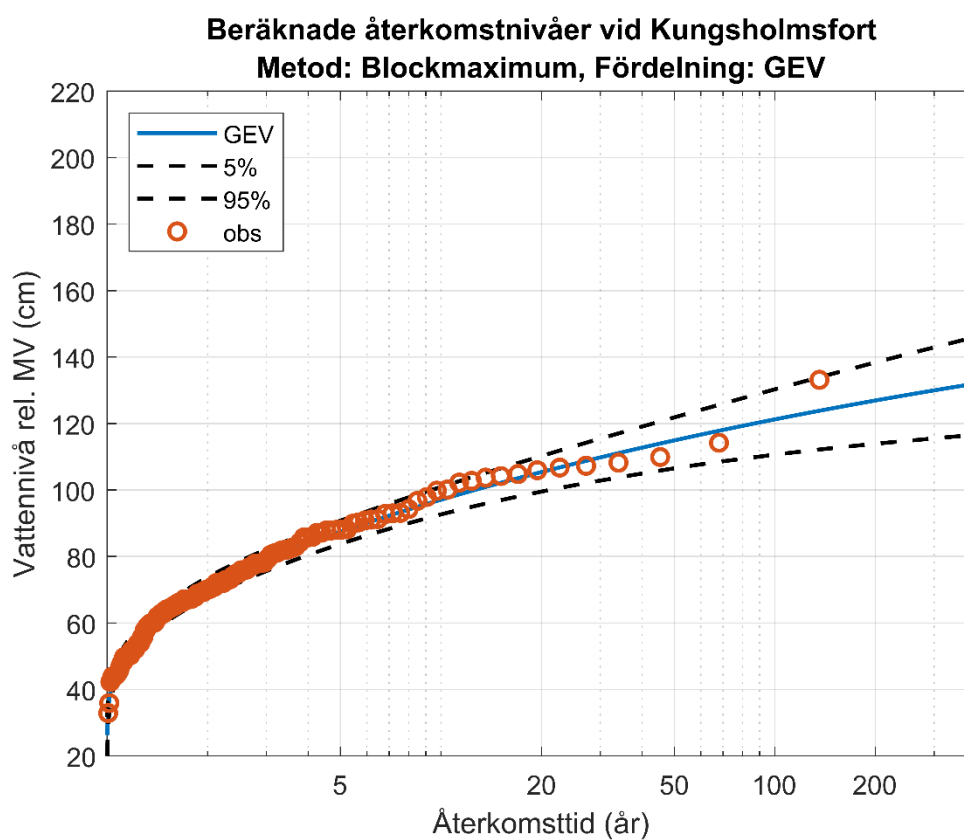


Figur 54. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Kungsholmsfort.

#### 4.14.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 56. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kungsholmsfort.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,149<br>(-0,264 till -0,034) |
| Skalparameter         | 17,047<br>(14,913 till 19,487) |
| Positionparameter     | 64,477<br>(61,269 till 67,685) |

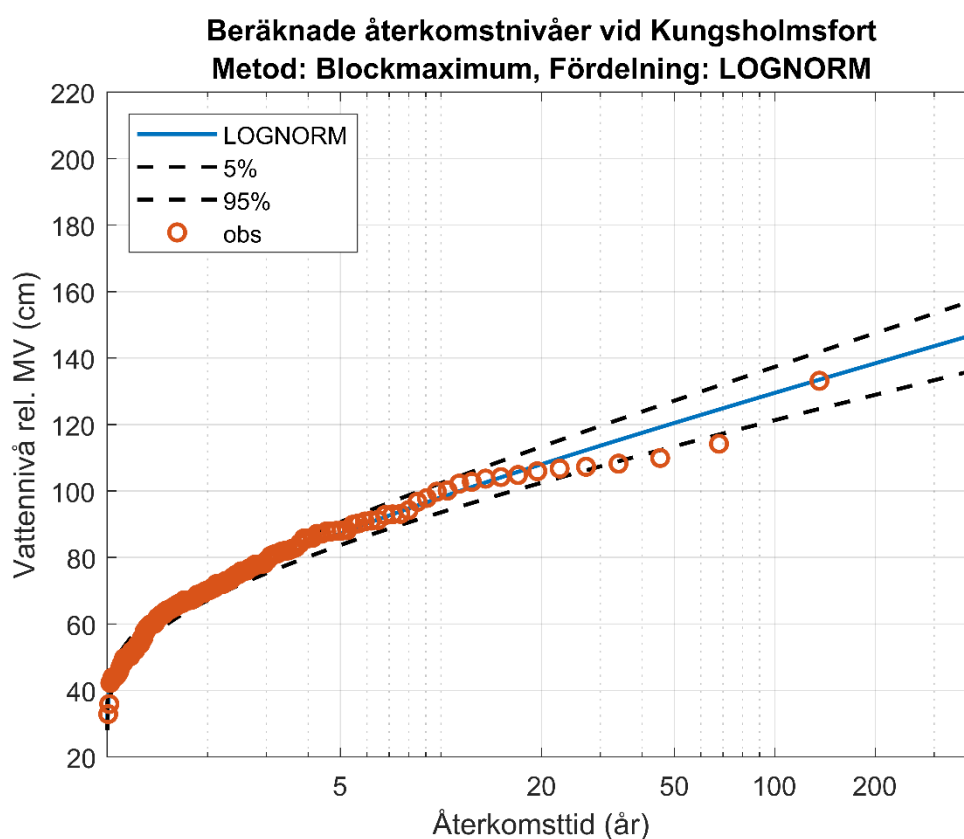


Figur 55. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Kungsholmsfort. De röda cirklarna visar observerade blockmaximumvärden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

#### 4.14.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 57. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kungsholmsfort.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,245<br>(4,199 till 4,291) |
| Log-Skalparameter      | 0,266<br>(0,238 till 0,302) |

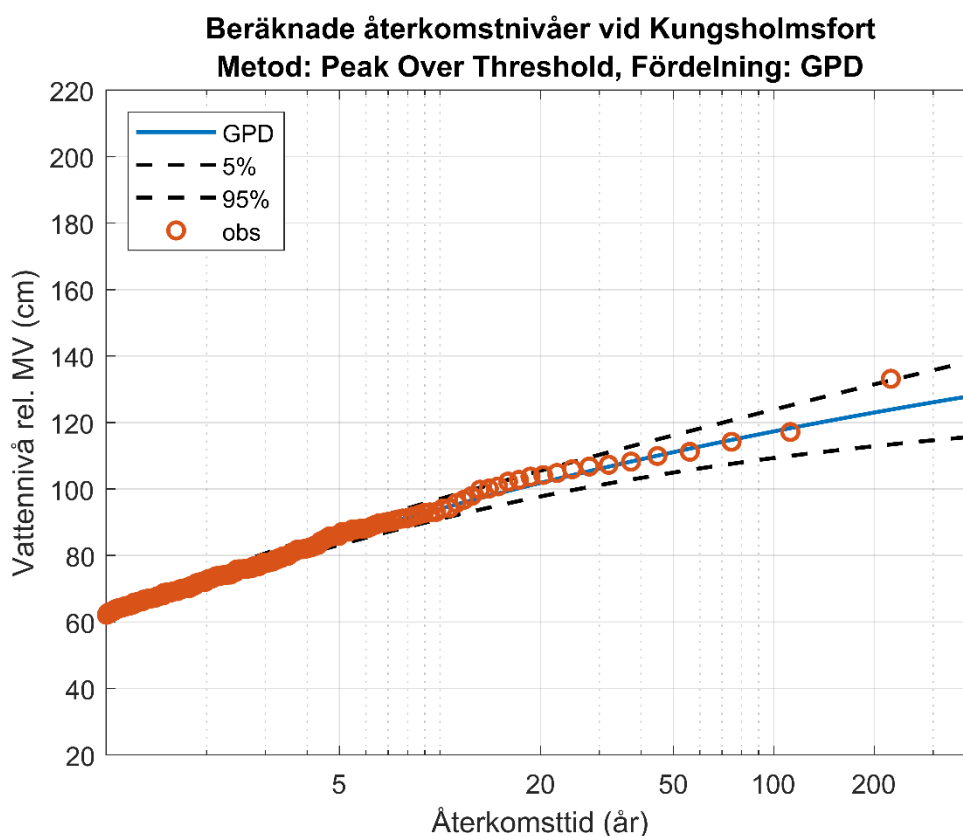


Figur 56. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Kungsholmsfort. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.14.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 58. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kungsholmsfort.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,137<br>(-0,255 till -0,020) |
| Skalparameter         | 16,173<br>(13,574 till 19,271) |
| Tröskelvärde (cm)     | 62                             |

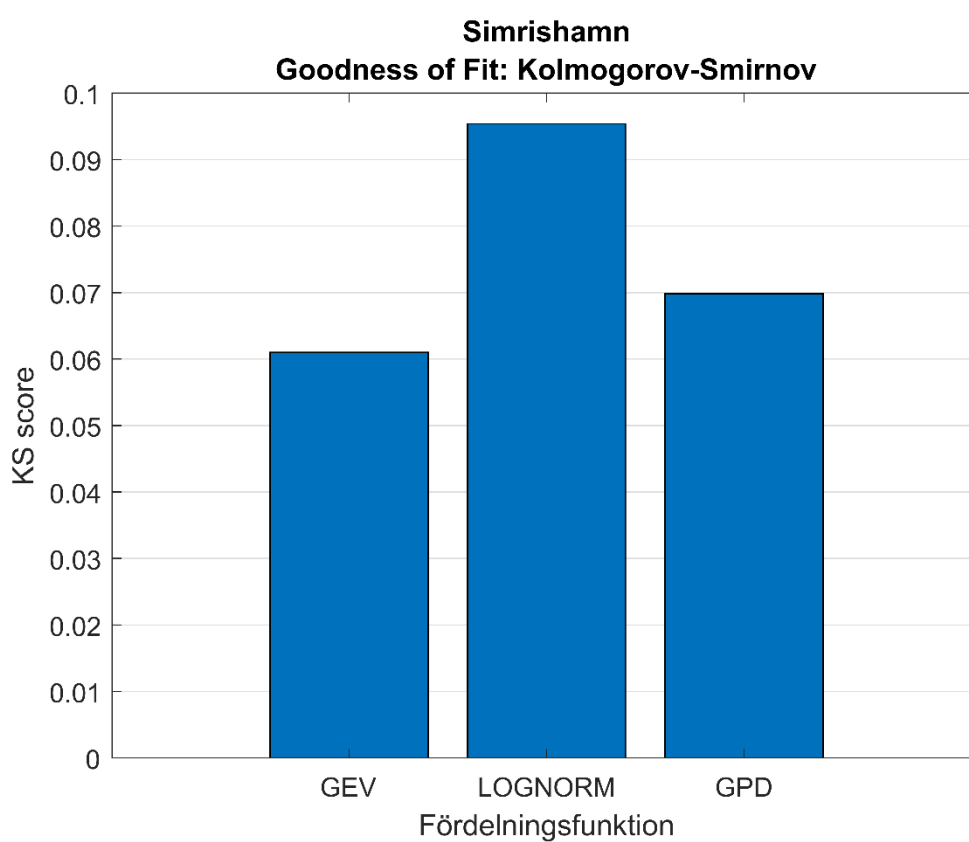


Figur 57. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Kungsholmsfort. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.15 Simrishamn

Tabell 59. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Simrishamn.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1982-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1981-1982                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 40                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 72                         |

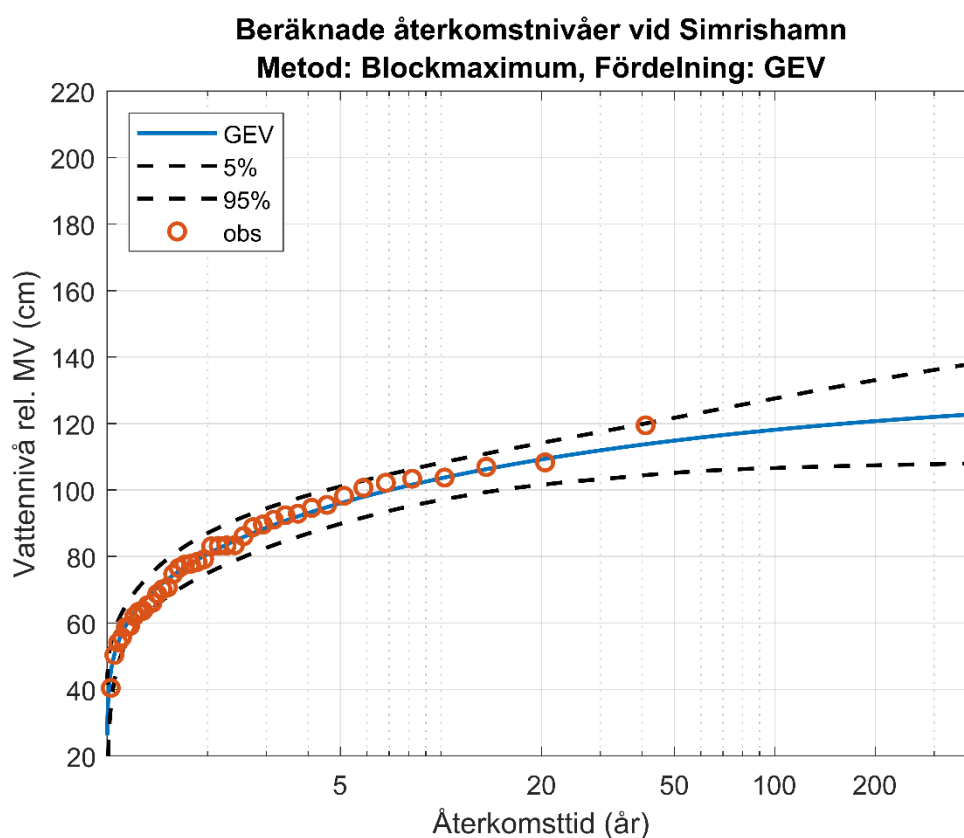


Figur 58. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Simrishamn.

#### 4.15.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 60. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Simrishamn.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,319<br>(-0,525 till -0,113) |
| Skalparameter         | 18,089<br>(14,130 till 23,158) |
| Positionparameter     | 74,464<br>(68,275 till 80,652) |

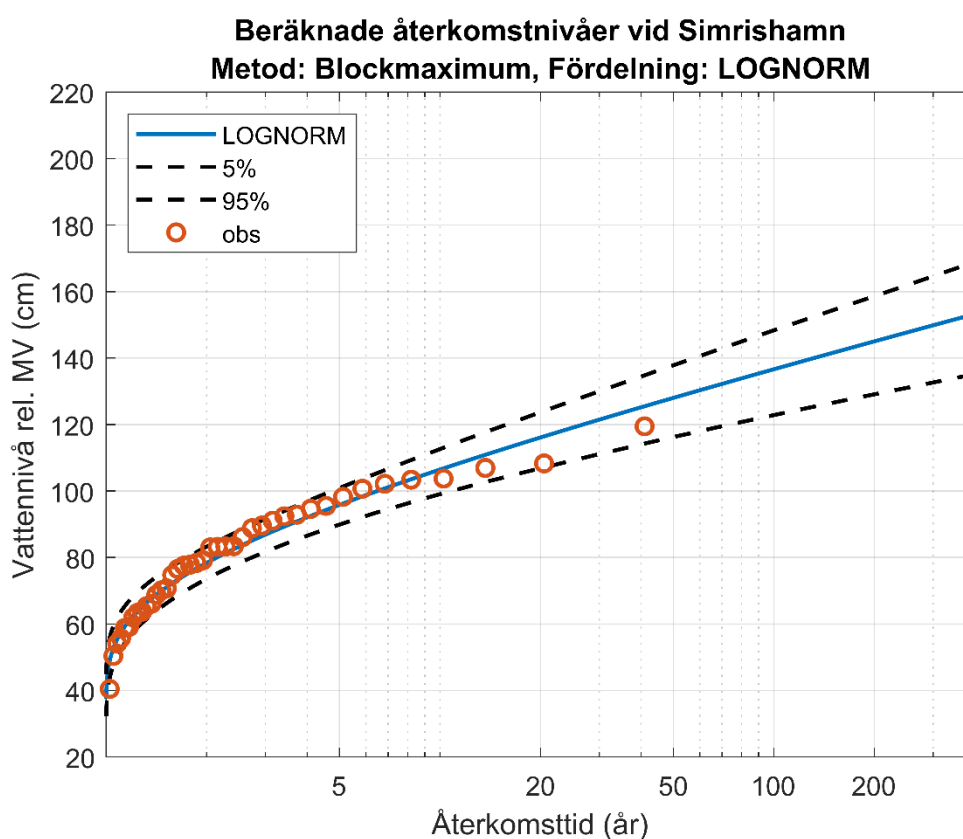


Figur 59. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Simrishamn. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.15.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 61. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Simrishamn.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,362<br>(4,285 till 4,438) |
| Log-Skalparameter      | 0,239<br>(0,196 till 0,307) |



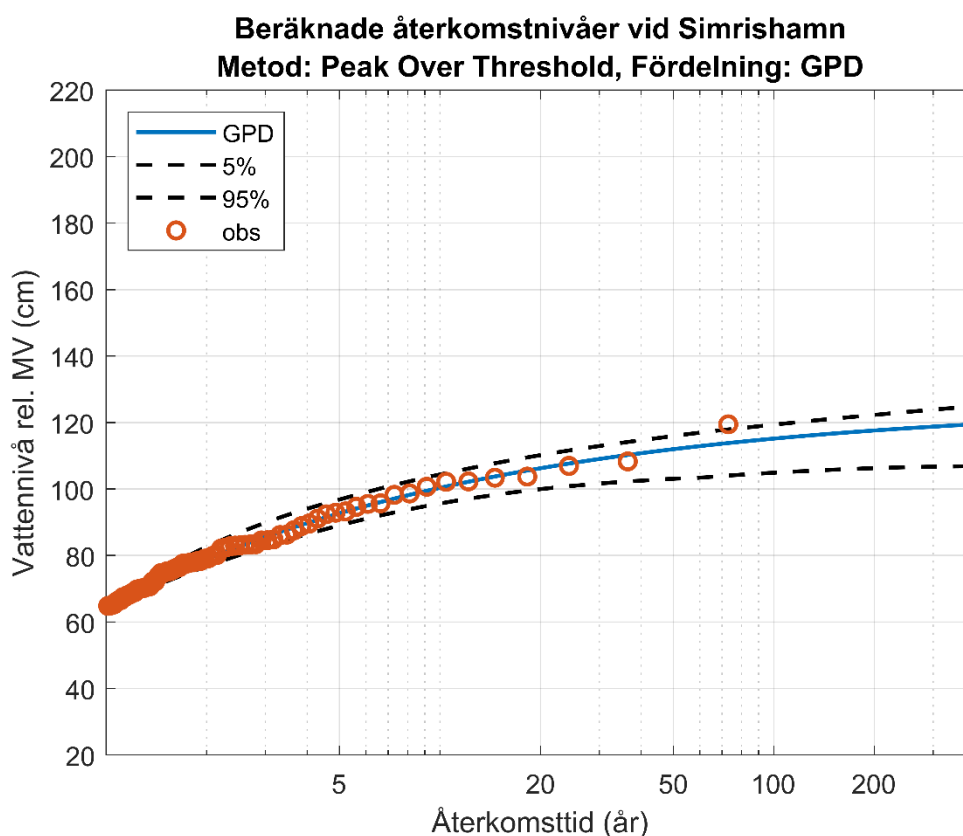
Figur 60. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Simrishamn. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.15.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 62. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Simrishamn.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,382<br>(-0,549 till -0,214) |
| Skalparameter         | 23,289<br>(17,755 till 30,546) |
| Tröskelvärde (cm)     | 65                             |

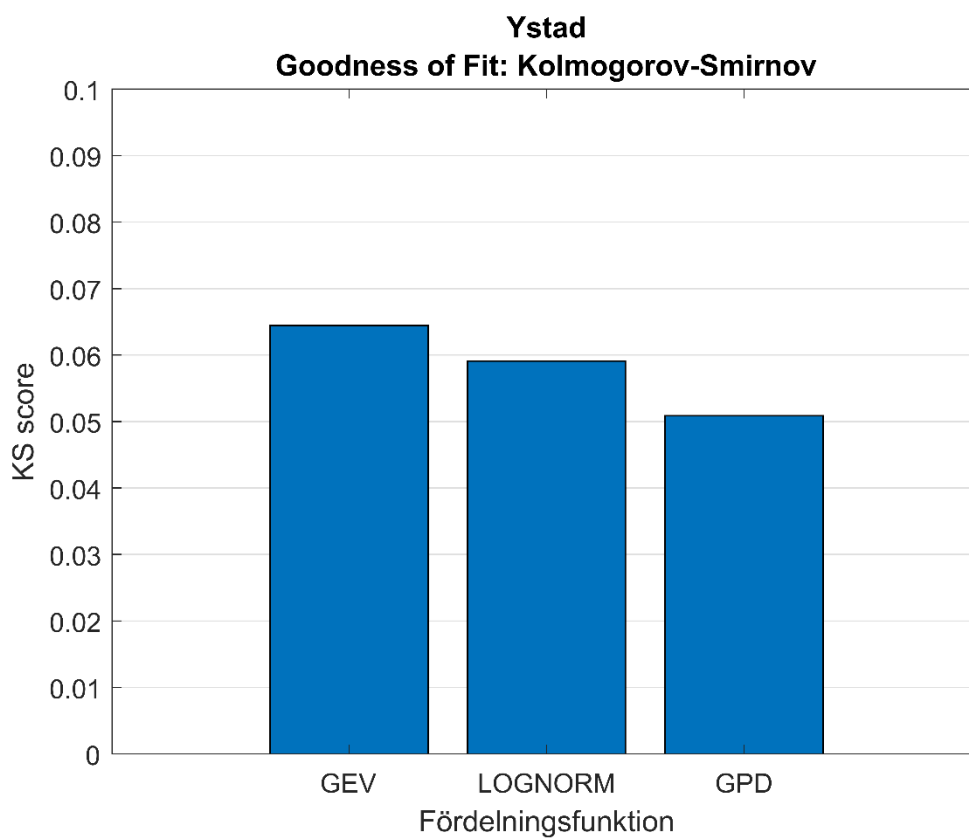


Figur 61. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Simrishamn. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.16 Ystad

Tabell 63. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Ystad.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1887-07-01 till 1987-01-05 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1886-1887                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 100                        |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 203                        |

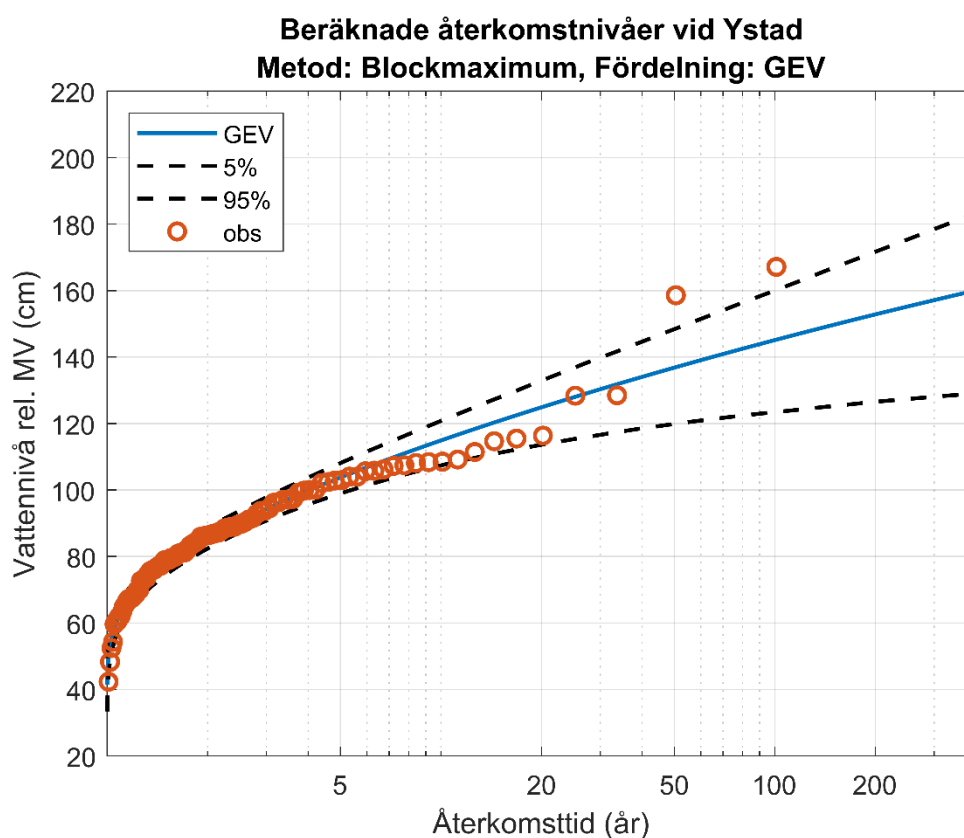


Figur 62. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Ystad.

#### 4.16.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 64. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ystad.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,094<br>(-0,190 till 0,002)  |
| Skalparameter         | 17,703<br>(15,306 till 20,474) |
| Positionsparameter    | 79,006<br>(75,228 till 82,783) |

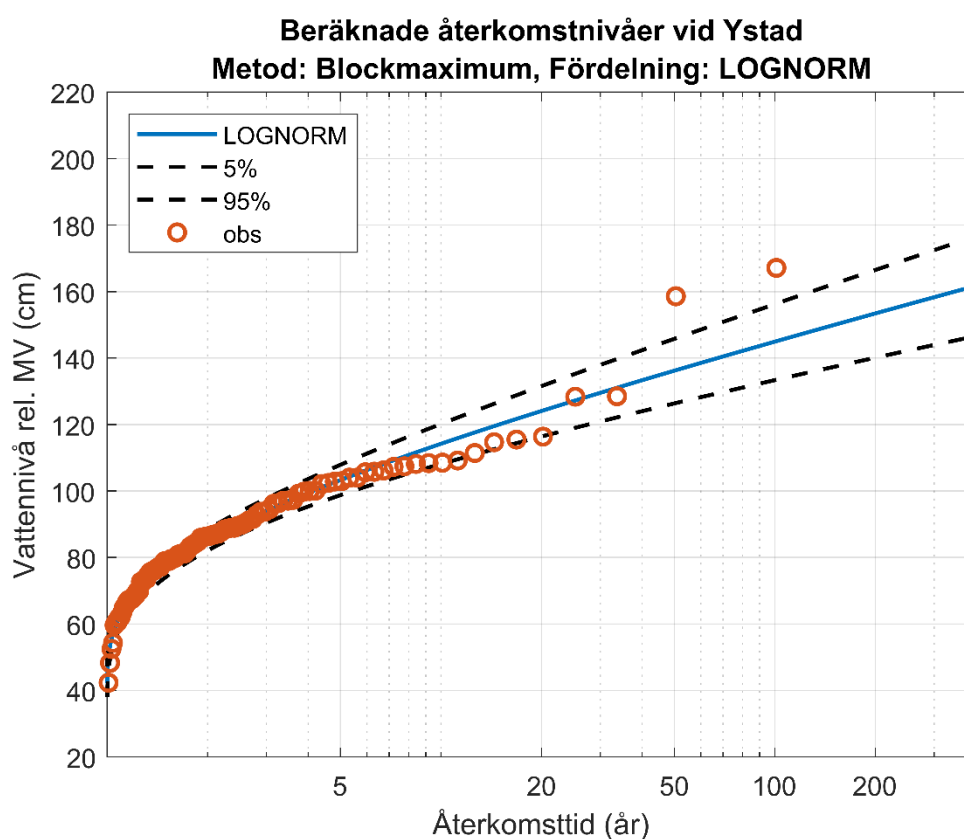


Figur 63. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Ystad. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.16.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 65. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ystad.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,446<br>(4,400 till 4,491) |
| Log-Skalparameter      | 0,228<br>(0,200 till 0,265) |

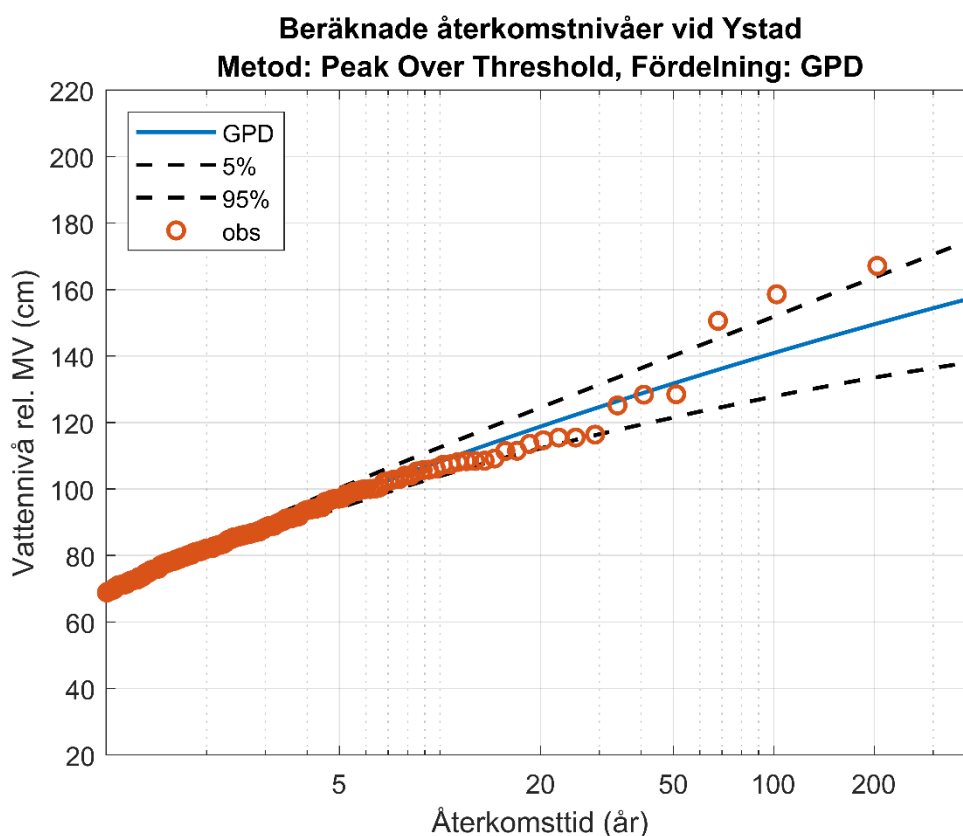


Figur 64. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Ystad. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.16.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 66. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Ystad.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,084<br>(-0,193 till 0,025)  |
| Skalparameter         | 18,878<br>(15,845 till 22,492) |
| Tröskelvärde (cm)     | 69                             |

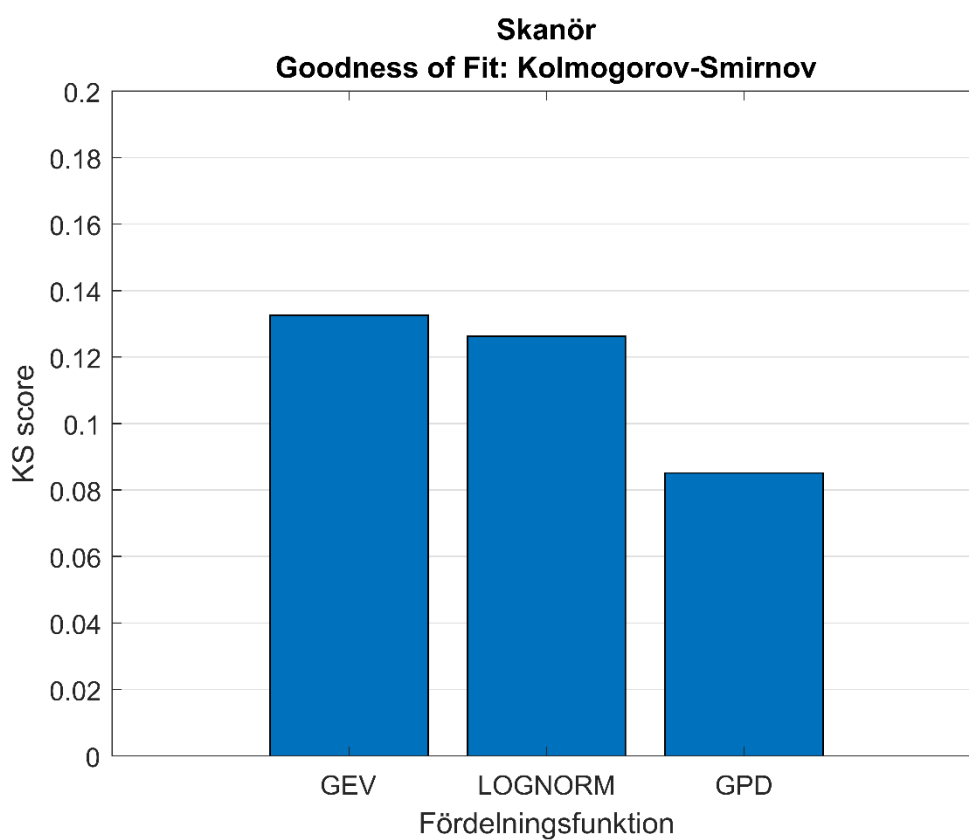


Figur 65. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Ystad. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.17 Skanör

Tabell 67. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Skanör.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1992-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1991-1992                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 30                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 88                         |

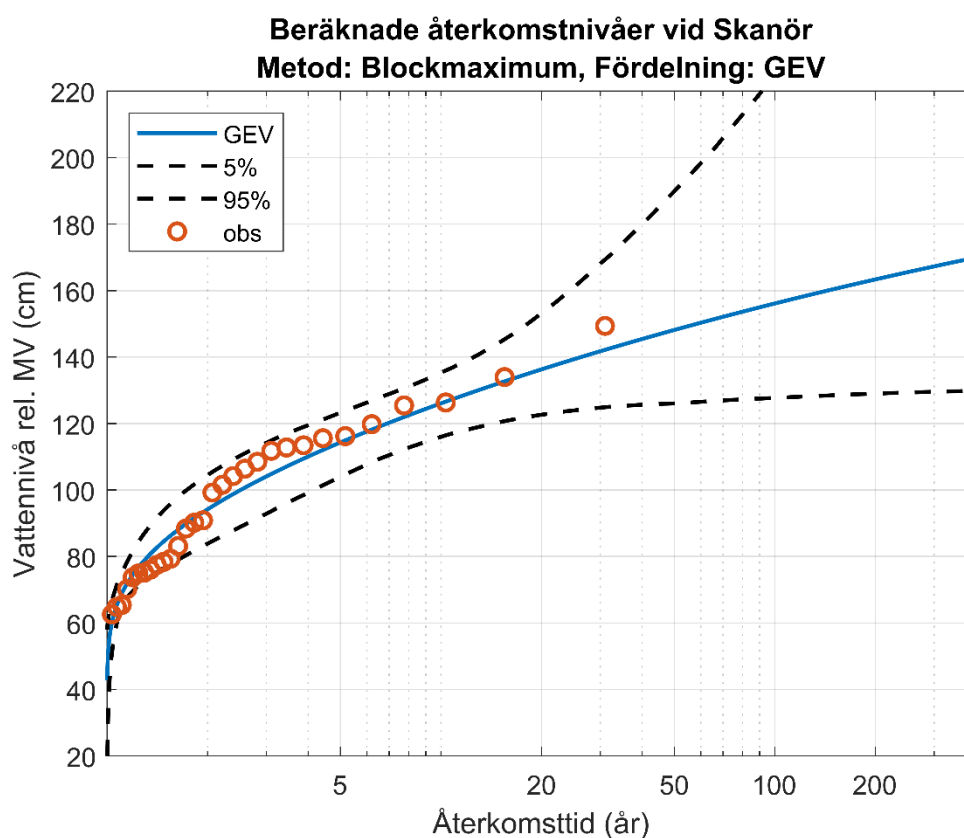


Figur 66. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Skanör.

#### 4.17.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 68. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Skanör.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,133<br>(-0,517 till 0,251)  |
| Skalparameter         | 20,090<br>(14,464 till 27,903) |
| Positionparameter     | 86,996<br>(78,368 till 95,625) |

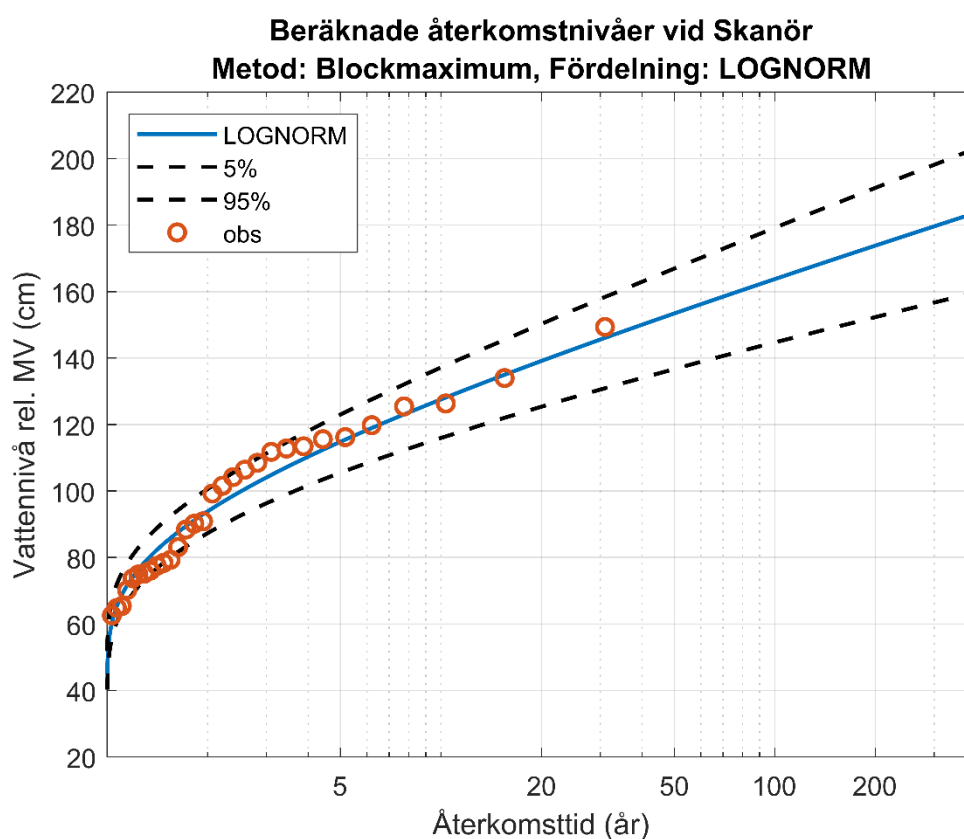


Figur 67. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Skanör. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.17.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 69. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Skanör.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,542<br>(4,453 till 4,631) |
| Log-Skalparameter      | 0,239<br>(0,191 till 0,322) |

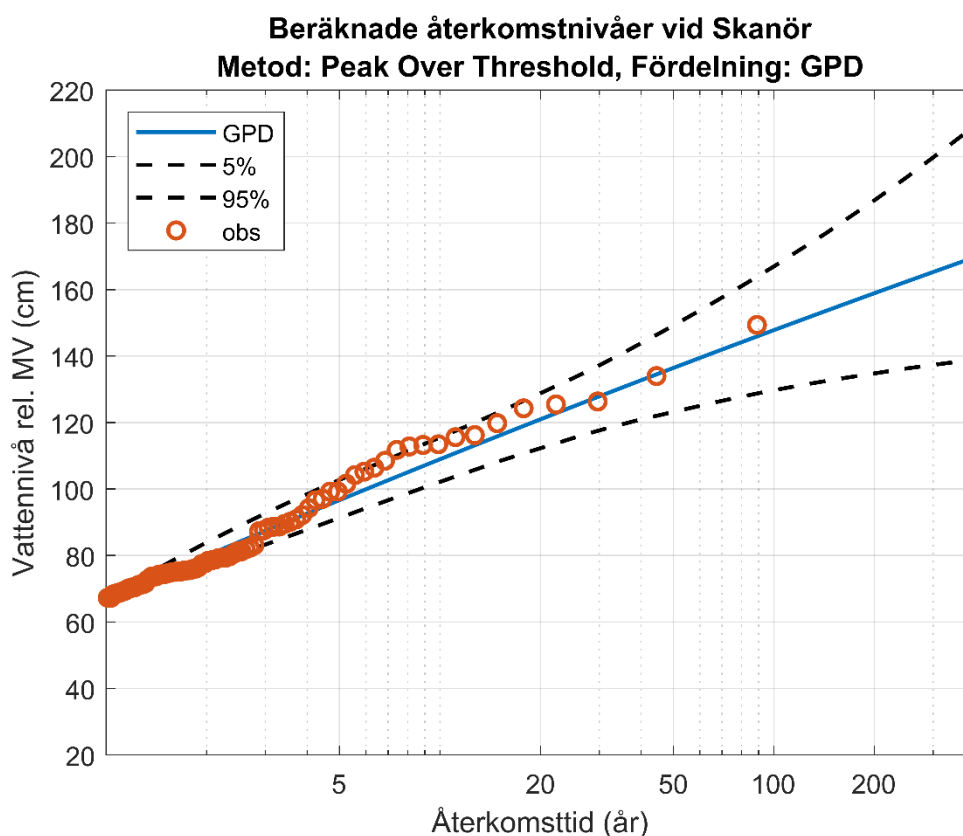




### 4.17.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 70. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Skanör.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,034<br>(-0,297 till 0,229)  |
| Skalparameter         | 18,965<br>(13,556 till 26,531) |
| Tröskelvärde (cm)     | 67                             |

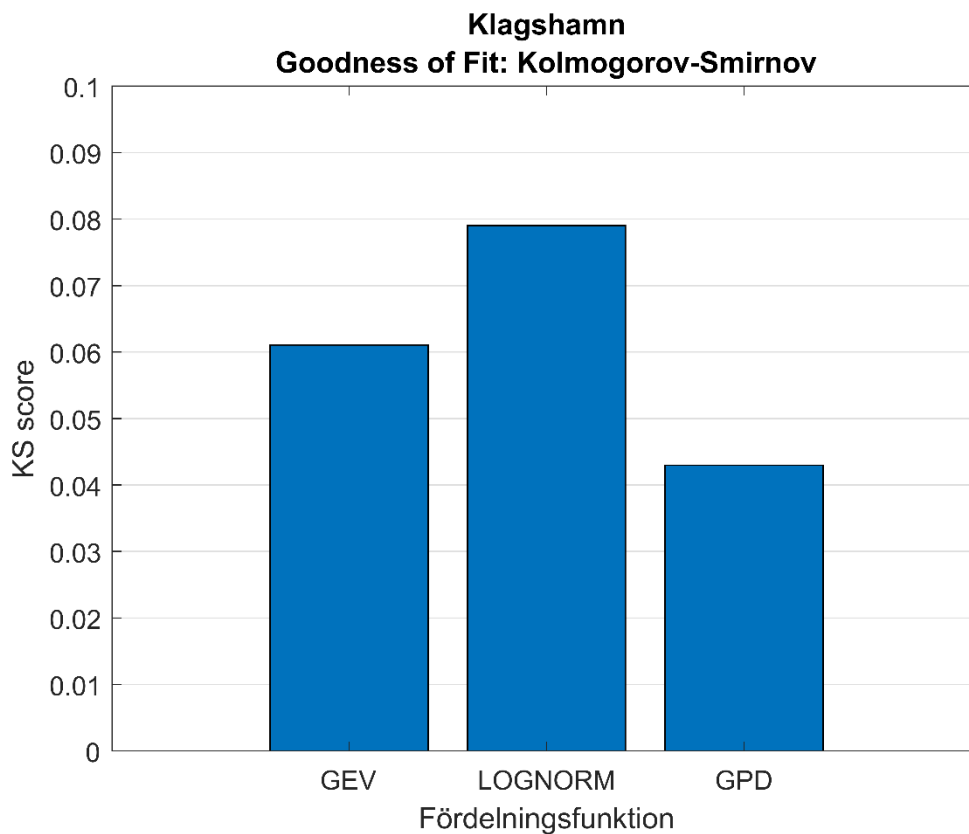


Figur 69. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Skanör. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.18 Klagshamn

Tabell 71. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Klagshamn.

|  |  |
|--|--|
| Dataperiod   | 1930-07-01 till 2022-06-30                                       |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1929-1930, 1939-1940, 1940-1941, 1941-1942, 1946-1947, 1955 1956 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 87   |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 245  |

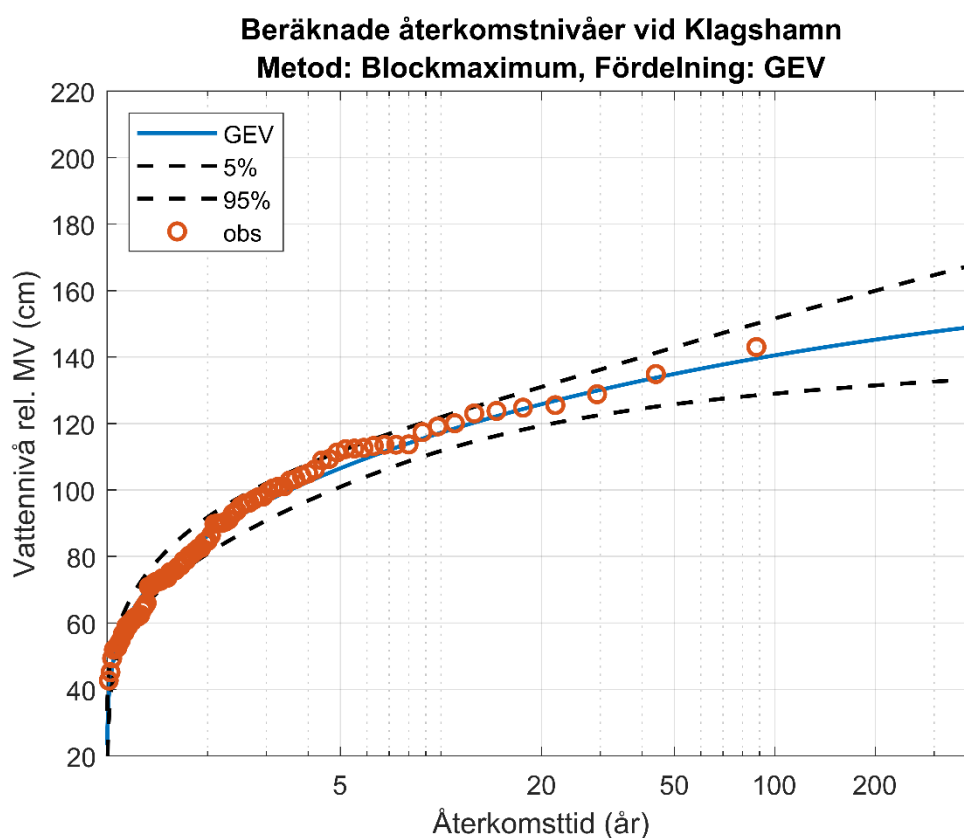


Figur 70. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Klagshamn.

#### 4.18.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 72. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Klagshamn.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,242<br>(-0,417 till -0,067) |
| Skalparameter         | 22,394<br>(18,767 till 26,722) |
| Positionsparameter    | 78,372<br>(73,014 till 83,729) |

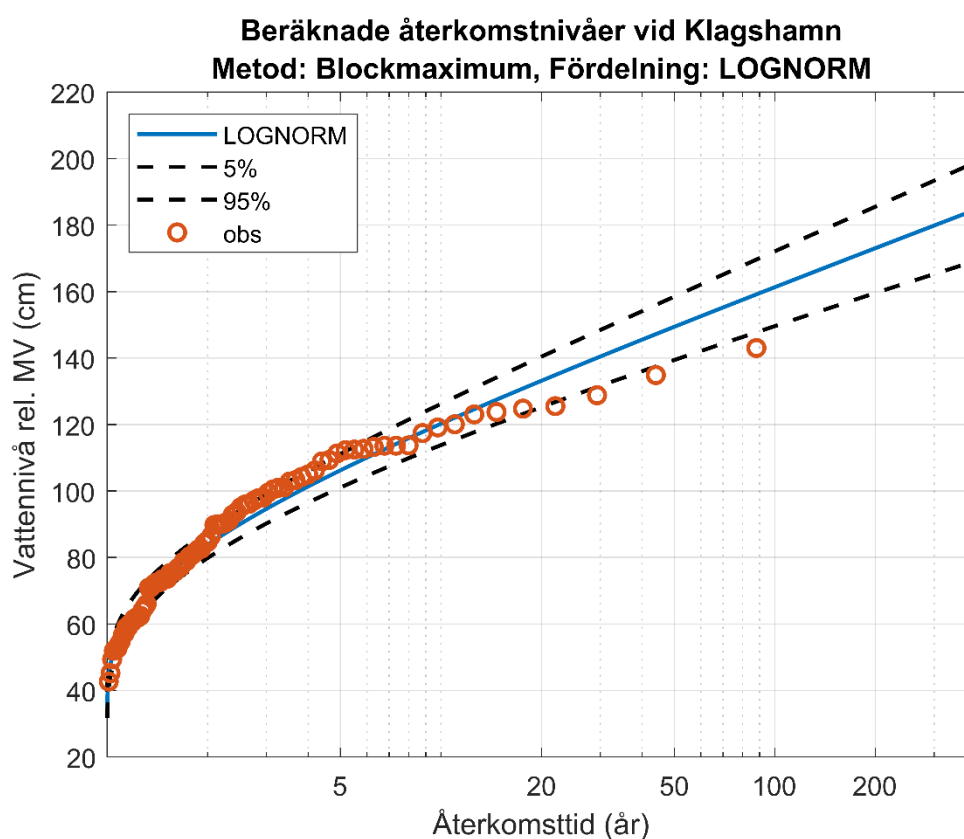


Figur 71. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Klagshamn. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.18.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 73. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Klagshamn.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,429<br>(4,369 till 4,489) |
| Log-Skalparameter      | 0,281<br>(0,245 till 0,331) |

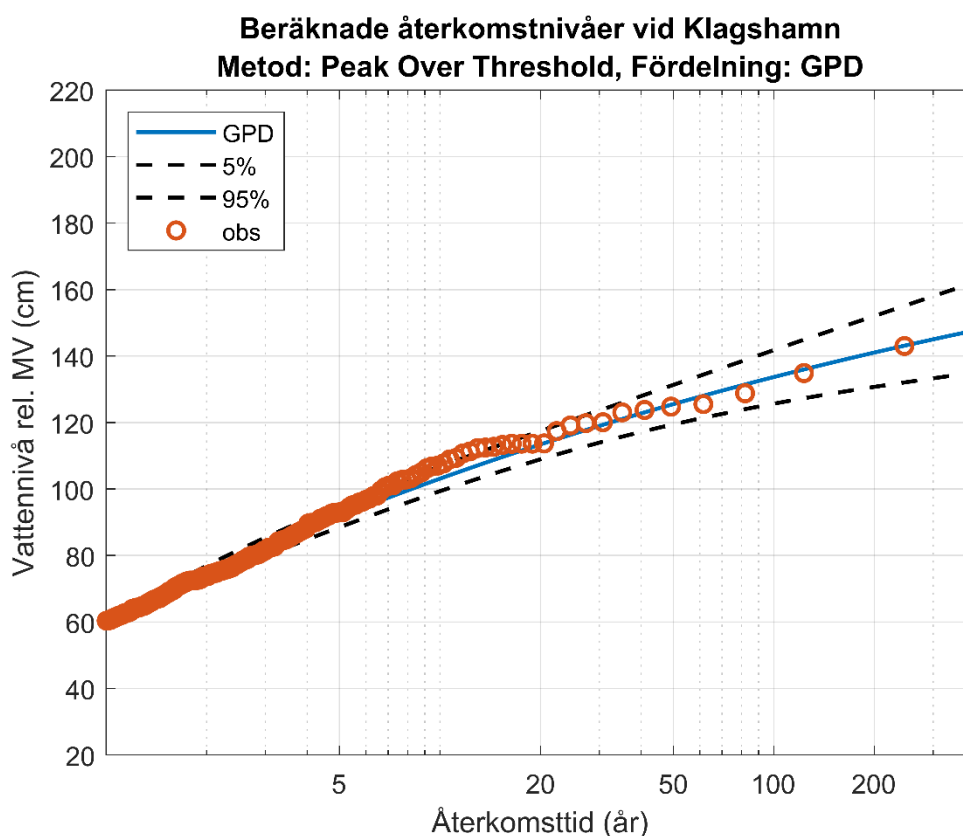


Figur 72. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Klagshamn. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.18.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 74. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Klagshamn.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,146<br>(-0,287 till -0,005) |
| Skalparameter         | 21,868<br>(18,127 till 26,382) |
| Tröskelvärde (cm)     | 60                             |

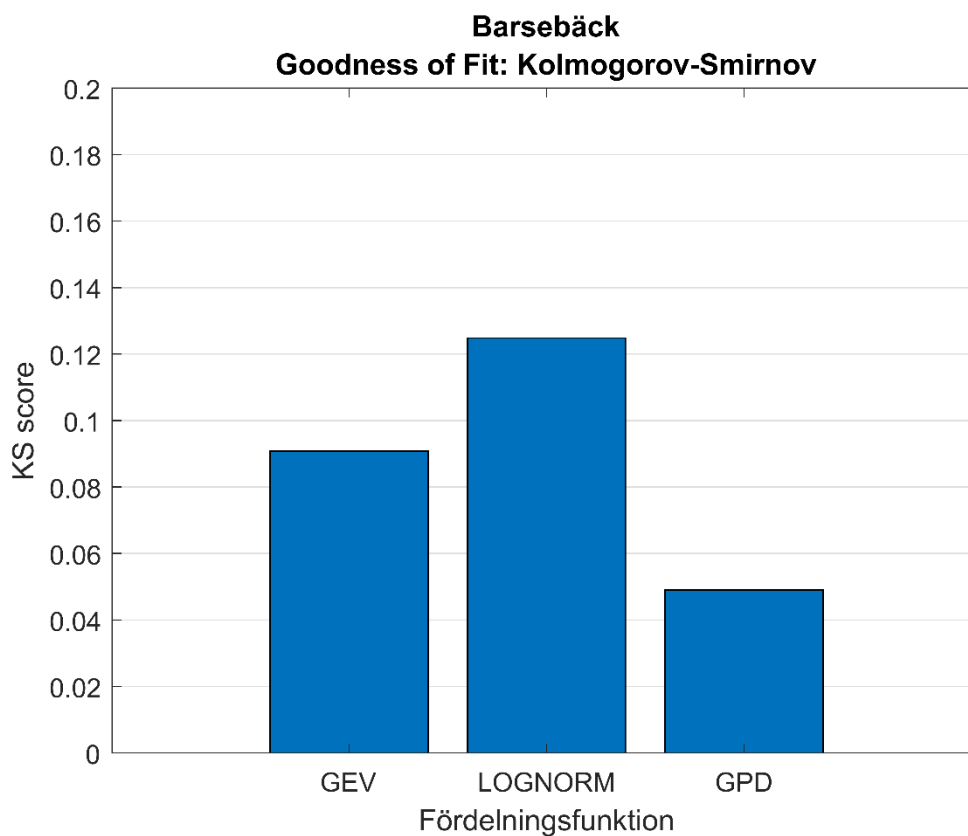


Figur 73. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Klagshamn. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.19 Barsebäck

Tabell 75. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Barsebäck.

|  |   |
|--|---|
| Dataperiod   | 1992-07-01 till 2022-06-30  |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1981-1982, 1982-1983, 1983-1984, 1984-1985, 1985-1986, 1986-1987, 1987-1988, 1988-1989, 1989-1990, 1990-1991, 1991-1992 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 30  |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 80  |

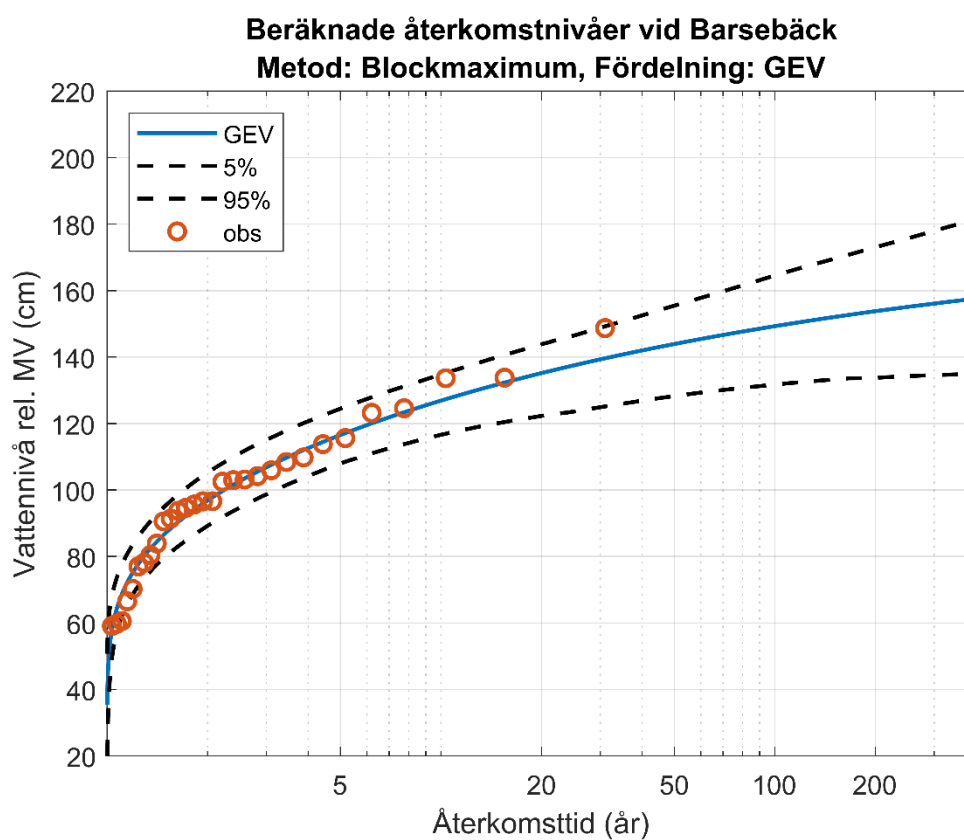


Figur 74. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Barsebäck.

#### 4.19.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 76. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Barsebäck.

| Fördelningsparametrar |                    |
|-----------------------|--------------------|
| Formparameter         | -0,245             |
|                       | -0,495 till 0,004  |
| Skalparameter         | 21,784             |
|                       | 16,406 till 28,925 |
| Positionsparameter    | 89,212             |
|                       | 80,523 till 97,901 |

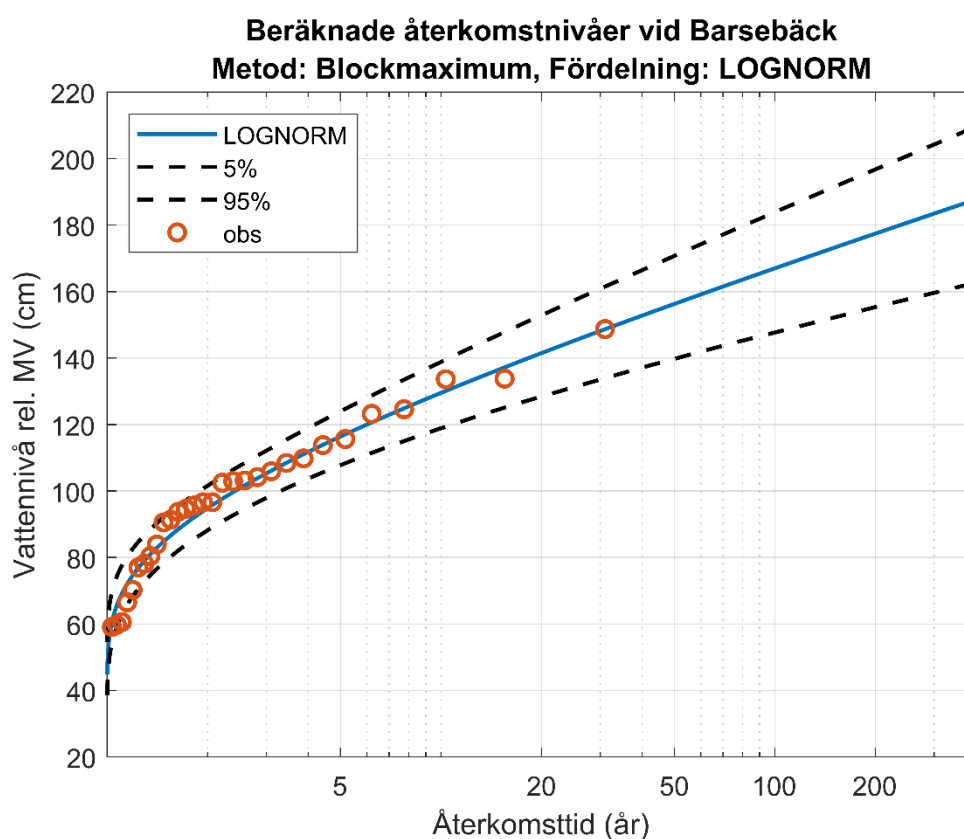


Figur 75. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Barsebäck. De röda cirklarna visar observerade blockmaximumvärden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.19.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 77. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Barsebäck.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,552<br>(4,461 till 4,643) |
| Log-Skalparameter      | 0,243<br>(0,194 till 0,327) |



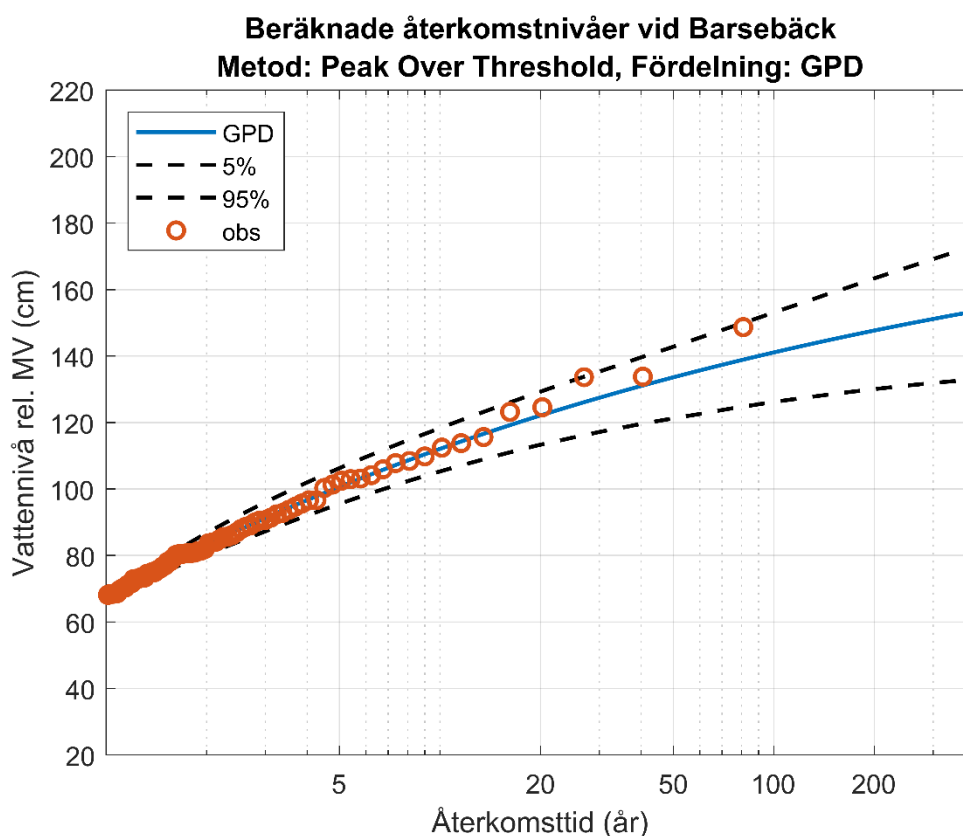
Figur 76. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Barsebäck. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.19.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 78. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Barsebäck.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,184<br>(-0,386 till 0,019)  |
| Skalparameter         | 23,579<br>(17,542 till 31,694) |
| Tröskelvärde (cm)     | 68                             |

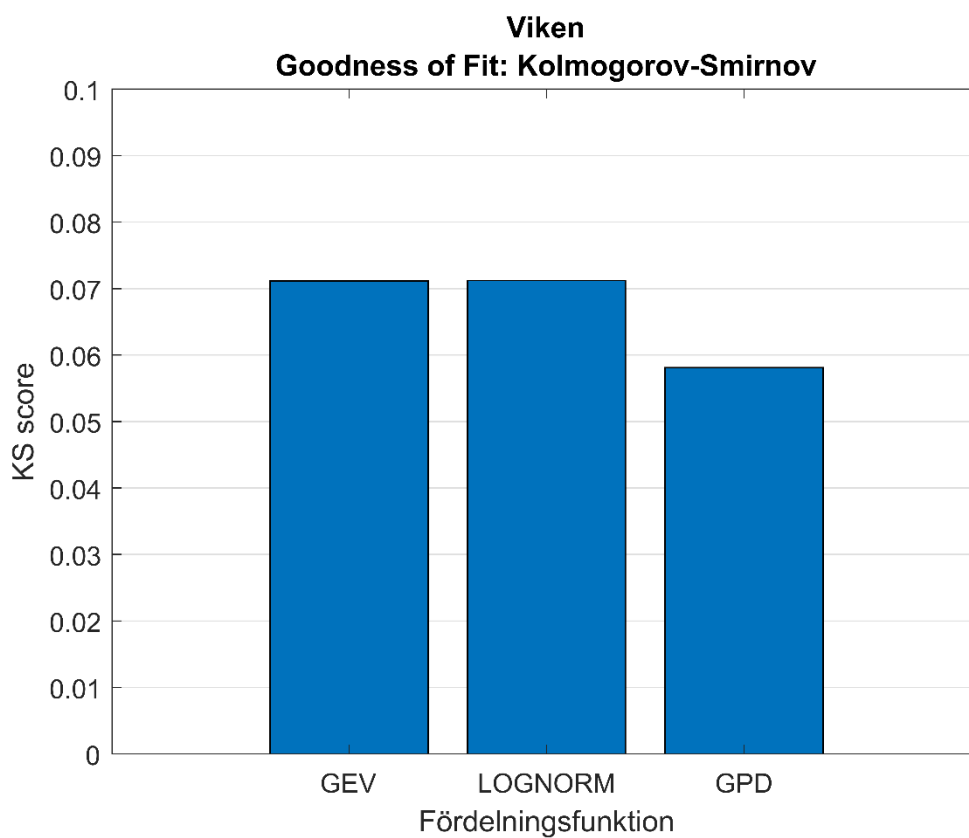


Figur 77. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Barsebäck. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.20 Viken

Tabell 79. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Viken.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1976-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1975-1976                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 46                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 141                        |

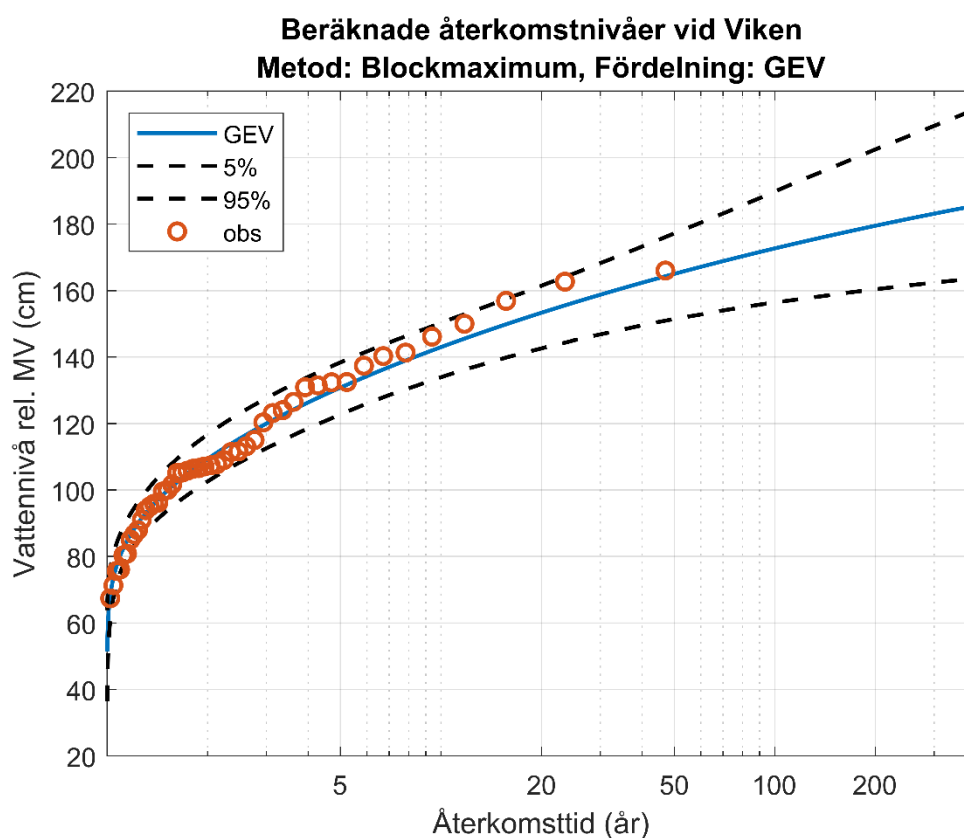


Figur 78. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Viken.

#### 4.20.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 80. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Viken.

| Fördelningsparametrar |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| Formparameter         | -0,164<br>(-0,403 till 0,075)    |
| Skalparameter         | 22,045<br>(17,379 till 27,963)   |
| Positionparameter     | 101,498<br>(94,231 till 108,765) |

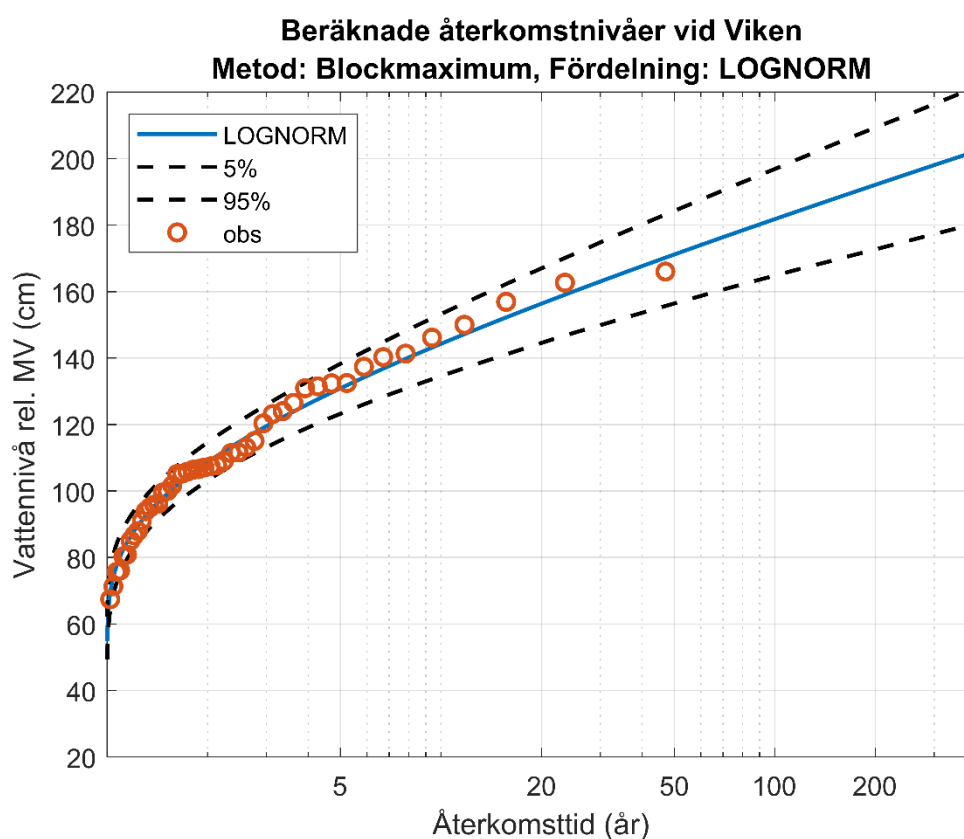


Figur 79. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Viken. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.20.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 81. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Viken.

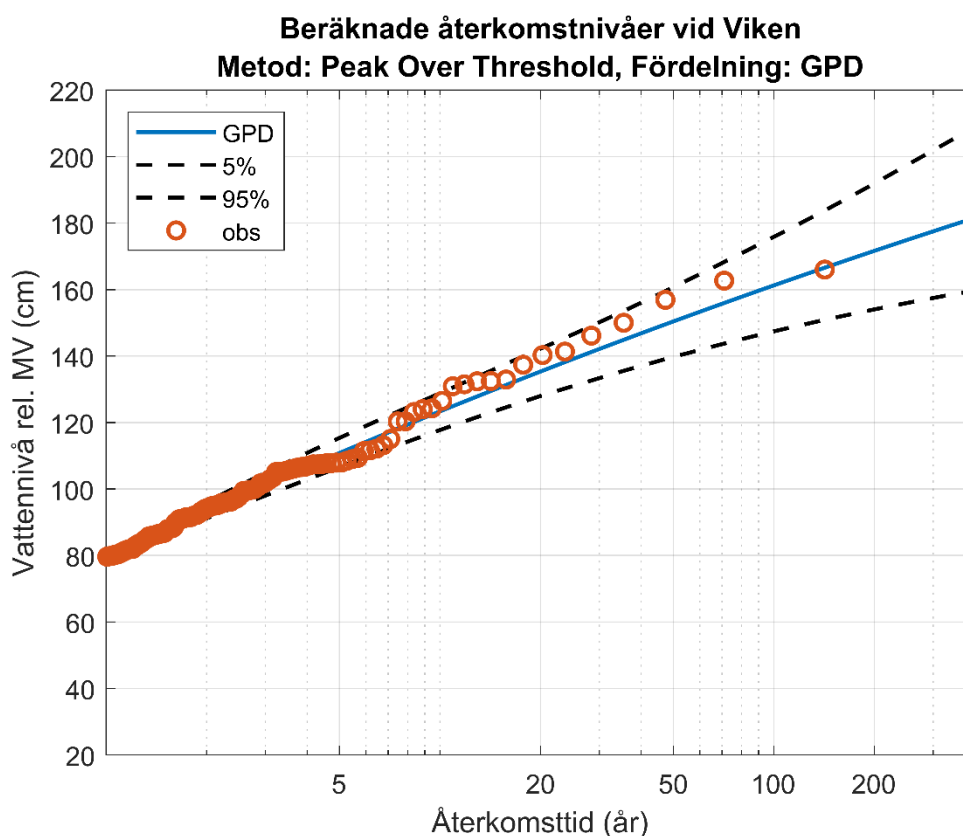
| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,688<br>(4,623 till 4,754) |
| Log-Skalparameter      | 0,221<br>(0,184 till 0,279) |



### 4.20.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 82. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Viken.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,062<br>(-0,243 till 0,119)  |
| Skalparameter         | 20,395<br>(15,970 till 26,047) |
| Tröskelvärde (cm)     | 80                             |

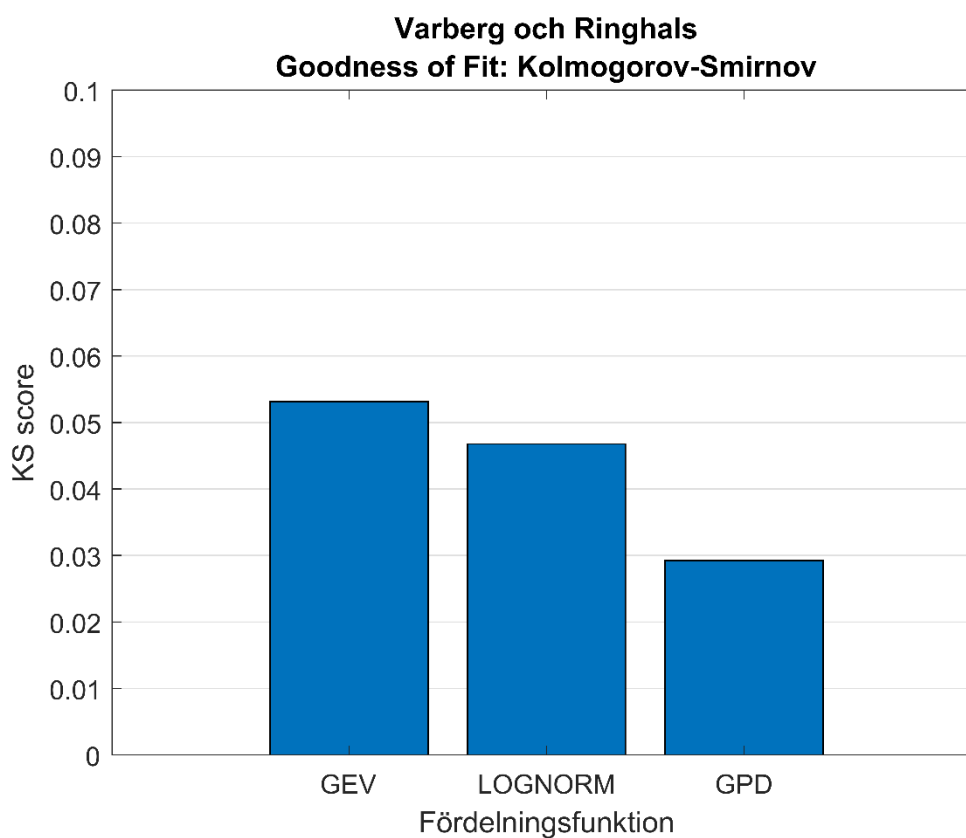


Figur 81. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Viken. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.21 Varberg och Ringhals

Tabell 83. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Varberg och Ringhals.

|  |   |
|--|---|
| Dataperiod   | 1887-07-01 till 2022-06-30  |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1886-1887, 1900-1901, 1909-1910, 1934-1935, 1941-1942, 1943-1944, 1947-1948, 1954-1955, 1955-1956, 1964-1965, 1966-1967 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 125   |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 284   |

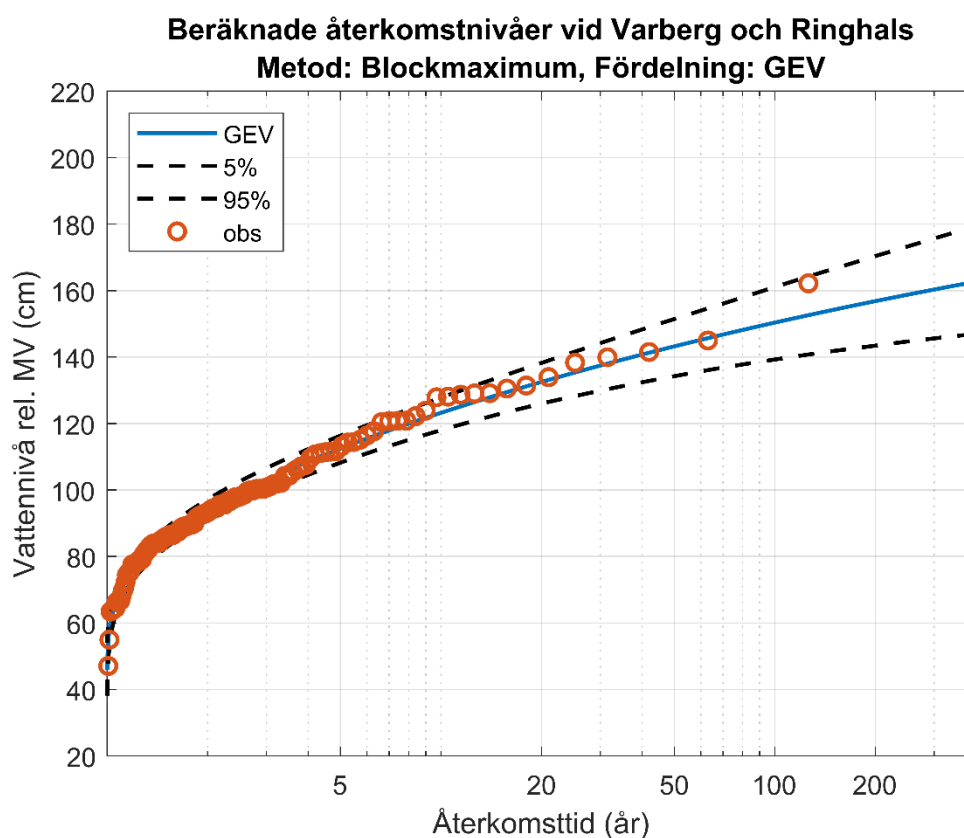


Figur 82. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Varberg och Ringhals.

#### 4.21.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 84. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Varberg och Ringhals.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,141<br>(-0,251 till -0,031) |
| Skalparameter         | 18,631<br>(16,280 till 21,322) |
| Positionsparameter    | 87,278<br>(83,668 till 90,888) |

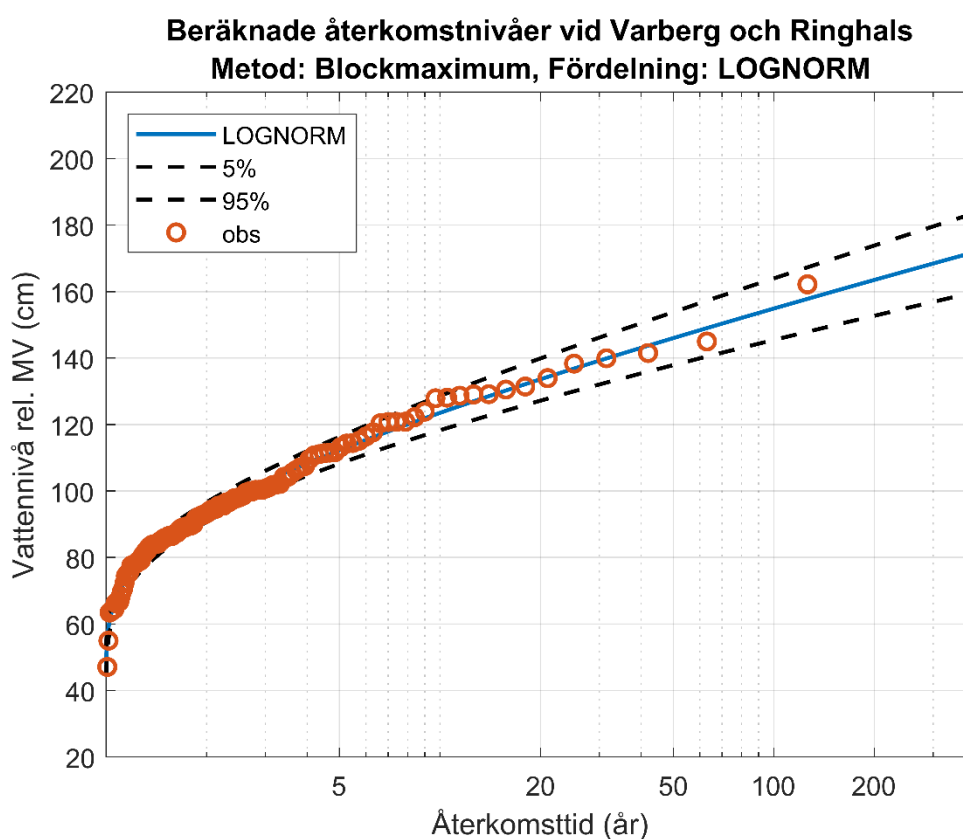


Figur 83. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Varberg och Ringhals. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.21.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 85. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Varberg och Ringhals.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,538<br>(4,500 till 4,577) |
| Log-Skalparameter      | 0,217<br>(0,193 till 0,248) |



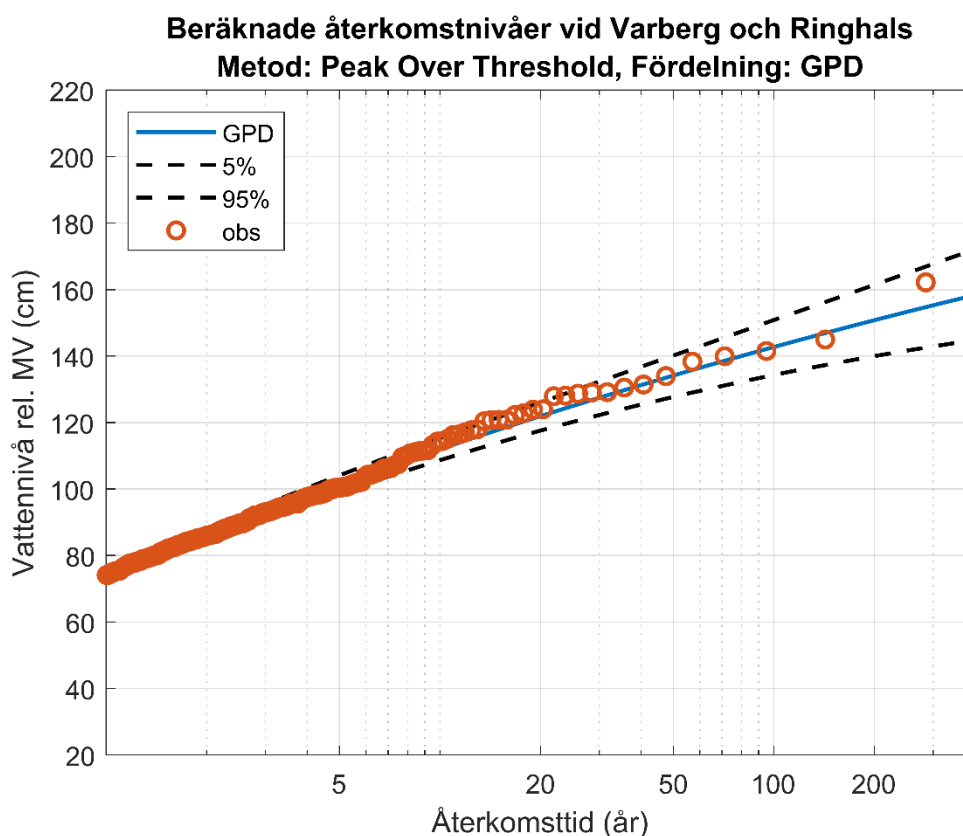
Figur 84. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Varberg och Ringhals. De röda cirkarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.21.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 86. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Varberg och Ringhals.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,091<br>(-0,206 till 0,024)  |
| Skalparameter         | 18,258<br>(15,505 till 21,499) |
| Tröskelvärde (cm)     | 74                             |

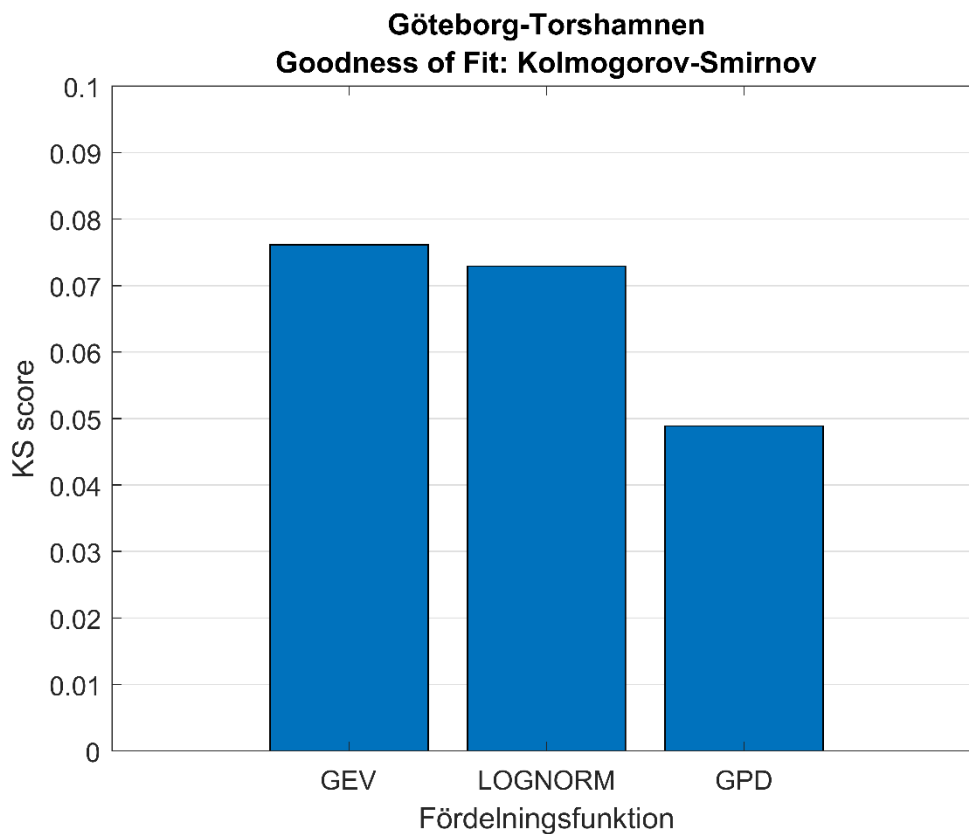


Figur 85. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Varberg och Ringhals. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.22 Göteborg-Torshamnen

Tabell 87. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Göteborg-Torshamnen.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1968-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1967-1968                  |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 54                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 143                        |

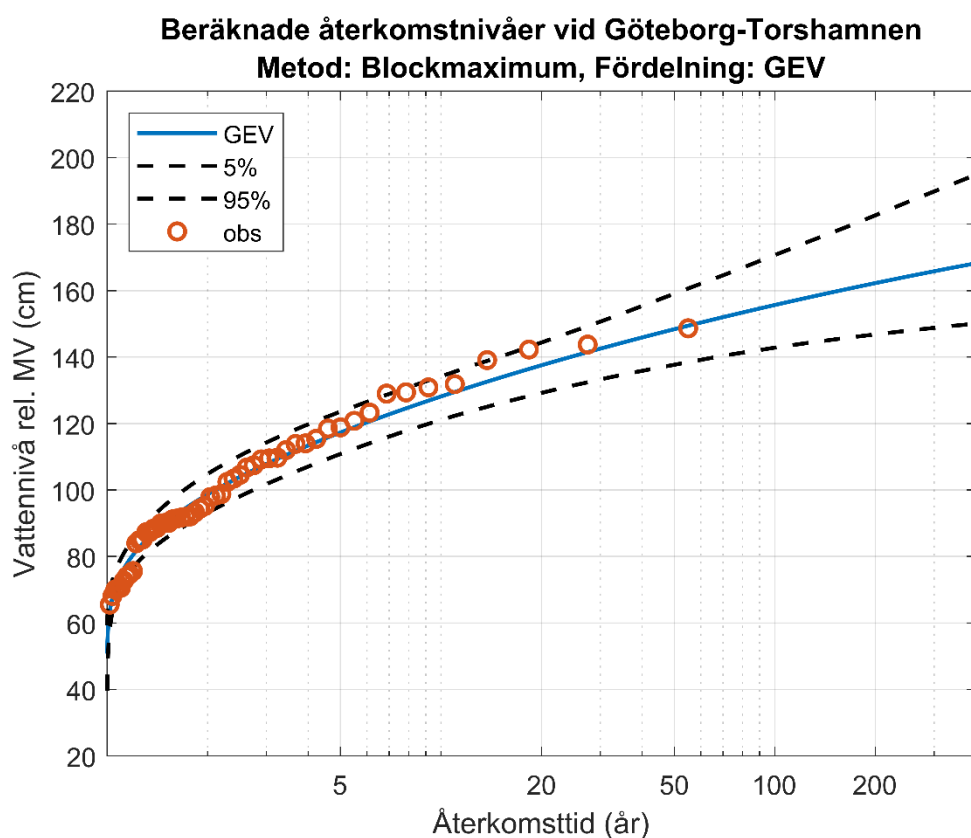


Figur 86. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Göteborg-Torshamnen.

#### 4.22.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 88. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Göteborg-Torshammen.

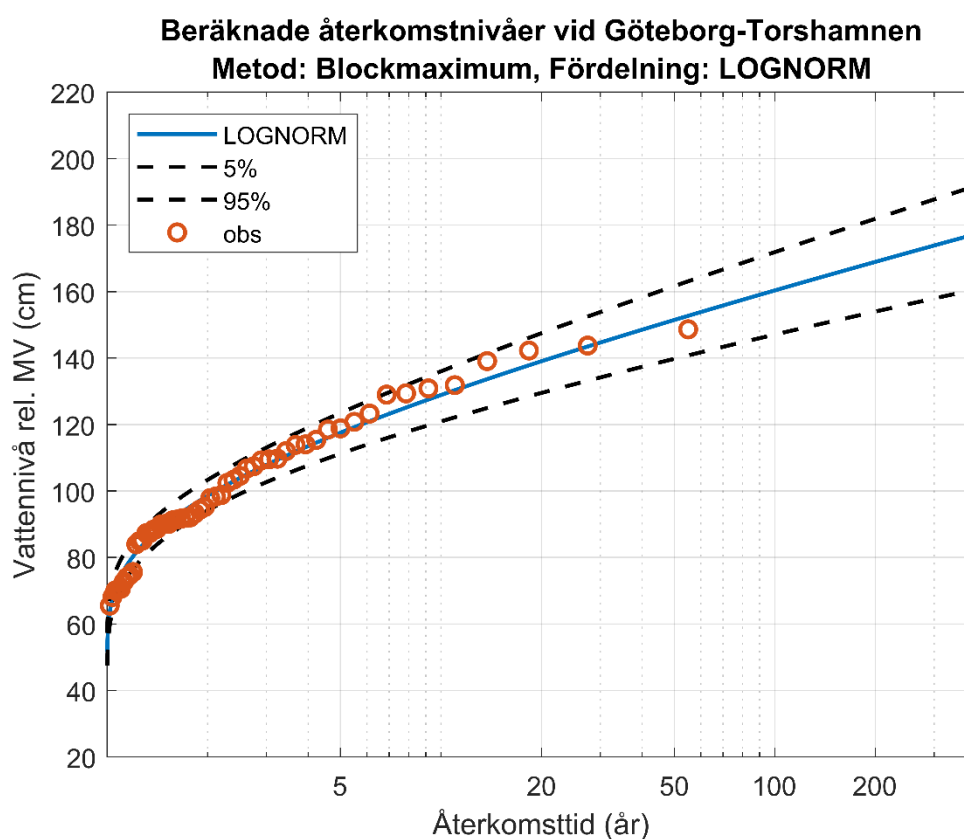
| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,137<br>(-0,375 till 0,101)  |
| Skalparameter         | 18,650<br>(14,893 till 23,356) |
| Positionparameter     | 92,012<br>(86,266 till 97,757) |



## 4.22.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 89. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Göteborg-Torshammen.

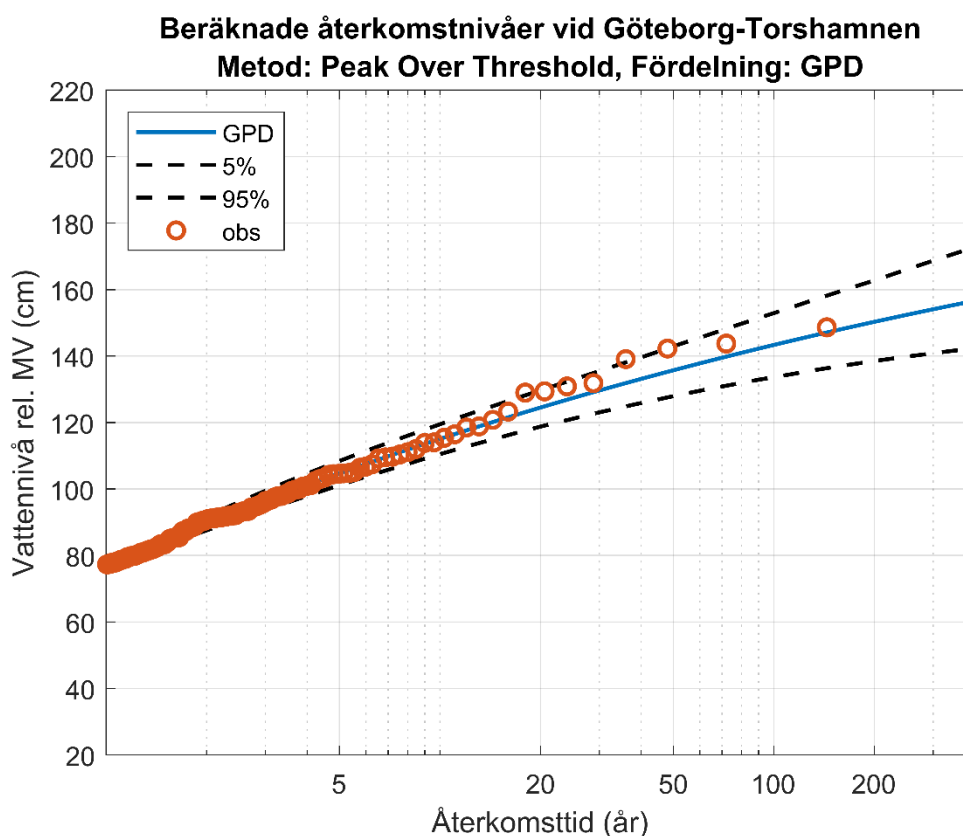
| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,591<br>(4,534 till 4,648) |
| Log-Skalparameter      | 0,209<br>(0,176 till 0,258) |



### 4.22.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 90. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Göteborg-Torshammen.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,132<br>(-0,297 till 0,033)  |
| Skalparameter         | 19,324<br>(15,331 till 24,359) |
| Tröskelvärde (cm)     | 77                             |

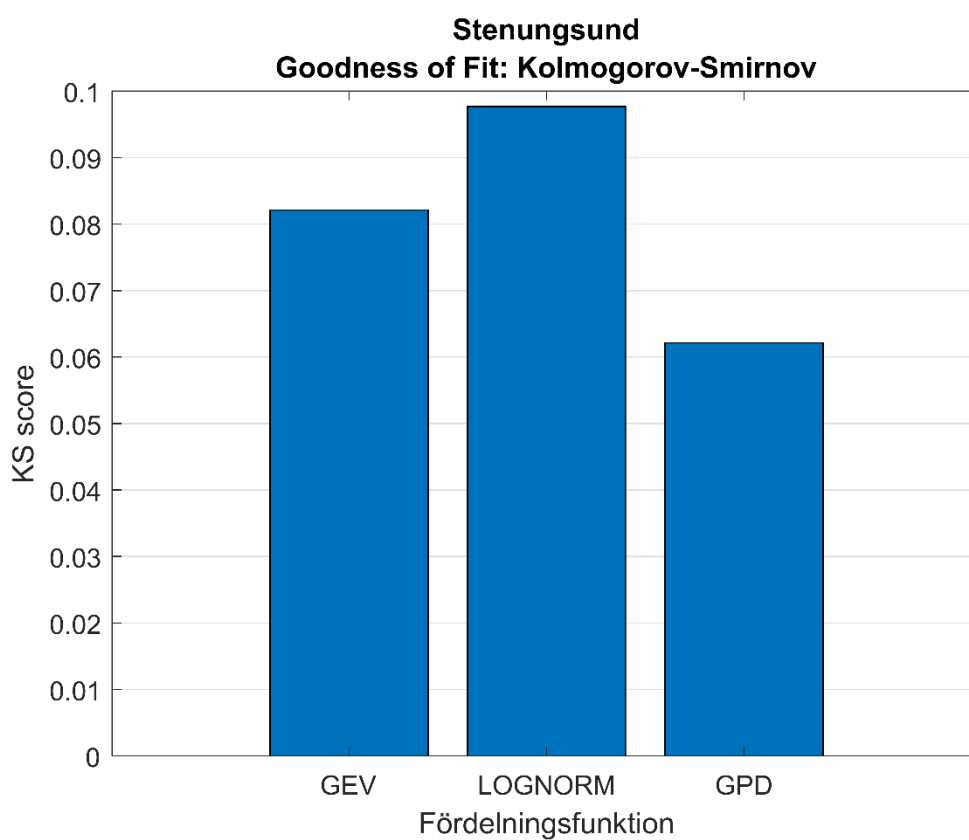


Figur 89. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Göteborg-Torshammen. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.23 Stenungsund

Tabell 91. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Stenungsund.

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Dataperiod   | 1965-07-01 till 2022-06-30      |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1962-1963, 1963-1964, 1964-1965 |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 57                              |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 167                             |

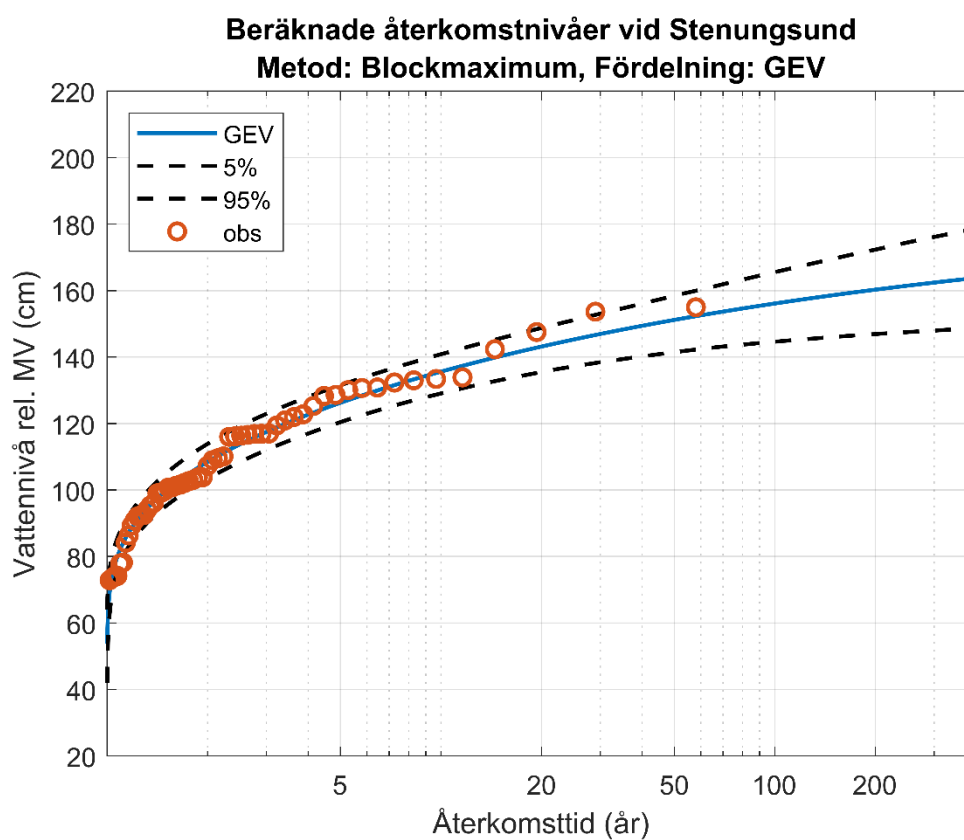


Figur 90. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Stenungsund.

#### 4.23.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 92. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Stenungsund.

| Fördelningsparametrar |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| Formparameter         | -0,239<br>(-0,431 till -0,047)   |
| Skalparameter         | 19,518<br>(15,842 till 24,047)   |
| Positionparameter     | 101,633<br>(95,951 till 107,315) |

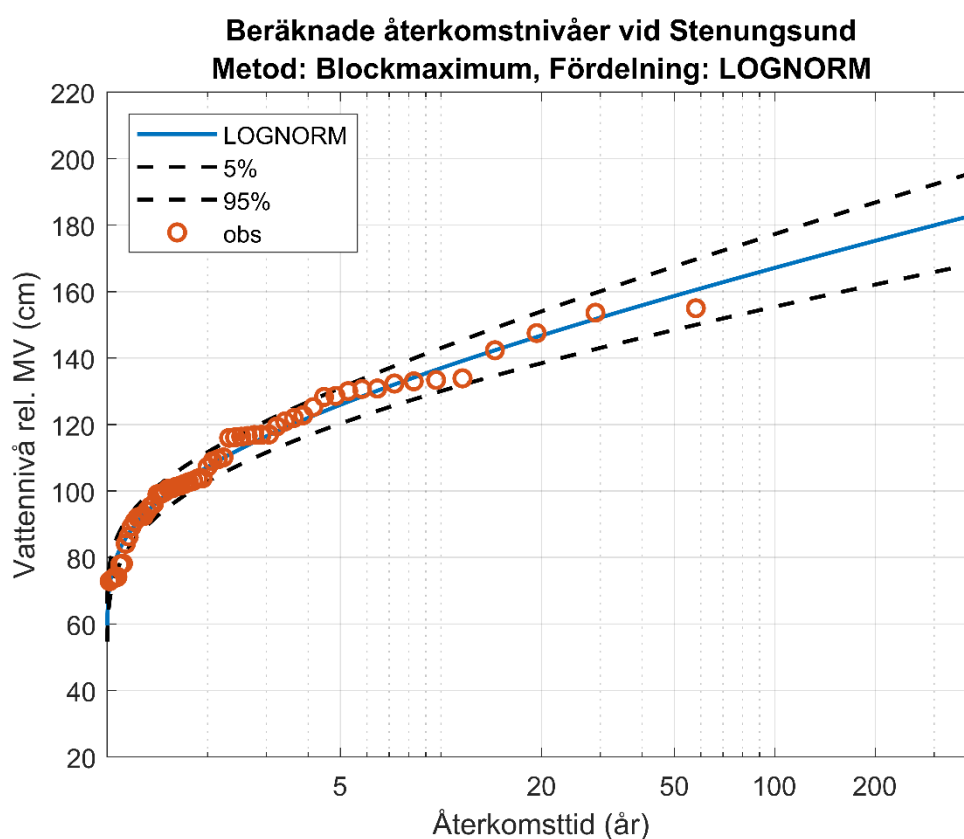


Figur 91. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Stenungsund. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.23.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 93. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Stenungsund.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,675<br>(4,625 till 4,726) |
| Log-Skalparameter      | 0,191<br>(0,161 till 0,234) |



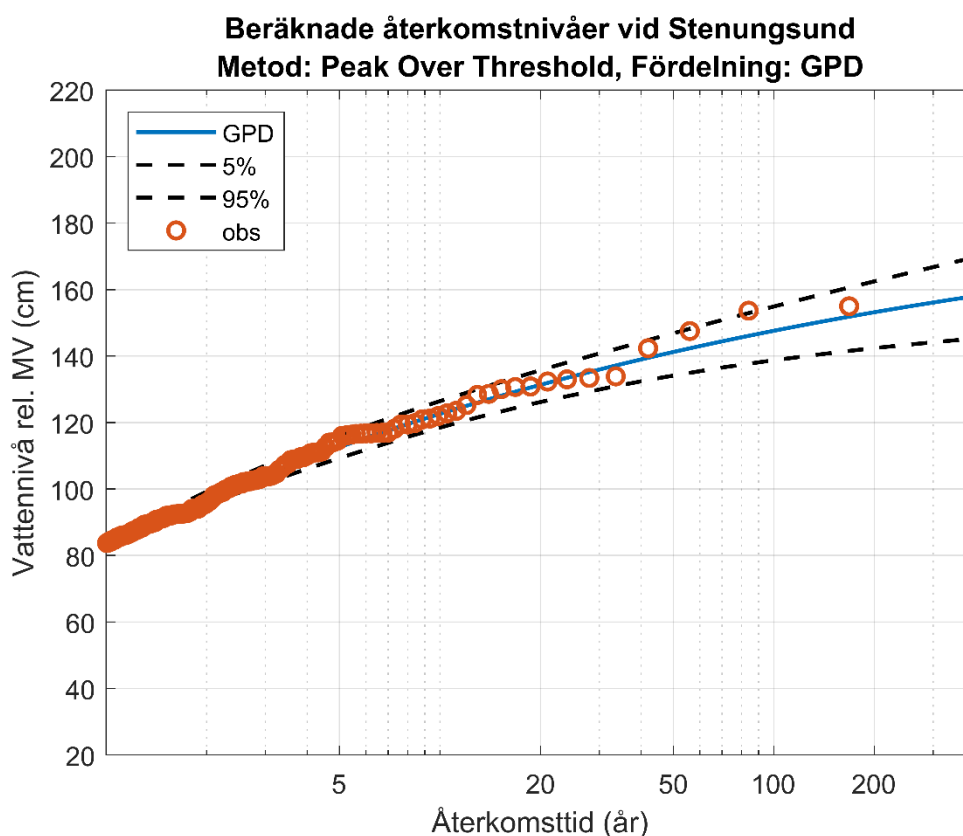
Figur 92. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Stenungsund. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.23.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 94. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Stenungsund.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,195<br>(-0,336 till -0,054) |
| Skalparameter         | 21,103<br>(17,196 till 25,897) |
| Tröskelvärde (cm)     | 83                             |

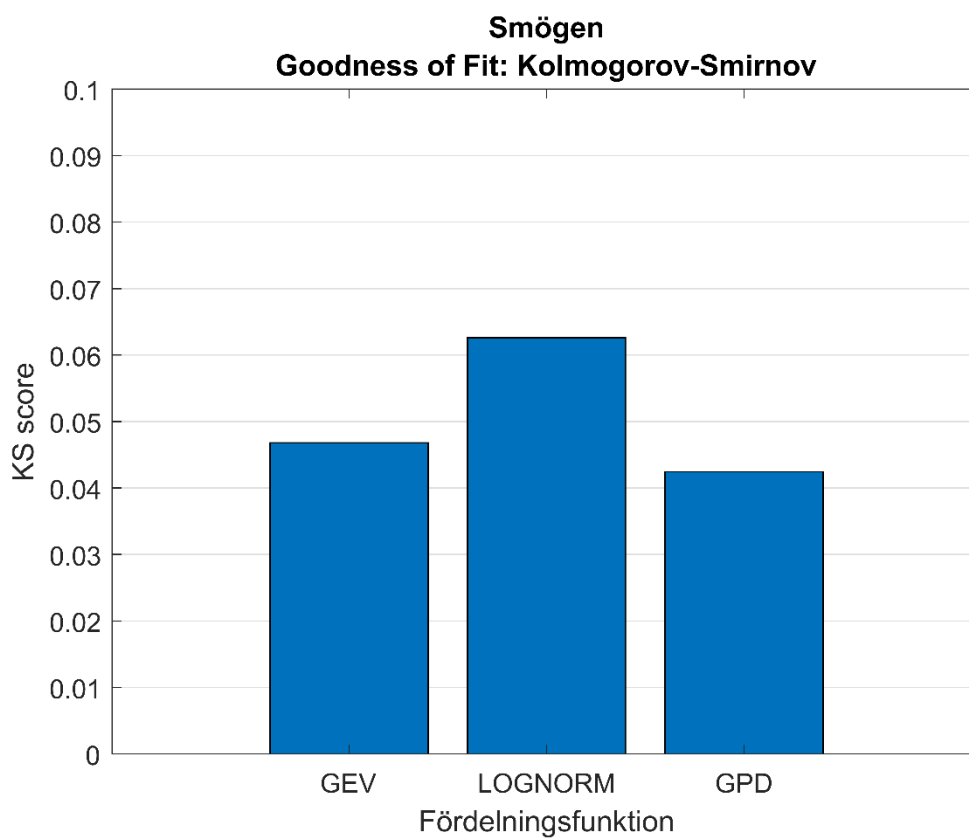


Figur 93. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Stenungsund. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.24 Smögen

Tabell 95. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Smögen.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1910-07-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | 1909-1910, 1941-1942       |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 111                        |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 337                        |

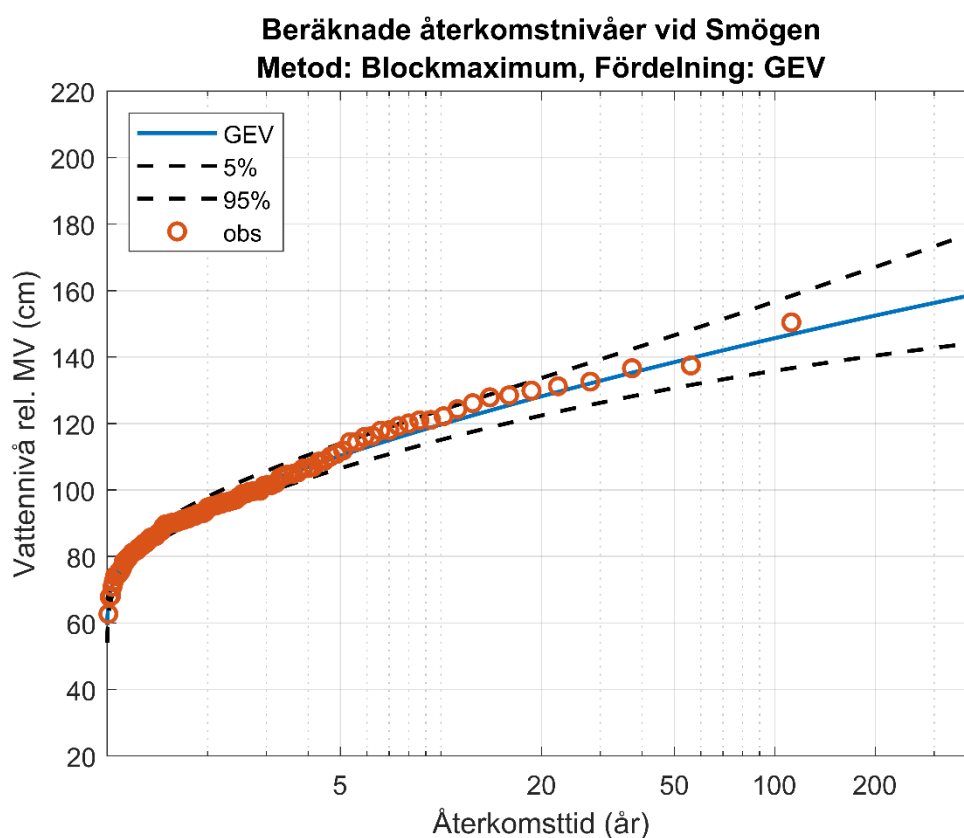


Figur 94. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Smögen.

#### 4.24.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 96. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Smögen.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,080<br>(-0,217 till 0,057)  |
| Skalparameter         | 14,530<br>(12,519 till 16,865) |
| Positionparameter     | 89,762<br>(86,724 till 92,801) |

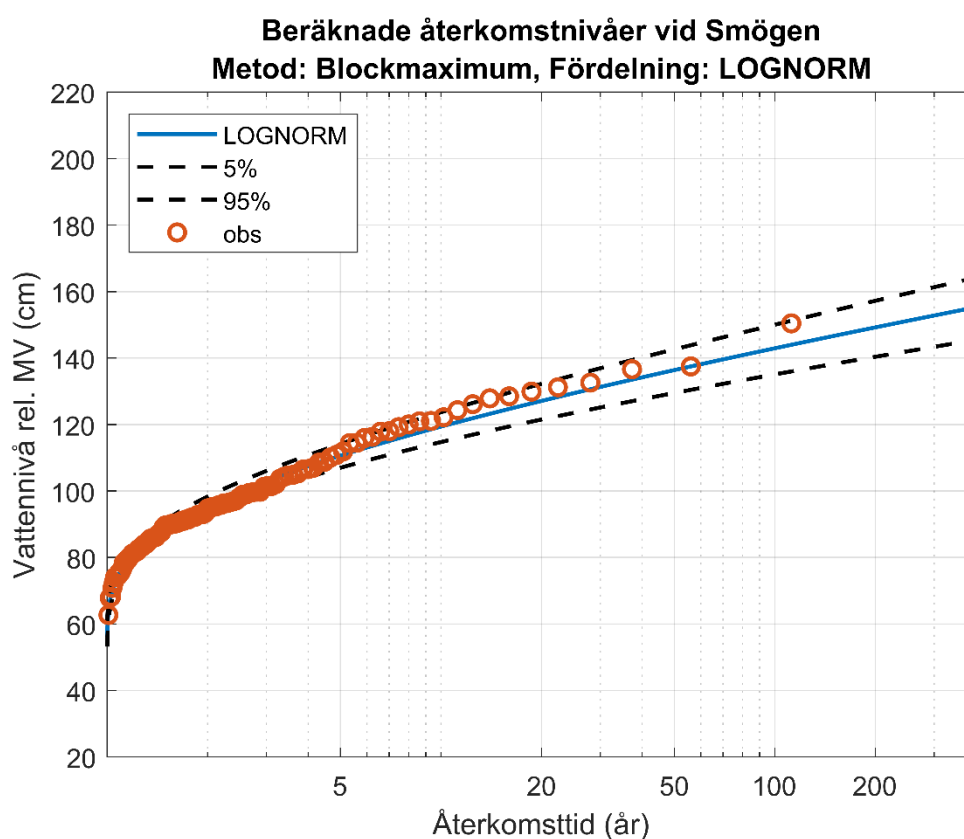


Figur 95. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Smögen. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.24.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 97. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Smögen.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,561<br>(4,529 till 4,594) |
| Log-Skalparameter      | 0,172<br>(0,152 till 0,199) |

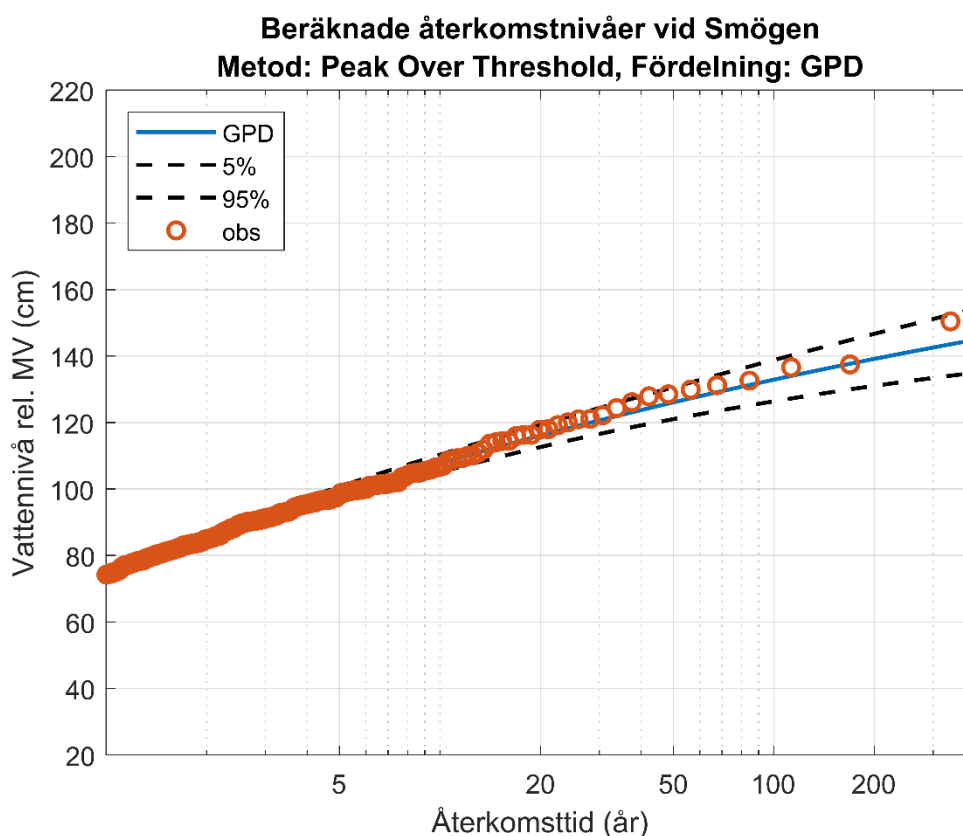


Figur 96. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Smögen. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

### 4.24.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 98. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Smögen.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,125<br>(-0,222 till -0,029) |
| Skalparameter         | 16,780<br>(14,538 till 19,368) |
| Tröskelvärde (cm)     | 74                             |

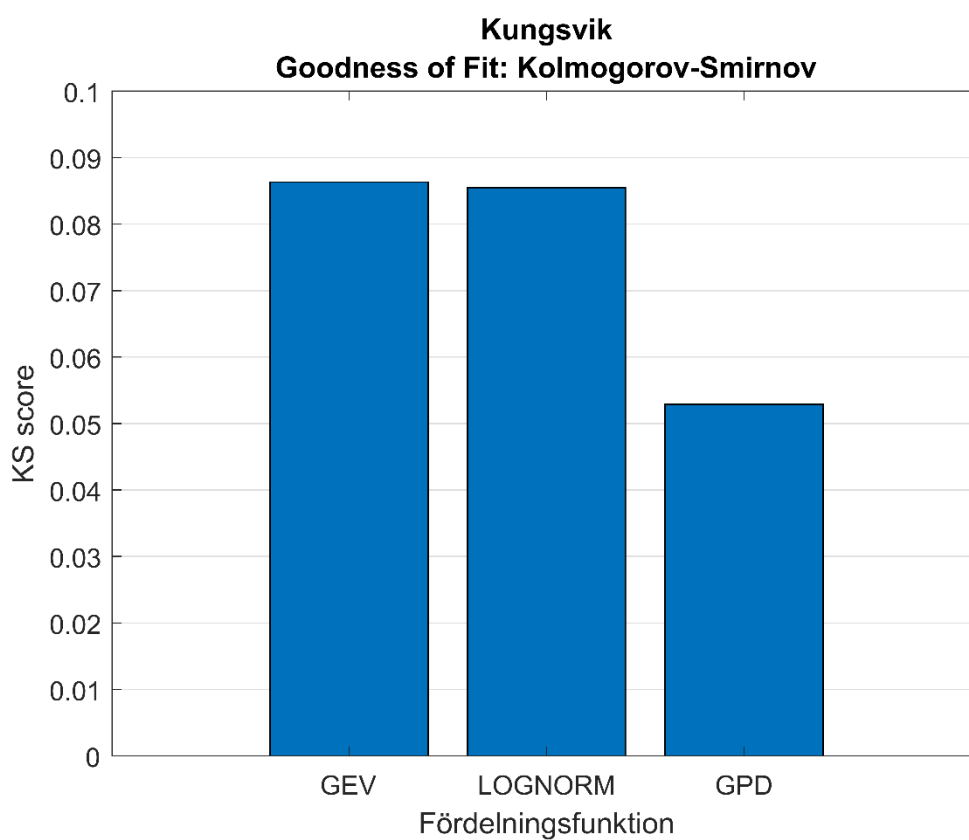


Figur 97. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Smögen. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.25 Kungsvik

Tabell 99. Sammanställning av dataunderlag för extremvärdesanalysen vid Kungsvik.

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Dataperiod   | 1973-08-01 till 2022-06-30 |
| År med otillräcklig datatäckning                       | -                          |
| Antal extremvärden utifrån Blockmaximum-metoden        | 49                         |
| Antal extremvärden utifrån Peak Over Threshold-metoden | 150                        |

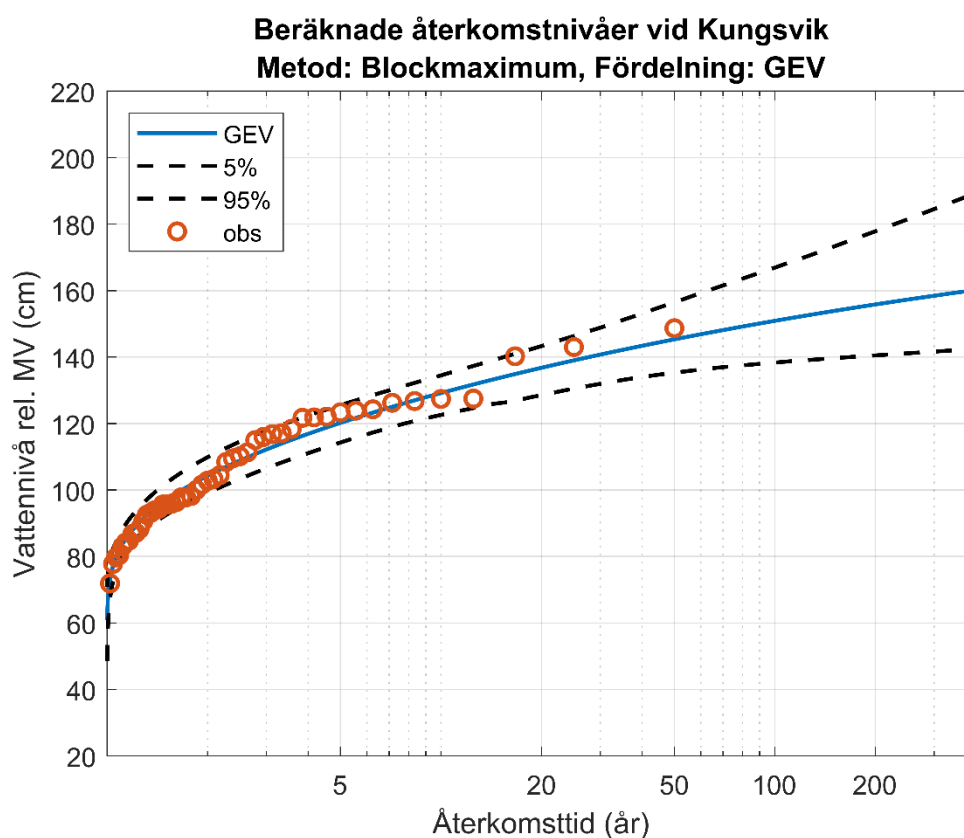


Figur 98. Resultat av Goodness of Fit-test utifrån Kolmogorov-Smirnovs anpassningstest för de tre fördelningsfunktionerna, Generalized Extreme Value, Lognormal och Generalized Pareto vid Kungsvik.

#### 4.25.1 Blockmaximum och GEV-fördelning

Tabell 100. Beräknade parametrar för GEV-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kungsvik.

| Fördelningsparametrar |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| Formparameter         | -0,170<br>(-0,409 till 0,068)   |
| Skalparameter         | 16,446<br>(13,009 till 20,793)  |
| Positionparameter     | 98,420<br>(93,142 till 103,698) |

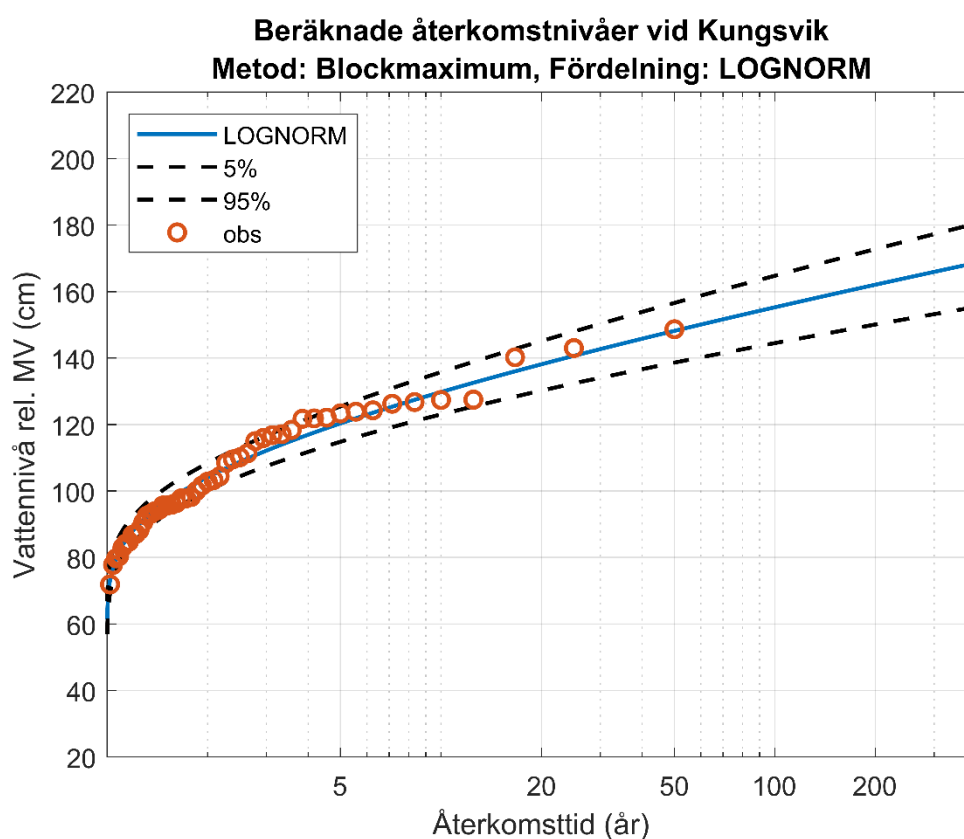


Figur 99. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och GEV-fördelning vid Kungsvik. De röda cirkelarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 4.25.2 Blockmaximum och Lognormal-fördelning

Tabell 101. Beräknade parametrar för Lognormal-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kungsvik.

| Fördelningsparametrar  |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Log-Positionsparameter | 4,646<br>(4,596 till 4,695) |
| Log-Skalparameter      | 0,172<br>(0,143 till 0,215) |



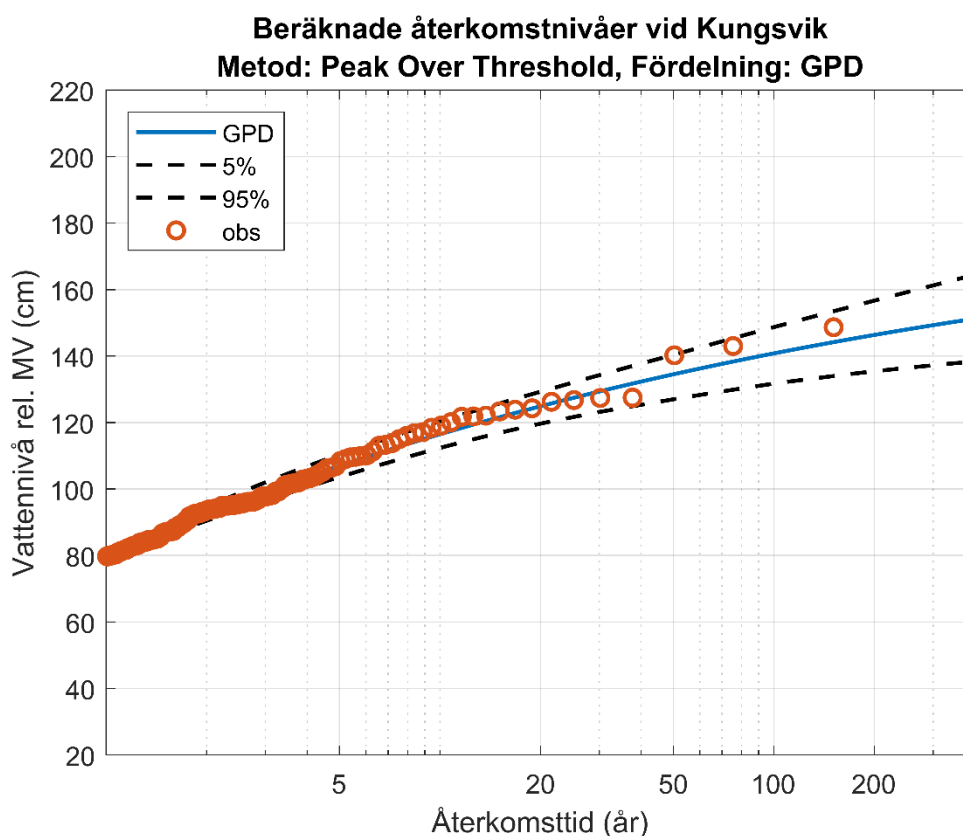
Figur 100. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Blockmaximum-metoden och Lognormal-fördelning vid Kungsvik. De röda cirklarna visar observerade blockmaximum-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.



### 4.25.3 Peak Over Threshold och GPD-fördelning

Tabell 102. Beräknade parametrar för GPD-fördelningen med tillhörande konfidensintervall på 95 % vid Kungsvik.

| Fördelningsparametrar |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| Formparameter         | -0,180<br>(-0,335 till -0,025) |
| Skalparameter         | 19,543<br>(15,672 till 24,371) |
| Tröskelvärde (cm)     | 80                             |



Figur 101. Beräknade återkomstnivåer relativt medelvattenståndet med Peak Over Threshold-metoden och GPD-fördelning vid Kungsvik. De röda cirklarna visar observerade peak over threshold-värden, den blå linjen visar fördelningsfunktionens anpassning till de observerade värdena, och de streckade linjerna visar tillhörande 5- och 95-percentilen, dvs. tillhörande konfidensintervall på 90 %.

## 5 Referenser

- Arns, A., Wahl, T., Haigh, I., Jensen, J., & Pattiaratchi, C. (2013). Estimating extreme water level probabilities: A comparison of the direct methods and recommendations for best practise. *Coastal Engineering*, 81, 51-66. doi:<https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.07.003>
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Berlin: Springer Verlag. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-3675-0>
- Johansson, L., Gyllenram, W., & Nerheim, S. (2018). *Lokala effekter på extrema havsvattenstånd*. SMHI. Hämtat från <https://www.smhi.se/publikationer/publikationer/lokala-effekter-pa-extrema-havsvattenstand-1.129785>
- Marsaglia, G., Tsang, W., & Wang, J. (2003). Evaluating Kolmogorov's Distribution. *Journal of Statistical Software*, 8 (18), 1-4. doi:<https://doi.org/10.18637/jss.v008.i18>
- Pickands III, J. (1975). Statistical Inference Using Extreme Order Statistics. *The Annals of Statistics*, 3(1), 119 - 131. doi:[10.1214/aos/1176343003](https://doi.org/10.1214/aos/1176343003)
- Schöld, S., Hellström, S., Ivarsson, C.-L., Källberg, P., Lindow, H., Nerheim, S., . . . Wern, L. (2018). *Vattenståndsdynamik längs Sveriges kust*. SMHI. Hämtat från <https://www.smhi.se/publikationer/publikationer/vattenstandsdynamik-langs-sveriges-kust-1.129770>
- SMHI. (u.d.). Hämtat från Ladda ner oceanografiska observationer: <https://www.smhi.se/data/oceanografi/ladda-ner-oceanografiska-observationer#param=sealevelrh2000,stations=core> den 13 september 2022
- Södling, J., & Nerheim, S. (2018). *Statistisk metodik för beräkning av extrema havsvattenstånd*. SMHI. Hämtat från <https://www.smhi.se/publikationer/publikationer/statistisk-metodik-for-berakning-av-extrema-havsvattenstand-1.129781>



**SMHI**

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut  
601 76 NORRKÖPING  
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01