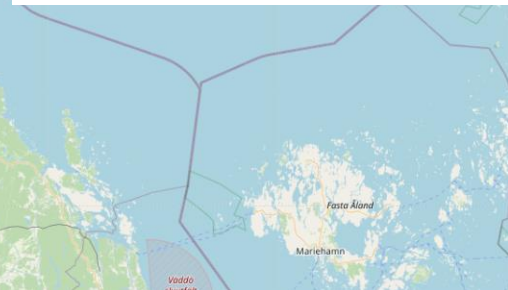
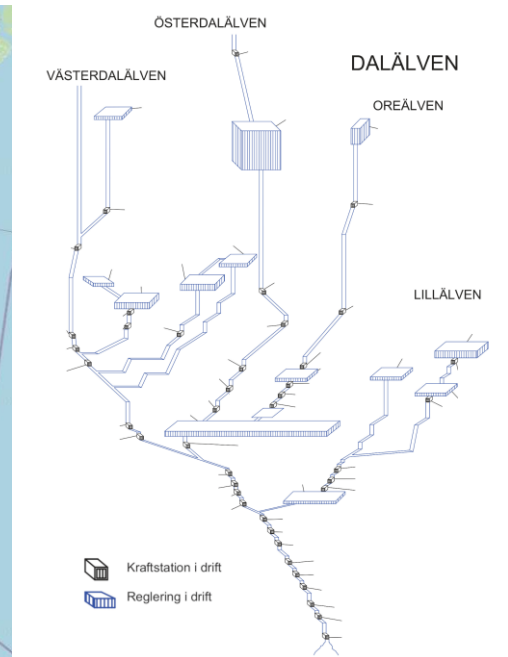
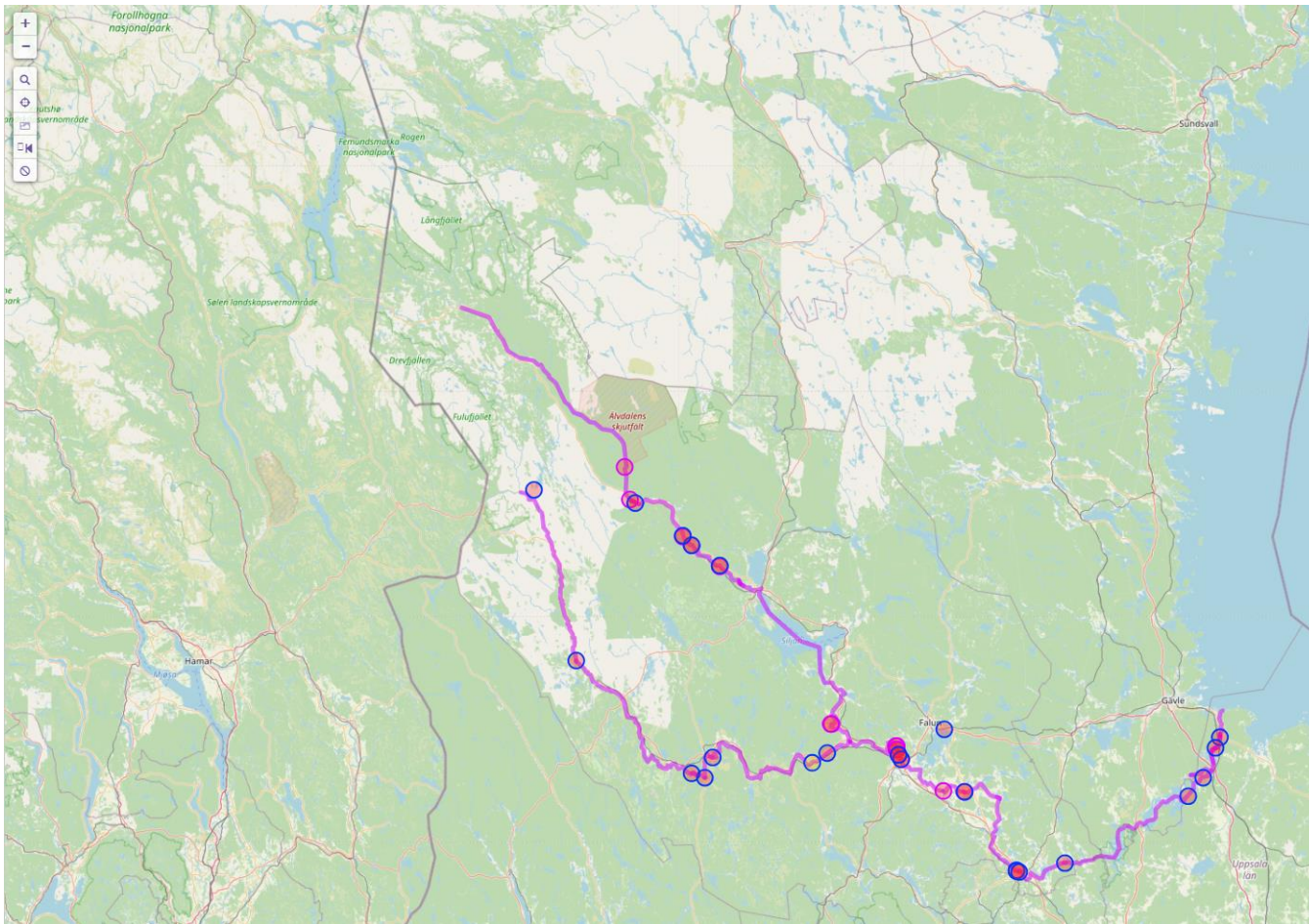


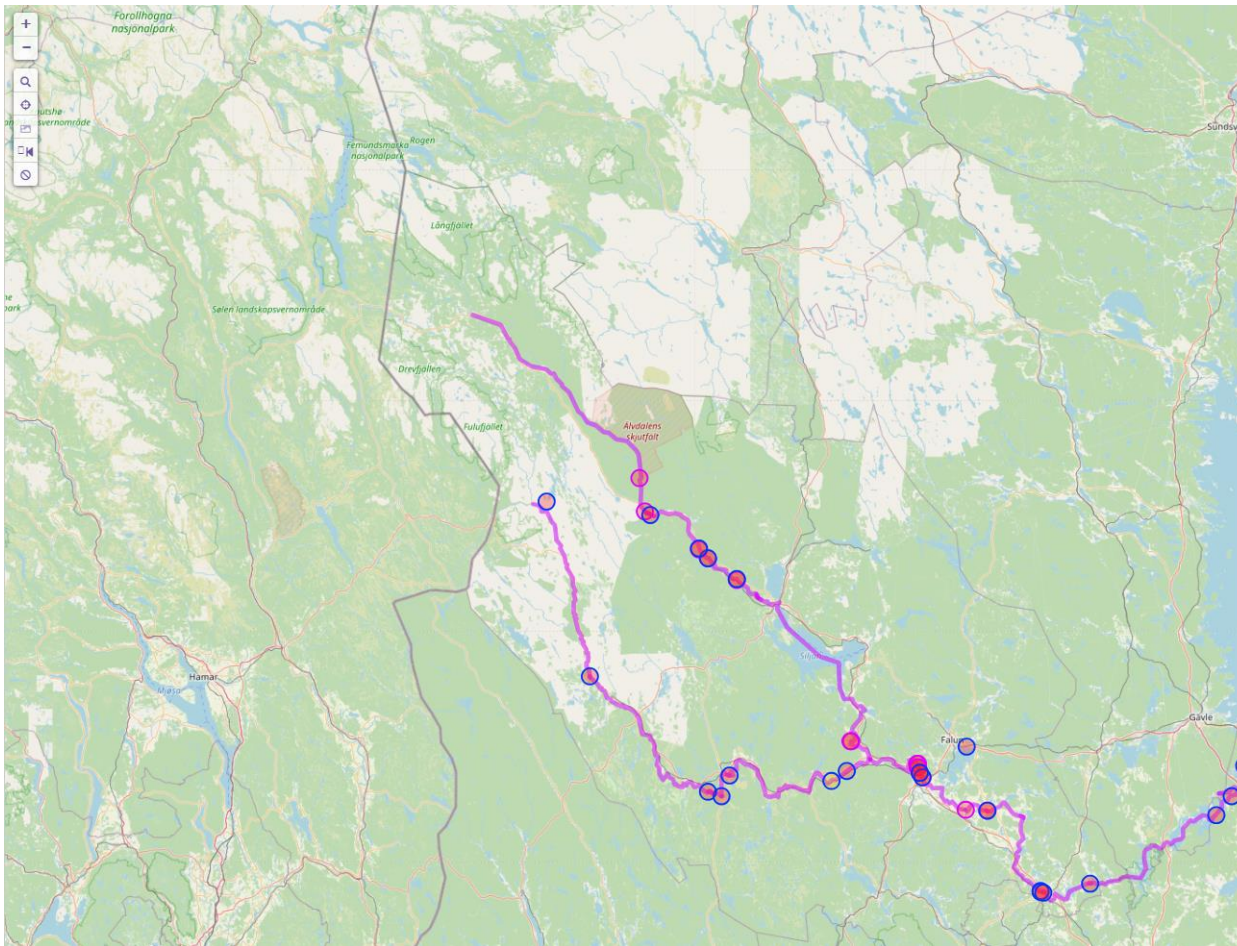
Klimatförändringar

Påverkan på vattenkraftens regleringsstrategier -förmåga och energiproduktion i Dalälven

Resultat från KLIVA-projektet

Vattendag 2023 – Klimatförändringar i och kring Dalälven, 2023-09-20, Richard Scharff





VATTENKRAFTSPRODUKTION

Fördelning på älvar år 2015, TWh

Älv	Produktion netto	
Lule älv	14,9	(13,4)
Skellefte älv	4,6	(3,9)
Ume älv	9	(6,8)
Ångermanälven	8,8	(6,8)
Faxälven	4,4	(3,5)
Indalsälven	10,9	(8,5)
Ljungan	2,3	(2,1)
Ljusnan	4,4	(4,8)
Dalälven	5,7	(5,6)
Klarälven	2	(1,9)
Göta älv	2	(2,1)
Övriga älvar	5	(4,0)
Total produktion	74	(63,4)

[2014 års värden inom parentes]

Källa: Svensk Energi

VATTENKRAFT, INSTALLERAD EFFEKT DEN 31 DECEMBER ÅR 2015

Vattendrag	Effekt, MW		
	2013	2014	2015
Övre Norrland	7 060,0	7 060,0	7 088,8
Lule älv	4 116,9	4 116,9	4 155,6
Pite älv	50,0	50,0	50,0
Skellefte älv	1 017,0	1 017,0	1 017,0
Rickleån	10,0	10,0	10,0
Ume älv utom Vindelälven	1 764,6	1 764,6	1 754,6
Örnsälven	5,9	5,9	5,9
Gideälven	69,9	69,9	69,9
Moälven	5,7	5,7	5,7
Nätraån	12,4	12,4	12,4
Smååar	7,6	7,6	7,7
Mellersta och nedre Norrland	6 145,9	6 151,9	6 157,3
Ångermanälven inkl Faxälven	2 592,5	2 598,5	2 598,2
Indalsälven	2 111,3	2 111,3	2 117,0
Ljungan	602,0	602,0	602,0
Dalälvensån	18,6	18,4	18,4
Ljusnan	817,4	817,4	817,4
Smååar	4,1	4,3	4,3
Gästrikland, Dalarna och Mälardalsregionen	1 301,8	1 302,0	1 301,2
Gävleån	24,1	24,2	24,2
Dalälven	1 156,1	1 156,2	1 155,9
Eskillunaån	9,1	9,1	9,1
Arbogaån	34,5	34,5	33,8
Hedströmmen	6,6	6,6	6,7
Kolbäckensån	58,0	58,0	58,1
Nyköpingsån	5,6	5,6	5,6
Smååar	7,8	7,8	7,8
Sydöstra Sverige	417,1	415,7	415,7
Vättern-Motala ström	162,8	160,3	160,3
Emån	22,8	22,9	22,9
Ålsterån	7,6	7,6	7,6
Ronnebyån	14,2	14,2	13,9
Mörmsån	21,1	21,1	21,1
Helgeån	32,5	33,5	33,5
Lagan	134,0	134,0	134,0
Smååar	22,1	22,1	22,4
Västsvetige	1 225,1	1 225,1	1 220,5
Nissan	56,7	56,7	56,8
Åtran	66,3	66,3	66,3
Viskan	27,9	27,9	27,7
Uppervadsälven	24,7	24,7	23,5
Byälven	72,1	72,1	72,1
Norsälven	125,7	125,7	125,5
Klarälven	387,8	387,8	387,6
Gullspångsälven	127,0	127,0	127,1
Tidan	7,8	7,8	7,8
Göta älv	302,7	302,7	299,9
Smååar	26,4	26,4	26,2
Hela riket	16 150	16 155	16 184

Källa: Svensk Energi



VATTENKRAFTSPRODUKTION

Fördelning på älvar år 2015, TWh

Älv	Produktion netto	
Lule älv	14,9	(13,4)
Skellefte älv	4,6	(3,9)
Ume älv	9	(6,8)
Ångermanälven	8,8	(6,8)
Faxälven	4,4	(3,5)
Indalsälven	10,9	(8,5)
Ljungan	2,3	(2,1)
Ljusnan	4,4	(4,8)
Dalälven	5,7	(5,6)
Klarälven	2	(1,9)
Göta älv	2	(2,1)
Övriga älvar	5	(4,0)
Total produktion	74	(63,4)

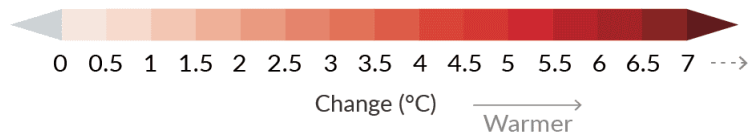
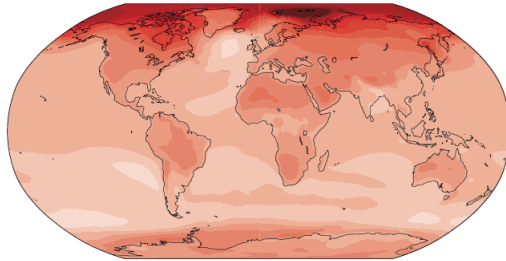
(2014 års värden inom parentes)

Källa: Svensk Energi

Klimatförändringar (årsvärden)

Temperatur

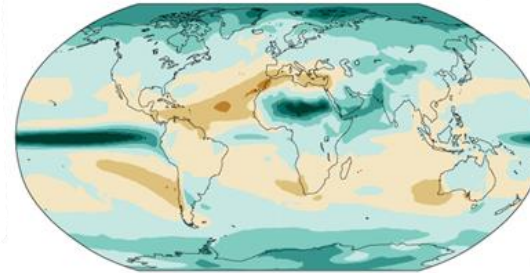
Simulated change at 2°C global warming



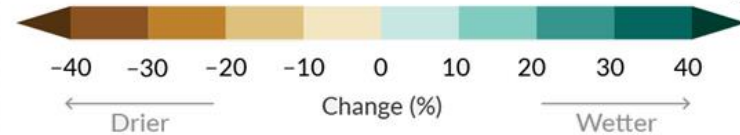
Nederbörd

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

Simulated change at 2°C global warming

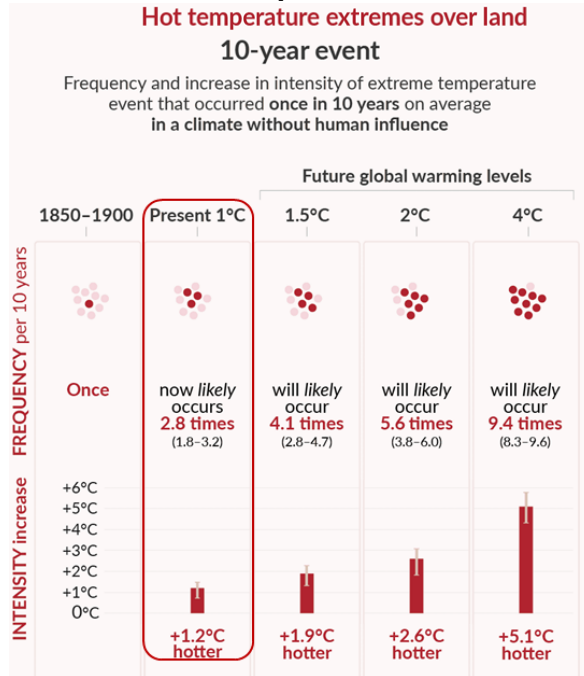


Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions

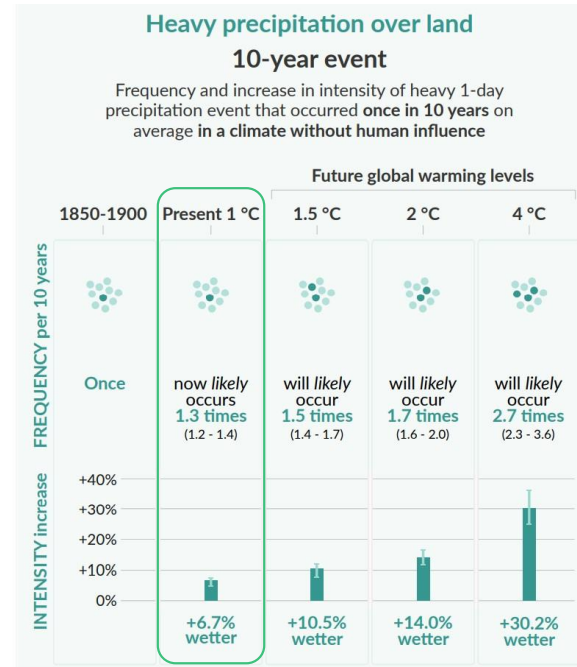


Klimatförändringar (händelser)

Temperatur



Nederbörd



Hur påverkas vattenkraften?



Vattendag 2023 –
Klimatförändringar

1. Hur påverkas vattenkraften av
klimatförändringar?

Ange ditt svar

Skicka

Det här innehållet skapas av ägaren till formuläret. De data du skickar skickas till formulärägaren. Microsoft ansvarar inte för sina kunders sekretess- eller säkerhetsrutiner, inklusive de som gäller för den här formulärägaren. Lämnar aldrig ut ditt lösenord.

Drivs med Microsoft Forms | [Sekretess och cookies](#) | [Användningsvillkor](#)





Skogsbränder



Torka



Snö → Regn



Personal



Dimensionerande flöden



Drivgods

Hur påverkas vattenkraften?



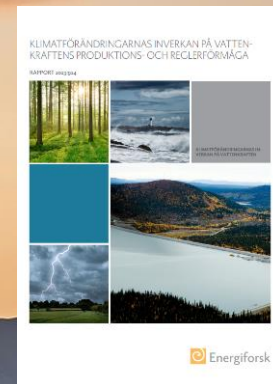
Tillrinningar



Översvämningar

Kylvatten (vattentemperatur)

etc.



KLIVA-projektet har analyserat **klimatförändringarnas påverkan** på vattenkraftens produktions- och balanseringsförmåga

→ Rapporten finns på [hemsidan](#)



SMHI



CHALMERS



profu



Nya elprisvariationer ← Elmarknad & elsystem

Nya tillrinningsvariationer ← Väder & klimat

Nya miljövillkor

...samt flera andra förändringar

Klimatförändringarnas
inverkan på **vattenkraftens**
produktions- och reglerförmåga

CHALMERS



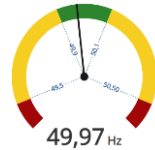
SMHI

Agenda

- Kort **överblick** KLIVA
- **Påverkan** på
 - ...tillrinningar
 - ...produktion
 - ...balanseringsförmåga
 - ...elsystem
- Klimatförändringar & **extremväderhändelser**



Variationer

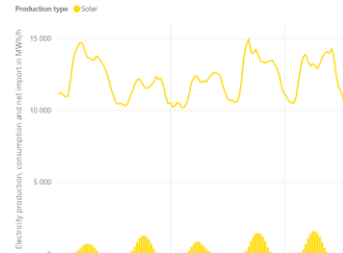


- Variationer < 1 timme
- Dygnsvariationer
- Flerdygnsvariationer
- Säsongsvariationer
- Årsvariationer

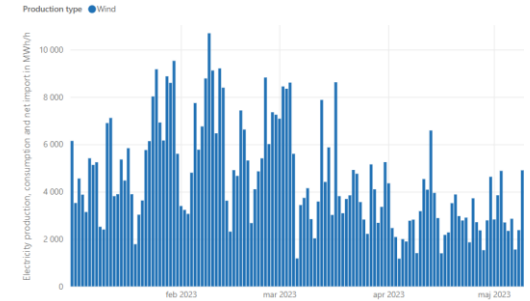
Svensk vattenkraftproduktion i TWh/år



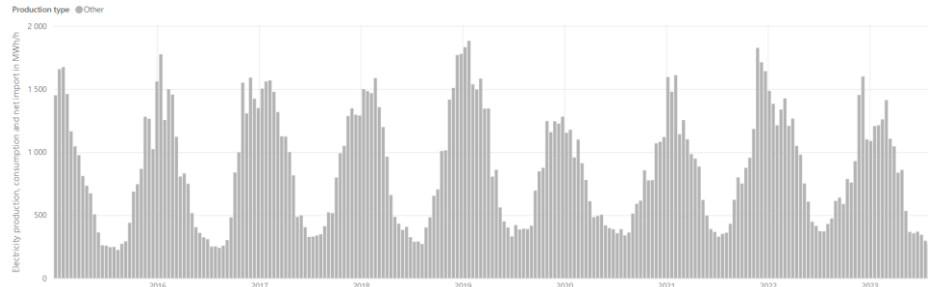
Svensk förbrukning i MWh/h och solelsproduktion i MWh/h



Svensk vindkraftproduktion, genomsnittsvärden per dag i MWh/h



Svensk elproduktion i (främst) kraftvärmeverk, genomsnittsvärden för 14-dagars-perioder i MWh/h

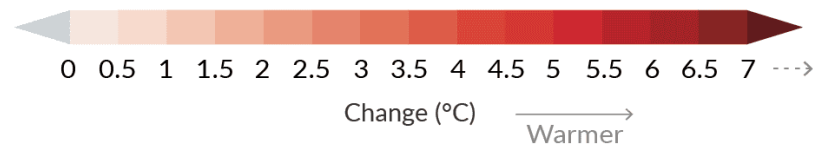
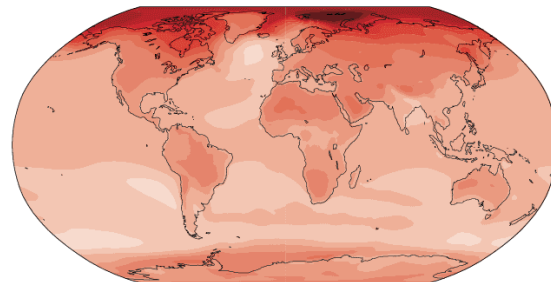


Övergripande slutsatser

Inom scopet för KLIVA-projektet leder ett **varmare klimat** till:

- Förändrade **tillrinningar**
- Ökad **produktionsförmåga**
- Samma **balanseringsförmåga**
- Mindre förändringar i **elsystemet**

Simulated change at 2°C global warming



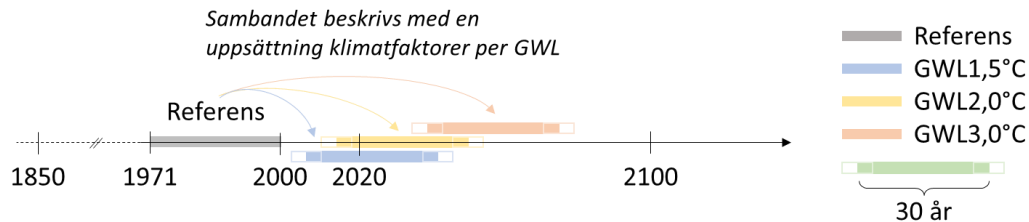
Källa: IPCC (2021). AR6 WGI SPM.



Uppvärmningsnivåer – Global Warming Levels (GWL)



Hydrologisk modell



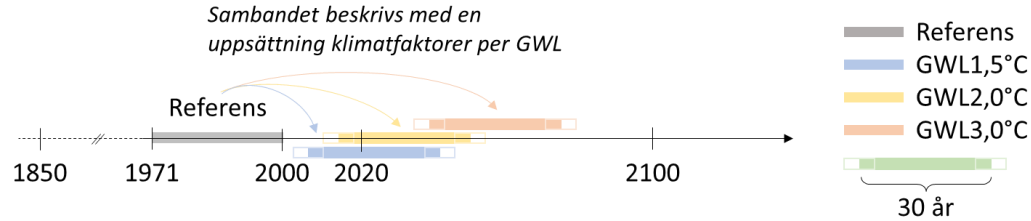
GWLX°C anger den **30-årsperiod** då den globala medeltemperaturen för första gången överstiger X grader jämfört med **förindustriell tid** (1861-1890).

IPCC:s definition för GWLX°C är den 20-årsperiod då den globala medeltemperaturen för första gången överstiger X grader jämfört med förindustriell tid (som definieras av IPCC som 1850-1900).

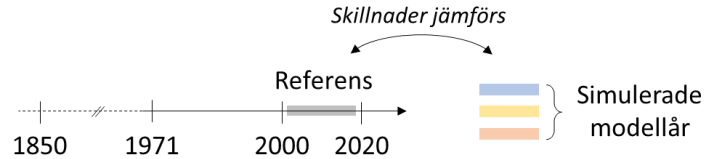
Uppvärmningsnivåer – Global Warming Levels (GWL)



Hydrologisk modell



Verktåg för produktionsplanering



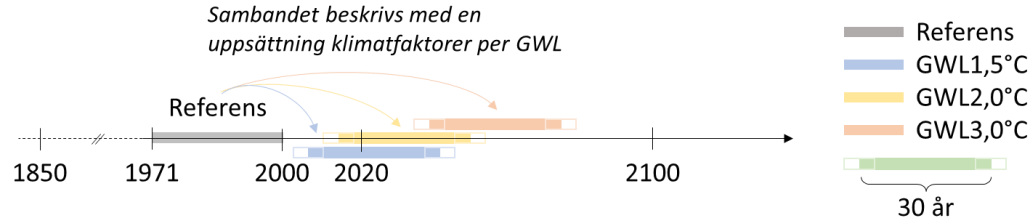
GWLX°C anger den **30-årsperiod** då den globala medeltemperaturen för första gången överstiger X grader jämfört med **förindustriell tid** (1861-1890).

IPCC:s definition för GWLX°C är den 20-årsperiod då den globala medeltemperaturen för första gången överstiger X grader jämfört med förindustriell tid (som definieras av IPCC som 1850-1900).

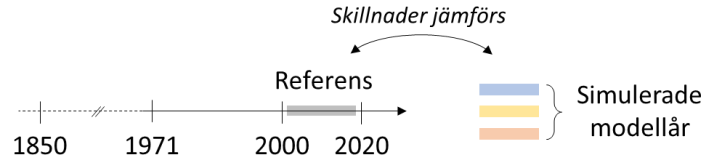
Uppvärmningsnivåer – Global Warming Levels (GWL)



Hydrologisk modell



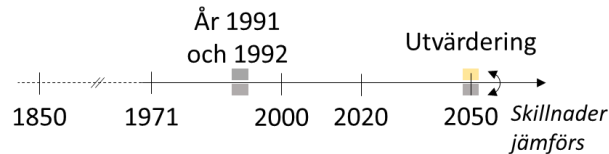
Verktyg för produktionsplanering



GWLX°C anger den **30-årsperiod** då den globala medeltemperaturen för första gången överstiger X grader jämfört med **förindustriell tid** (1861-1890).



Elsystemmodell



IPCC:s definition för GWLX°C är den 20-årsperiod då den globala medeltemperaturen för första gången överstiger X grader jämfört med förindustriell tid (som definieras av IPCC som 1850-1900).

Modeller



Hydrologisk modell
& klimatmodeller






Verktyg för
produktionsplanering



Elsystemmodell



Energisystemmodell

 Geografisk täckning	251 magasin i Sverige 5 magasin i Norge	10 älvar i Sverige En älv i taget	Norra Europa Elsystemet	Norra Europa Energisystemet
 Upplösning	Delavrinningsområde	Älvsträcka	Prisområde	Nationell
 Tillrinning	S-HYPE	HBV	Tillrunnen energi från verktyget för produktionsplanering	Tillrunnen energi från verktyget för produktionsplanering
 Tidsperiod	1971-2000	2001-2019	2045 Väderår: 1991-1992	2050

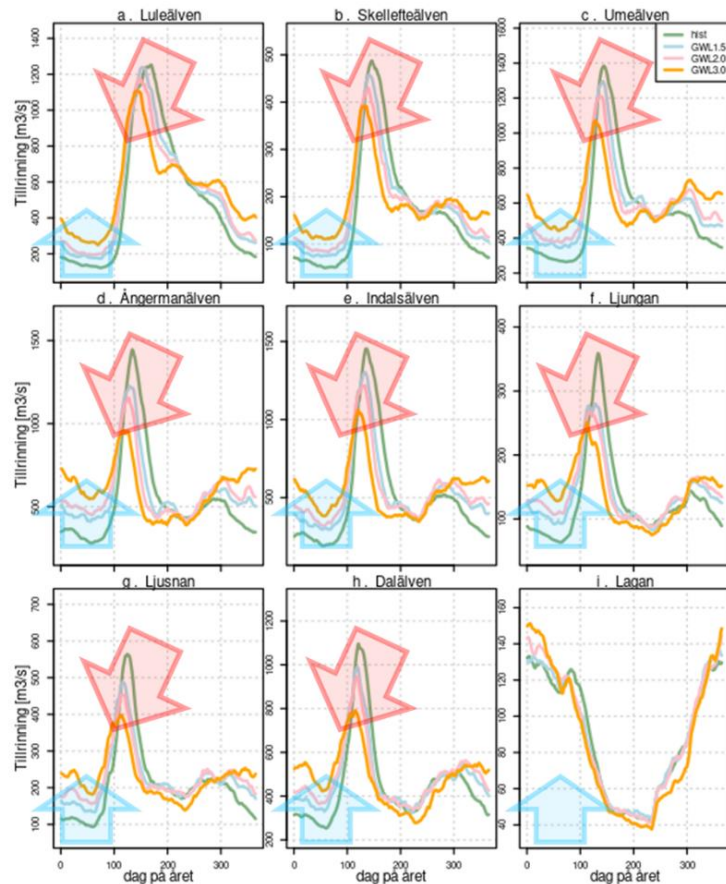
Medeltillrinning för olika GWL

- Medeltillrinningen **ökar** i total volym

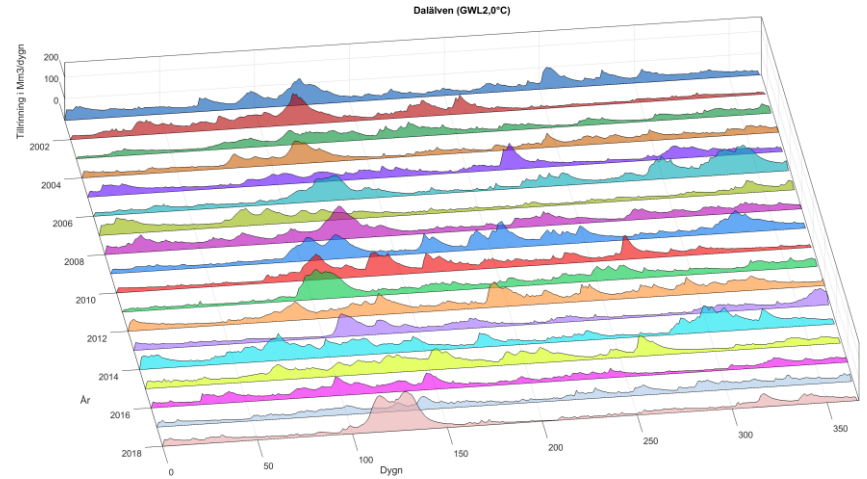
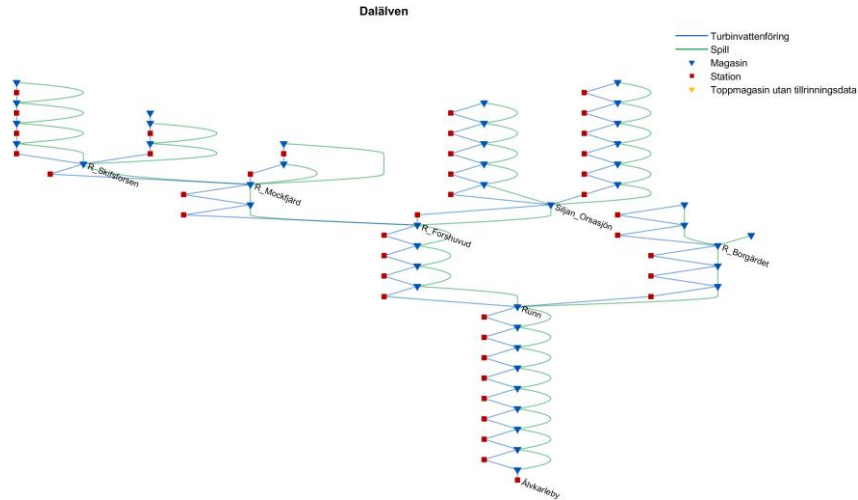
Tabell 6. Förändring i total tillrinning summerat per älv för de olika uppvärmningsnivåerna. Uttryckt i % för $(Q_{GWL} - Q_{hist})/Q_{hist} * 100$ och beräknat på ensemblemedianen.

Vattendrag	GWL1,0°C	GWL2,0°C	GWL3,0°C
Luleälven	+6,7	+8,9	+13,9
Skellefteälven	+2,8	+6,8	+9,4
Umeälven	+5,6	+7,8	+11,2
Ångermanälven	+4,7	+6,8	+9,4
Indalsälven	+4,5	+6,5	+8,1
Ljungan	+5,3	+7,3	+7,2
Ljusnan	+6,2	+8,5	+7,8
Dalälven	+4,7	+6,9	+5,1
Lagan	+0,5	+0,8	-1,9

- Den klimatologiska vårfloden **minskar** i volym och inträffar **tidigare** på året
- Tillrinning ökar under **vintermånaderna**



Simulera produktionsplaner med klimatförändringar



Produktionsförmåga – i medel

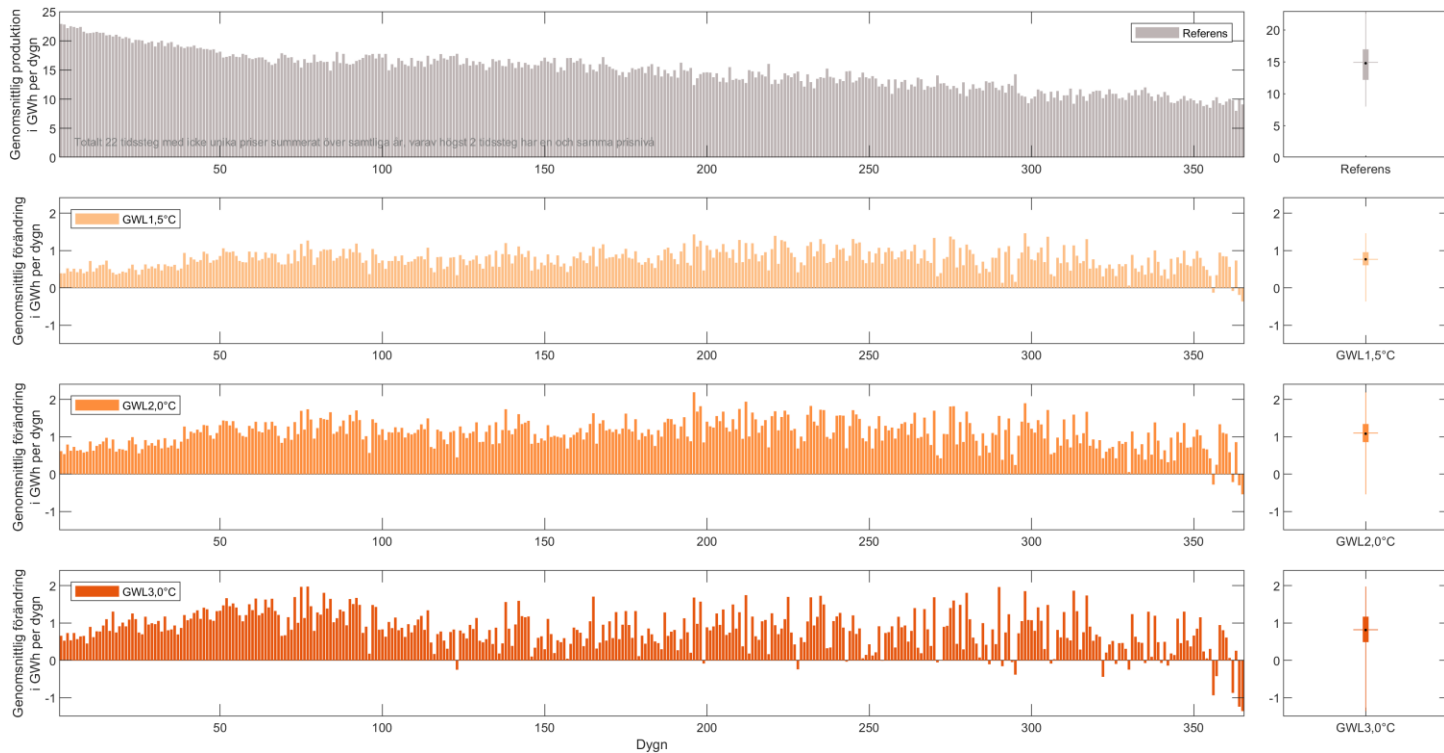
Tabell 6. Förändring i total tillförsel summerat per älv för de olika uppvärmningsnivåerna. Uttryckt i % för $(Q_{\text{tot}} - Q_{\text{ref}})/Q_{\text{ref}} * 100$ och beräknat på ensemblemedianen.

Vattendrag	GW1,0°C	GW2,0°C	GW3,0°C
Luleälven	+6,7	+8,9	+13,9
Skellefteälven	+2,8	+6,8	+9,4
Umeälven	+5,6	+7,8	+11,2
Ångermanälven	+4,7	+6,8	+9,4
Indalsälven	+4,5	+6,5	+8,1
Ljungan	+5,3	+7,3	+7,2
Ljusnan	+6,2	+8,5	+7,8
Dalälven	+4,7	+6,9	+5,1
Lagan	+0,5	+0,8	-1,9

Älvsystem	Referens	GW1,5°C	GW2,0°C	GW3,0°C
Luleälven	16 123 GWh/år	+6 %	+7 %	+11 %
Skellefteälven	5 100 GWh/år	+7 %	+9 %	+12 %
Umeälven	8 740 GWh/år	+3 %	+3 %	+5 %
Ångermanälven	12 492 GWh/år	±0 %	±0 %	-1 %
Indalsälven	10 480 GWh/år	+5 %	+7 %	+9 %
Ljungan	2 495 GWh/år	+5 %	+7 %	+6 %
Ljusnan	4 794 GWh/år	+6 %	+8 %	+7 %
Dalälven	5 402 GWh/år	+5 %	+7 %	+5 %
Lagan	688 GWh/år	±0 %	±0 %	-4 %
Totalt	100 % 66 314 GWh/år	+4 % (+2 773 GWh/år)	+6 % (+3 666 GWh/år)	+7 % (+4 456 GWh/år)

Balanseringsförmåga – i medel (simuleringar 2001 – 2019)

Flerårs prissorterad produktion Dalälven (24 h)



Påverkan på elsystemet

Analys energisystemmodell E-NODE:

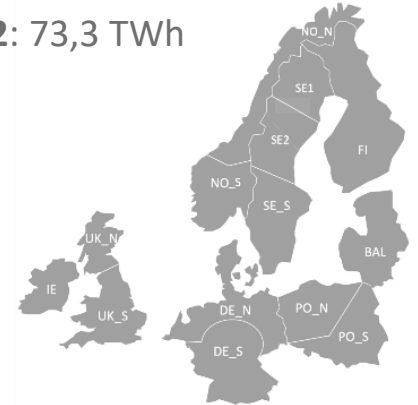
- Norra Europa runt **2050**
- **Minimera kostnader** att möta efterfrågan på el, värme & vätgas
- Dagens vattenkraftverk & finska kärnkraften
- Dagens överföringskapacitet + max 5 GW
- Investeringar i elproduktion **utan koldioxidutsläpp**
- Investeringar i energilagring (batterier, vätgas, värme)
- **Kostnader** från IEA och danska energistyrelsen

Vattenkraft:

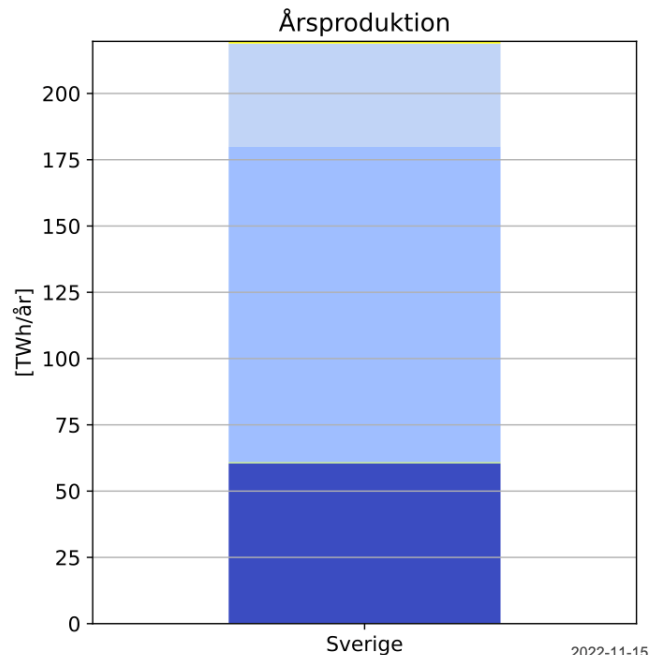
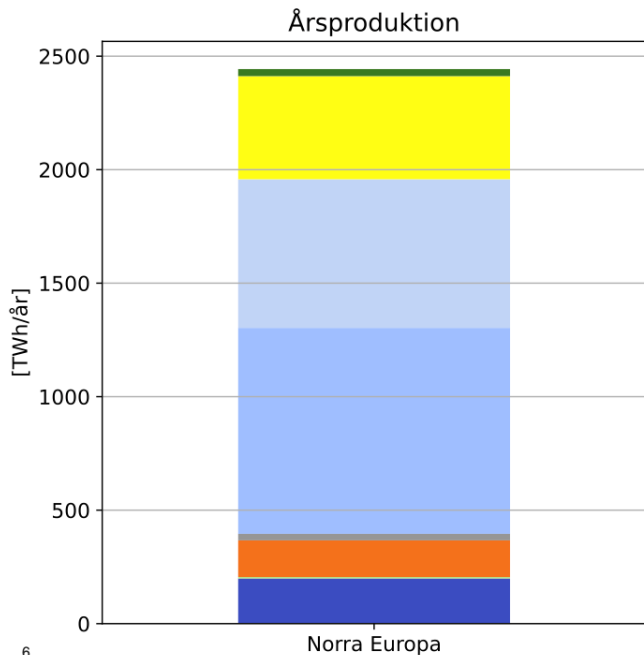
- Enstationsekvivalenter
- Väderår (samoptimering)

1991: 62,3 TWh

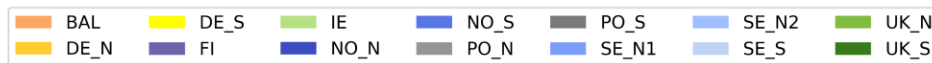
1992: 73,3 TWh



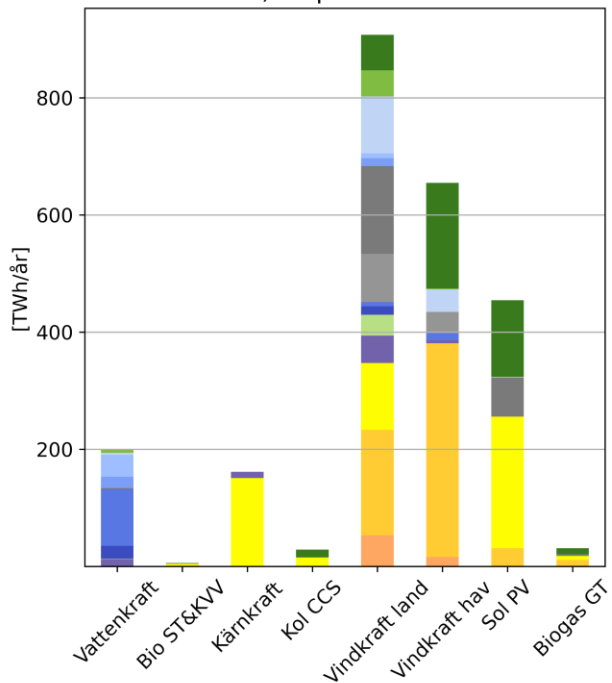
Elsystemet 2045 – utan klimatförändringar



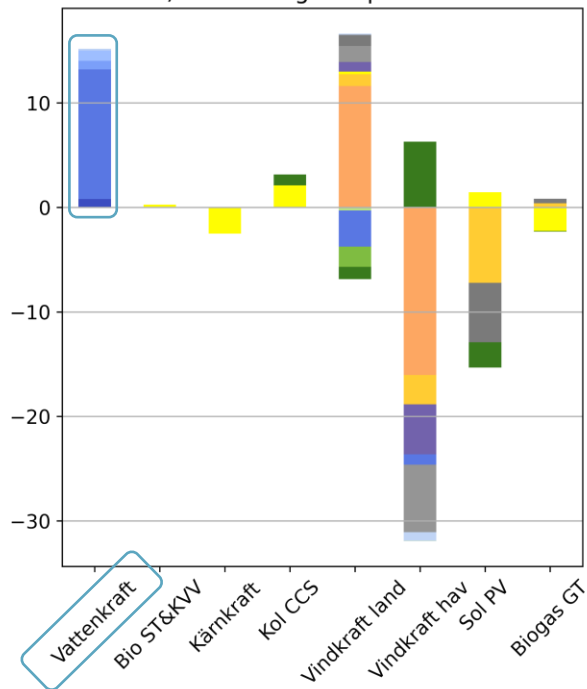
Elsystemet 2045 – GWL2,0°C



a) Årsproduktion



b) Förändring i årsproduktion



Vattenkraftens roll

- **Komplettera** vindkraft + solel
- Sol kompletterar vindkraften sommartid
 - Sparar vatten till vintern
 - Import från Tyskland och Polen
 - Vattenkraften hjälper till under molniga, vindstilla dagar
 - Ökad vattenkraft reducerar behovet av solel som komplement
- Fortsatt export från norra Sverige till södra Sverige **vid låg vindkraft**
- Vätgasproduktion i norra Sverige undviks **vid låg vindkraft**



Bild: Claas Rickert.

A person in climbing gear is silhouetted against a bright sunrise while working on a wind turbine tower. The sun is low on the horizon, creating a lens flare and illuminating the scene. In the background, several other wind turbines are visible on a hazy landscape. The overall mood is one of early morning activity and a clear view of the horizon.

Utblick



Nya elprisvariationer ← Elmarknad & elsystem

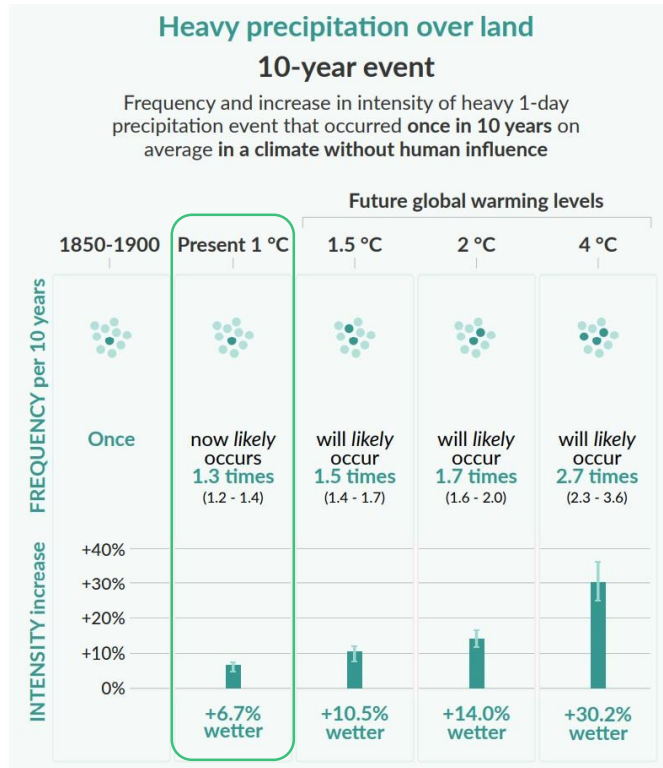
Nya tillrinningsvariationer ← Väder & klimat

Nya miljövillkor

...samt flera andra förändringar

Klimatförändringarnas
inverkan på **vattenkraftens**
produktions- och reglerförmåga

På gång: Extremväderhändelser



Källa: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/figures/summary-for-policy-makers/figure-spm-6/>



Tack!

Välkomna att höra av er!
richard.scharff@vattenfall.com