



---

**RAPPORT NR 2023-07**

**WSP Sverige AB**

**Beräkning av korrigerad nederbörd och  
evapotranspiration för nordöstra Gotland**

Jan Pietron

**RAPPORT NR 2023-07**

**TITEL**

Beräkning av korrigerad nederbörd och evapotranspiration för nordöstra Gotland

**FÖRFATTARE**

Jan Pietron, SMHI

**UPPDRAGSGIVARE**

WSP Sverige AB, 402 51 Göteborg  
Jakob Eng (kontaktperson)  
Telefon 073-3501386  
E-post [jakob.eng@wsp.com](mailto:jakob.eng@wsp.com)

**PROJEKTANSVARIG**

Jan Pietron SMHI 426 71 Västra Frölunda  
Telefon 031-3108882  
E-post [jan.pietron@smhi.se](mailto:jan.pietron@smhi.se)

**KLASSIFICERING**

Affärssekretess

**SMHI DIARIENUMMER**

2022/2676/9.5

---

**VERSION 02 – 2023-02-27**

<b>Version</b>	<b>Datum</b>		<b>Granskad av</b>
01	2023-02-08		Julia Zabori
02	2023-02-27	Reviderad version efter kommentarer från uppdragsgivaren	Julia Zabori

## **Sammanfattning**

SMHI har beräknat en tidsserie med månatlig korrigerad nederbörd och evapotranspiration för utvalda delavrinningsområde i nordöstra Gotland för normal perioden 1991–2020 och framtida perioder 2021–2050 och 2071–2100. Beräkningarna är gjorda med en hydrologisk avrinningsmodell HYPE.

## Innehåll

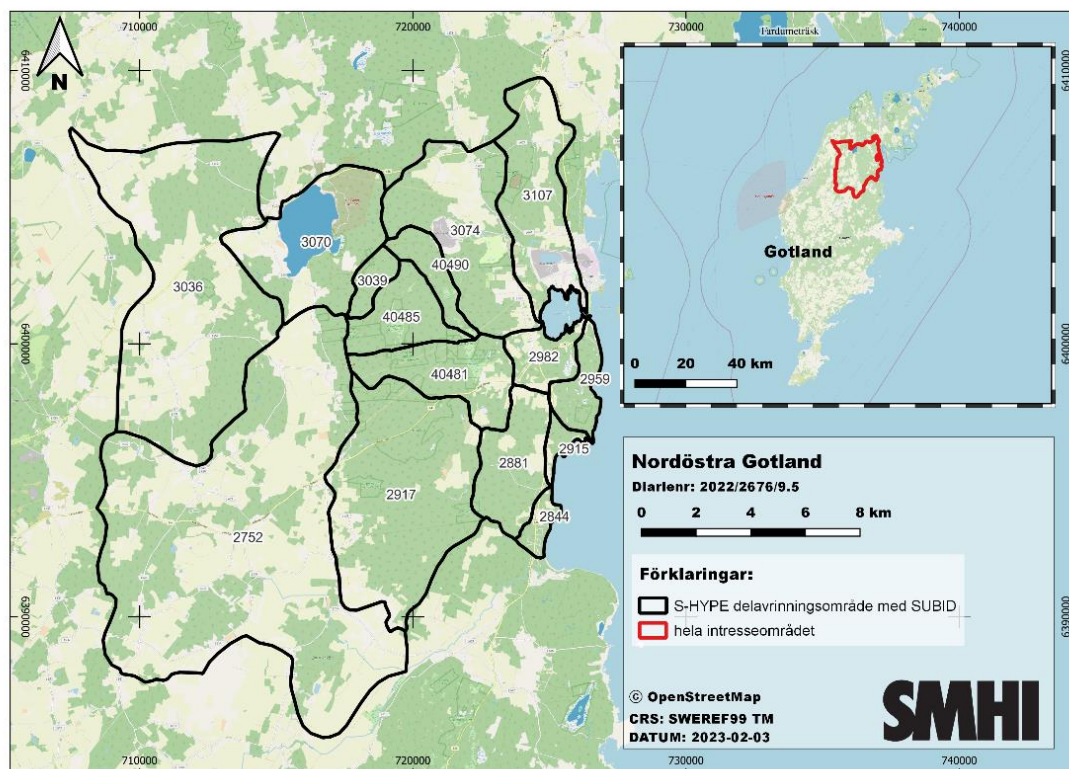
<b>1</b>	<b>Bakgrund och syfte</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Metodik</b> .....	<b>2</b>
2.1	HYPE-modell .....	2
2.2	Normal perioden 1991–2020 .....	3
2.3	Framtida perioder 2021–2050 och 2071–2100 .....	3
2.4	Databehandling – ordning för beräkning av medelvärden.....	3
<b>3</b>	<b>Resultat och Diskussion</b> .....	<b>4</b>
3.1	Data sammanfattning .....	4
3.2	Framtida scenarier .....	6
3.3	Tidigare resultat.....	7
<b>4</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>8</b>



# 1 Bakgrund och syfte

Som en del av hydrogeologiska undersökningar som görs i samband med Cementas tillståndsansökan för kalkbrytning vid Slite på Gotland behöver WSP Sweden AB uppskatta den regionala nettonederbörden. Enligt SGU (2023) betecknas nettonederbörd (eller effektiv nederbörd) som en skillnad mellan nederbörd och evapotranspiration. SMHI har därför fått förfrågan om att ta fram korrigerad nederbörd- och aktuella evapotranspirationdata för ett område i nordöstra Gotland som täcks av 15 utvalda S-HYPE delavrinningsområde (figur 1).

Denna rapport fokuserar mest mot de metoder som ligger till grund för datamaterial som levereras i kompletterande excel-filer. Resultatavsnittet innehåller en kort sammanfattning av datamaterialet.



Figur 1. Karta över 15 utvalda S-HYPE delavrinningsområde med SUBID-nummer (nordöstra Gotland).

## 2 Metodik

SMHI har använt den hydrologiska avrinningsmodellen HYPE (HYPE\_version\_5\_15\_0) för att beräkna månadssummor (mm/månad) av korrigerad nederbörd och evapotranspiration för 15 delavrinningsområden i nordöstra Gotland (figur 1 och tabell 1) över perioderna: 1991–2020, 2021–2050 och 2071–2100.

### 2.1 HYPE-modell

Alla hydrologiska modeller måste anpassas till mätdata av vattenföring (kalibreras) för att ge användbara resultat. HYPE-modellen har ett stort antal parametrar som behöver anges och anpassas till lokala förhållanden. De flesta parametrarna är kopplade till antingen jordart eller markanvändning. De bestäms inte lokalt för varje mätpunkt, utan för grupper av små, homogena typområden av dominerande karaktär, t.ex. barrskog på moränjordar, eller jordbruk på lera.

S-HYPE är en uppsättning av HYPE för hela Sverige indelad i ett stort antal små delavrinningsområden. Det gör det möjligt att beräkna vattenföring även på platser där det saknas mätningar, men kalibreringen är en kompromiss över ett stort antal stationer, och alltså inte lokalt kalibrerad mot enskilda stationer. Information om modellens prestation generellt finns på: [Utvärdera modellresultat för sötvatten | SMHI - Vattenwebb](#) (hämtat 2023-02-03). Två kalibreringspunkter finns inom intresseområdet (vid SUBID 3070 och 3039; se figur 1).

Modellresultatparametrarna korrigerad nederbörd (cprc) och evapotranspiration (evap) representerar processer vid land- och vattenytan. De ger vilket vatten som faktiskt tillsätts/bortförs från jord-, flod- eller sjövattnelagren i HYPE-modellen. Mer information om modellens parametrar finns på: [Hype Model Documentation](#) (hämtat 2023-02-03).

Modellberäknade värden för avdunstning (evapotranspiration) från S-HYPE innehåller stora osäkerheter. Eftersom den hydrologiska modellen S-HYPE beräknar flöden som primärt resultat, är modellen inte kalibrerad mot avdunstning.

**Tabell 1. Lista över 15 delavrinningsområden som beaktats i studien (se figur 1).**

Delavrinningsområde (SUBID)	Area [km <sup>2</sup> ]	Utloppspunkt (SWEREF99 TM)	
		X	Y
2752	96,1	719787	6388023
2844	2,0	724808	6392203
2881	10,6	725066	6394765
2915	1,6	725066	6394765
2917	36,9	722522	6396804
2959	4,5	726588	6396352
2982	5,0	726373	6400983
3036	54,4	715133	6407655
3039	2,6	719345	6402466
3070	20,2	715159	6404656
3074	22,0	724773	6400732
3107	17,1	724773	6400732
40481	11,6	722522	6396804
40485	8,2	722279	6400138
40490	4,3	722279	6400138
<b>Totala arean:</b>	<b>297,1</b>		



## 2.2 Normal perioden 1991–2020

För den aktuella beräkningen för normalperiod 1991–2020 extraherades en delmodell med de 15 delavrinningsområden från S-HYPE 2016 (S-HYPE version 16\_h) (Lindström et al., 2010). Indata till modellen är observerade dygnsvärden av nederbörd och temperatur. Åren 1971–1990 användes som insvängningstid för modellen.

## 2.3 Framtida perioder 2021–2050 och 2071–2100

För de framtida period 2021–2050 och 2071–2100 samt för normalperioden 1991–2020 referensperiod) och de 15 delavrinningsområden extraherades data från 17 körningar S-HYPE 2016 (S-HYPE version 16\_d) med inputdata baserat på resultat av 17 olika klimatmodeller (17 kombinationer av GCM, RCM och RIP, se tabell 2) och två utsläppsscenario RCP4.5 och RCP8.5. Resultaten som presenteras är ensemblemedelvärden av alla 17 S-HYPE-modellresultat för varje utsläppsscenario och månadssummor inom de övervägda perioderna.

**Tabell 2. Alla 17 klimatmodeller (kombinationer av GCM, RCM och RIP) som beaktas i beräkningarna.**

Nr	GCM (General circulation model) namn	RIP (realisation-initialization-physics) kod	RCM (Regional climate model) namn	Institut
1	ICHEC-EC-EARTH	r12i1p1	CCLM4-8-17	CLMcom
2	MPI-M-MPI-ESM-LR	r1i1p1		
3	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	r1i1p1	ALADIN63	CNRM
4	ICHEC-EC-EARTH	r3i1p1	HIRHAM5	DMI
5	MOHC-HadGEM2-ES	r1i1p1		
6	ICHEC-EC-EARTH	r12i1p1	REMO2015	GERICS
7	MOHC-HadGEM2-ES	r1i1p1		
8	NCC-NorESM1-M	r1i1p1		
9	ICHEC-EC-EARTH	r12i1p1	RACMO22E	KNMI
10	CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	r1i1p1		
11	MOHC-HadGEM2-ES	r1i1p1		
12	MPI-M-MPI-ESM-LR	r1i1p1	CSC-REMO2009	MPI
13	MPI-M-MPI-ESM-LR	r2i1p1	CSC-REMO2010	
14	ICHEC-EC-EARTH	r12i1p1	RCA4	SMHI
15	MOHC-HadGEM2-ES	r1i1p1		
16	NCC-NorESM1-M	r1i1p1		
17	MPI-M-MPI-ESM-LR	r1i1p1		

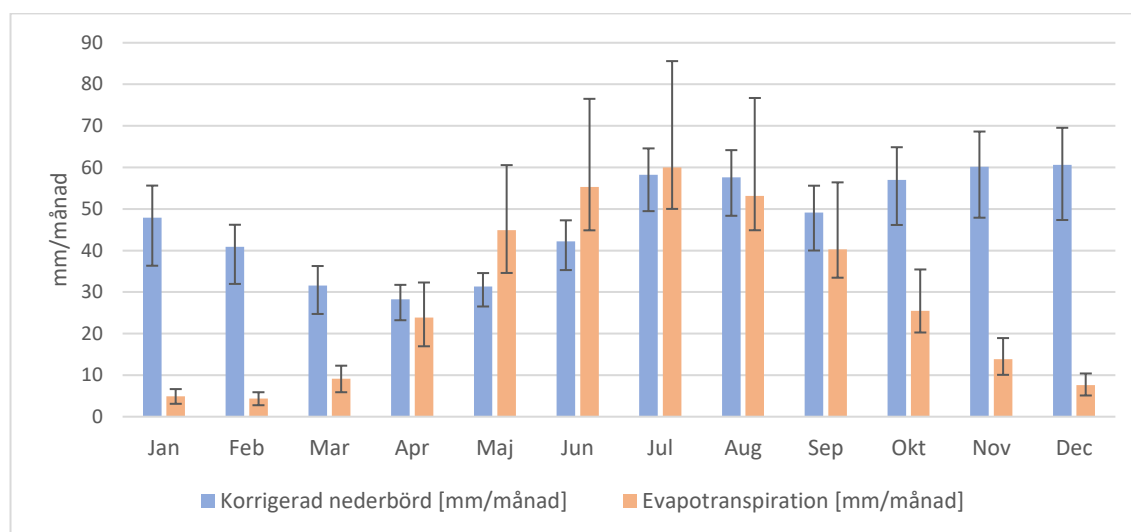
## 2.4 Databehandling – ordning för beräkning av medelvärden

För att uppskatta areaviktat medel av korrigerad nederbörd (cprc) och evapotranspiration (evap) med tidsupplösning månad för varje period utfördes följande beräkningsordning: (1) areaviktat medelvärde för varje månad under en period uppskattades utifrån cprc - och evap -resultat för alla SUBID-områden och (2) månadsmedelvärden av cprc och evap för det totala området uppskattades.

### 3 Resultat och Diskussion

#### 3.1 Data sammanfattning

Figur 2 visar sammanfattningen av resultaten av areaviktat medel av korrigerad nederbörd och evapotranspiration för period 1991-2020 baserad på S-HYPE version 16\_h med observerade data som input för totala området som visas i Figur 1. Resultaten av den areaviktat korrigerade nederbörd, och evapotranspiration och nettonederbörd (skillnaden mellan korrigerade nederbörd och evapotranspiration, cprc-evap) för alla perioder och S-HYPE modeller baserad på observerade data och klimatmodellens resultat finns i tabell 3, och 4 och respektive 5. Dessutom årliga genomsnittlig nettonederbörd summor (cprc-evap) [mm/år] för perioden 1991-2020 och olika S-HYPE delavrinningsområde i nordöstra Gotland presenteras in figur 3.



Figur 2. Areaviktat medel av korrigerad nederbörd och evapotranspiration [mm/månad] för period 1991–2020. Felstaplarna visar spridningen av genomsnittliga månatliga summor för alla 15 betraktade delområden.

Tabell 3. Korrigerad nederbörd [mm/månad] - areaviktat medel för olika perioder och S-HYPE modeller baserad på observerade data och klimatmodellens resultat.

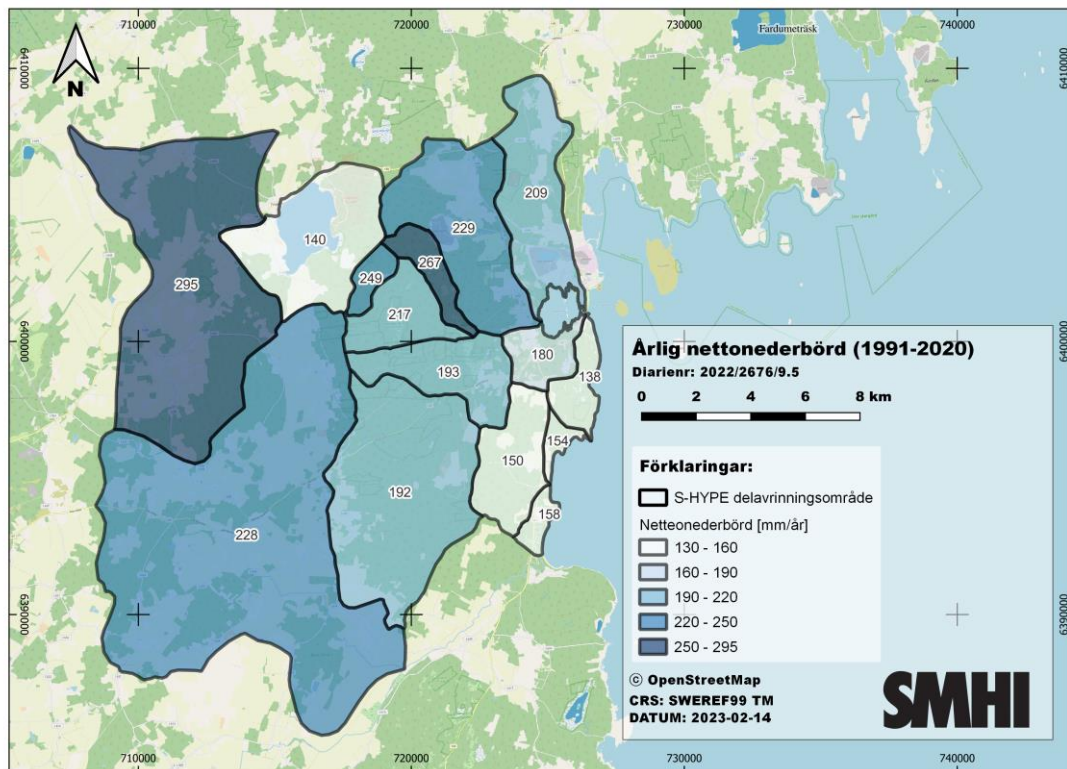
Modell (indata)	S-HYPE 16_h (observationer)	S_HYPE 16_d (klimatmodellens resultat)						
		värden inom parentes - skillnad mellan referensperiod och framtida perioder för respektive klimatscenarion						
		Period	1991–2020		2021–2050		2071–2100	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	
Månatliga summor [mm/månad]	januari	47,9	57,6	58,0	61,9 (+4,4)	62,3 (+4,4)	65,4 (+7,8)	72,5 (+15)
	februari	40,9	40,6	40,1	42,4 (+1,8)	42,3 (+2,2)	46,1 (+5,6)	49,2 (+9,2)
	mars	31,6	41,1	40,2	45,5 (+4,4)	43,0 (+2,8)	45,8 (+4,7)	50,8 (+11)
	april	28,3	35,9	35,3	34,7 (-1,1)	36,4 (+1,2)	38,9 (+3,0)	41,1 (+5,8)
	maj	31,3	34,3	35,5	35,2 (+0,9)	39,7 (+4,2)	38,4 (+4,1)	45,3 (+9,8)
	juni	42,2	36,8	36,8	42,4 (+5,6)	40,2 (+3,4)	42,5 (+5,6)	43,9 (+7,1)
	juli	58,3	54,5	56,2	59,4 (+4,8)	59,3 (+3,1)	57,1 (+2,6)	60,8 (+4,6)
	augusti	57,6	55,5	55,2	57,6 (+2,1)	57,0 (+1,9)	58,5 (+3,0)	58,4 (+3,2)
	september	49,1	60,2	59,7	63,6 (+3,4)	61,9 (+2,2)	61,5 (+1,3)	63,0 (+3,2)
	oktober	57,0	58,5	56,1	60,5 (+2,0)	60,2 (+4,1)	64,7 (+6,2)	65,8 (+9,7)
	november	60,2	56,6	58,8	62,1 (+5,5)	61,8 (+3,0)	62,2 (+5,6)	65,0 (+6,3)
	december	60,6	63,0	64,2	67,6 (+4,5)	64,6 (+0,4)	66,2 (+3,2)	71,2 (+7,0)
Årlig summa [mm/år]		565	595	596	633 (+39)	629 (+33)	647 (+53)	687 (+91)

**Tabell 4. Evapotranspiration [mm/månad] - areaviktat medel för olika perioder och S-HYPE modeller baserad på observerade data och klimatmodellens resultat .**

Modell (indata)		S-HYPE 16_h (observationer)	S_HYPE 16_d (klimatmodellens resultat) värden inom parentes - skillnad mellan referensperiod och framtida perioder för respektive klimatscenario					
Period		1991–2020	1991–2020		2021–2050		2071–2100	
			RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Månatliga summor [mm/månad]	januari	4,9	4,2	4,3	5,9 (+1,7)	5,6 (+1,3)	7,9 (+3,6)	12,1 (+7,8)
	februari	4,4	3,6	4,0	5,5 (+1,9)	5,8 (+1,8)	7,2 (+3,6)	12,2 (+8,2)
	mars	9,2	7,1	7,4	10,3 (+3,2)	10,6 (+3,2)	13,1 (+6,0)	19,2 (+12)
	april	23,8	18,3	19,0	21,7 (+3,4)	22,0 (+3,0)	25,0 (+6,7)	30,4 (+11)
	maj	44,9	41,0	41,2	44,7 (+3,7)	45,1 (+3,9)	48,5 (+7,5)	51,8 (+11)
	juni	55,3	50,6	51,0	52,9 (+2,3)	53,5 (+2,5)	54,5 (+3,9)	58,3 (+7,3)
	juli	60,0	54,6	56,0	58,3 (+3,7)	58,2 (+2,2)	58,5 (+3,9)	60,7 (+4,7)
	augusti	53,1	50,2	50,0	52,8 (+2,7)	52,7 (+2,6)	53,1 (+2,9)	55,2 (+5,2)
	september	40,3	36,9	36,6	39,0 (+2,1)	39,5 (+2,9)	40,0 (+3,1)	43,8 (+7,2)
	oktober	25,5	24,8	24,9	27,2 (+2,4)	27,7 (+2,7)	29,1 (+4,3)	32,0 (+7,1)
	november	13,8	11,9	12,5	14,3 (+2,5)	14,7 (+2,2)	16,7 (+4,9)	20,5 (+8,0)
	december	7,6	5,6	6,0	7,6 (+2,0)	7,6 (+1,5)	9,5 (+3,9)	13,8 (+7,7)
Årlig summa [mm/år]		343	309	313	340 (+31)	343 (+30)	363 (+54)	410 (+97)

**Tabell 5. Nettonebberbörd (cprc-evap) [mm/månad] - areaviktat medel för olika perioder och S-HYPE modeller baserad på observerade data och klimatmodellens resultat. Negativ nettonebberbörd under vissa månader innebär att inget nettotillskott av vatten tillkommer marken/vattenytorna som nederbörd.**

Modell (indata)		S-HYPE 16_h (observationer)	S_HYPE 16_d (klimatmodellens resultat) värden inom parentes - skillnad mellan referensperiod och framtida perioder för respektive klimatscenario					
Period		1991–2020	1991–2020		2021–2050		2071–2100	
			RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Månatliga summor [mm/månad]	januari	43,0	53,3	53,7	56,0 (+2,7)	56,7 (+3,1)	57,5 (+4,2)	60,4 (+6,7)
	februari	36,5	37,0	36,1	36,9 (-0,1)	36,5 (+0,3)	39,0 (+2,0)	37,1 (+0,9)
	Mars	22,4	34,0	32,8	35,2 (+1,2)	32,4 (-0,4)	32,7 (-1,4)	31,6 (-1,2)
	april	4,4	17,6	16,2	13,0 (-4,5)	14,4 (-1,8)	13,9 (-3,7)	10,7 (-5,5)
	maj	-13,5	-6,7	-5,7	-9,5 (-2,8)	-5,4 (+0,3)	-10,1 (-3,4)	-6,5 (-0,8)
	juni	-13,2	-13,7	-14,2	-10,5 (+3,3)	-13,3 (+0,9)	-12,0 (+1,7)	-14,4 (-0,2)
	juli	-1,7	-0,1	0,2	1,0 (+1,1)	1,2 (+0,9)	-1,4 (-1,3)	0,1 (-0,1)
	augusti	4,5	5,4	5,1	4,8 (-0,6)	4,4 (-0,8)	5,5 (+0,1)	3,2 (-2,0)
	september	8,8	23,3	23,1	24,6 (+1,3)	22,4 (-0,7)	21,5 (-1,8)	19,1 (-4,0)
	oktober	31,5	33,7	31,2	33,3 (-0,4)	32,6 (+1,4)	35,6 (+1,9)	33,8 (+2,6)
	november	46,4	44,7	46,3	47,7 (+3,0)	47,0 (+0,8)	45,5 (+0,7)	44,5 (-1,7)
	december	53,0	57,4	58,1	60,0 (+2,5)	57,0 (-1,1)	56,6 (-0,8)	57,4 (-0,7)
Årlig summa [mm/år]		222	286	283	293 (+6,8)	286 (+2,8)	284 (-1,8)	277 (-6,0)



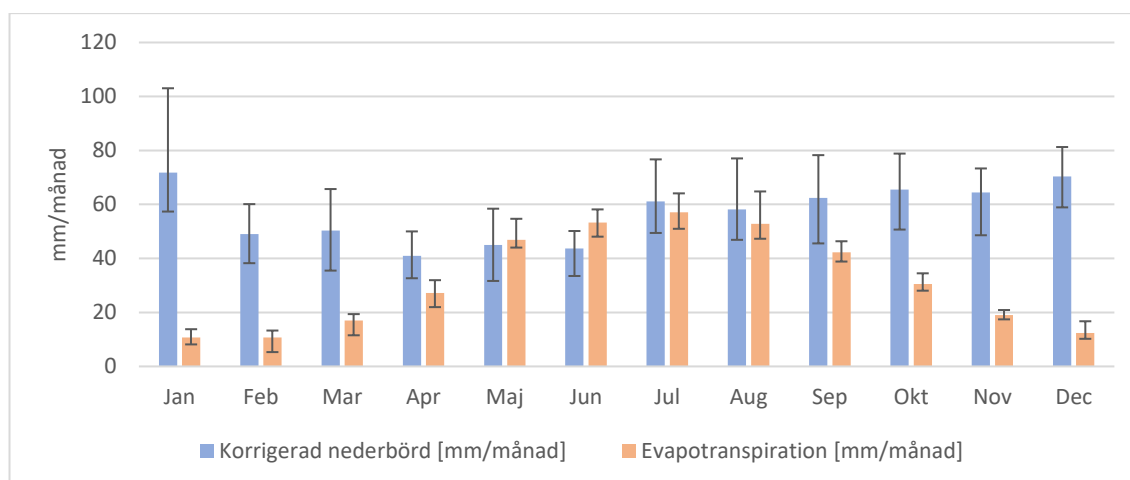
Figur 3. Årliga genomsnittlig nettonederbörd summor (cprc-evap) [mm/år] för perioden 1991–2020 och olika S-HYPE delavrinningsområde i nordöstra Gotland. Data är baserad på modellkörning med observerade nederbörd och temperatur data som input (S-HYPE 16\_h)

Alla data och uppskattade medelvärden finns i kompletterande excel-filer:

- "S-HYPE16h\_obs\_prc\_evap.xlsx" – period 1991-2020 (baserad på modellkörning med observerade dygnsvärden av nederbörd och temperatur som input)
- "S-HYPE16d\_klim\_prc\_evap.xlsx" – perioder 1991-2020, 2021-2050 och 2071-2100 och klimatscenarior RCP4.5 och RCP8.5 (baserad på modellkörning med klimatmodelldata som input)

### 3.2 Framtida scenarier

Data för framtida perioder som presenteras här är ensemblemedelvärden av 17 modellresultat med klimatmodelldata från 17 respektive klimatmodeller (kombinationer av GCM, RCM och RIP) som input. Det måste understrykas att variationen mellan resultaten av de olika 17 modeller kan vara betydande. Se exempel i Figur 4 som visar ensemblemedelvärden av månadssummor för framtida perioden 2071–2100 och RCP8.5 (SUBID 3039). Felstaplarna i figuren visar spridningen av genomsnittliga månatliga summor för alla 17 klimatmodeller (kombinationer av GCM, RCM och RIP, se tabell 2) som används för att uppskatta ensemblemedelvärdena.



**Figur 4. Ensemblemedel av korrigerad nederbörd och evapotranspiration [mm/månad] för SUBID 3039, period 2071–2100 och scenario RCP8.5. Felstaplarna visar spridningen av genomsnittliga månatliga summor för alla 17 klimatmodeller (kombinationer av GCM, RCM och RIP, se tabell 2) som används för att uppskatta ensemblemedelvärdena.**

### 3.3 Tidigare resultat

Kartmaterial från tidigare SMHI rapport visar nettonederbörd 150–200 mm/år för Gotlands inlandsområde och mellan 50–150 mm/år på vissa kuststationer för perioden 1961–1990 (Sanner och Grahn, 1995). Månads- och årsdata relaterade till dessa resultat för vissa områden i Gotland presenteras i en separat SGU-rapport (SGU, 2003). De tidigare resultaten indikerar generellt lägre årliga summor av nettonederbörd än i denna studie. En anledning till det kan vara en skillnad i de studerade perioderna. Det anses dock att skillnaden kommer främst från skillnader i metoderna som används för att producera data.

Resultaten av den tidigare SMHI rapporten är baserade på en annan hydrologisk modell HBV och för rutnät i inlandsområde med upplösning 25x25 km (625 km<sup>2</sup>, två områden i Gotland). Dessutom togs resultaten fram för några kuststationer (fem på Gotland) (Sanner och Grahn, 1995). I denna studie avser resultaten med S-HYPE-modellen mindre områden mellan naturliga vattendelare (delavrinningsområde; ca 1,6 - 96,1 km<sup>2</sup>). Därför är de här presenterade resultaten mindre generaliserade än i tidigare rapporten.

Den sista huvudsakliga skillnaden som kan påverka resultaten är processen för att uppskatta månads- och årssummorna av nettonederbörd: 1) en summa av dagliga modellresultat av effektiv nederbörd i tidigare rapporten och 2) skillnad mellan månads- och årsmodellresultat av korrigerad nederbörd och evapotranspiration (cprc-evap) i denna studie.

Trots de nämnda skillnaderna är båda studierna (denna och den nämnda tidigare rapporten) överens om att kustområdena kännetecknas av lägre nettonederbörd än inlandet i Gotland. Uppskattningsstorlekarna för de genomsnittliga årliga summorna är också liknande: 136 mm/år för Herrvik och Fårö stationer i tidigare rapporten (Sanner och Grahn, 1995; rapporterades av SGU, 2003) och 138–158 mm/år i denna studie (se figur 3).

## 4 Referenser

Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J. & Arheimer, B. (2010). Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. *Hydrology Research* 41.3–4, 295-319.

Sanner, H. & Grahn, G. (1995). Effektiv nederbörd i Sverige – beräknad med HBV-modellen. SMHI på uppdrag av SGU i Uppsala

SGU. (2003). Revidering av skyddsområde för Visby – Vibble vattentäkt. Gorlands kommun. Visby vattenförsörjning. Dnr: 08-1285/2003

SGU. (2023). Hydrogeologiska förutsättningar. url: <https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/bedomning-av-influensomrade-avseende-grundvatten/utgangslage-och-utredningsstrategi/hydrogeologiska-forutsattningar/>. Åtkomst: 2023-02-13

SMHI har en livsviktig roll som pålitlig expertmyndighet. Genom vår gedigna kunskap om väder, vatten och klimat bidrar vi till att öka hela samhällets hållbarhet.

Vi samlar in mängder av data som vi bearbetar, modellerar och visualiserar utifrån olika scenarier. Vi följer omvärldens utveckling och genom vår egen forskning utvecklar och sprider vi kunskap och tjänster som bygger på vetenskaplig grund. Vi utvärderar, analyserar, prognostiserar och följer upp. Varje dag, dygnet runt, året om.

Därför vågar vi lova dig ständigt aktuella beslutsunderlag som gör det lättare att planera på både kort och lång sikt – allt från din utflykt till framtidens infrastruktur. Våra underlag hjälper samhället att nå de nationella miljökvalitetsmålen och hantera morgondagens globala utmaningar.

SMHI omsätter 916 miljoner kronor och har cirka 670 medarbetare. Huvudkontoret finns i Norrköping. SMHI har också kontor i Göteborg och Uppsala.

SMHI. Alltid de bästa underlagen för dina beslut.

# SMHI

**SMHI – SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT**

601 76 Norrköping • Besöksadress Folkborgsvägen 17 • Telefon 011-495 80 00 • E-Post [smhi@smhi.se](mailto:smhi@smhi.se) • [www.smhi.se](http://www.smhi.se)