

Beräkning av produktionsbegränsning

Innehåll

1. Bakgrund	1
2. Normalårsproduktion	2
3. Kraftekvationen	2
4. Krav på flödesuppgifter	3
5. Beräkningen av produktionsbegränsningen	3
6. Värdering av den minskade effekt/reglerförmågan	4
7. Beräkning av verkningsgradsförändringens inverkan på vattenkraftproduktionen ...	4

1. Bakgrund

I detta PM beskrivs den beräkningsmodell för produktionsbegränsningar ("Beppe") som Vattenkraftens Miljöfond Sverige AB ("Fonden") använder.

Produktionsbegränsning avser produktionsförluster och produktionsbegränsningar av fortvarig karaktär, och beräknas som skillnaden mellan elproduktionen före och efter genomförd anpassning till moderna miljövillkor. Produktionen före åtgärd benämns normalårsproduktion.

Beppe tillhandahålls av Fonden och finns att ladda ner från Fondens hemsida (www.vattenkraftensmiljofond.se). Det finns två versioner av modellen:

- Beppe_1: utgår från timvärden för vattenflödet vid beräkningen av produktionsbegränsningen.
- Beppe_2: utgår ifrån dygnsvärden för vattenflödet vid beräkningen av produktionsbegränsningen.

Vilken modell som ska användas för respektive anläggning framgår nedan.

Generellt om undantag

För att kunna göra undantag från det som benämns som huvudregler i detta dokument krävs att underlag och motivering till varför undantag ska göras tillhandahålls Fonden.

Fonden fattar sedan beslut om undantagsregler är berättigade och ska tillämpas i respektive fall.

2. Normalårsproduktion

Huvudregel

Beräknas som årsmedelvärdet av de senaste 15 årens faktiska elproduktion, verifierade av nätägaren. Värdena som används för beräkningen ska avse hela kalenderår, från 1 januari till 31 december.

Undantag

Om ett årsproduktionsvärde avviker mer än 10 % ifrån medelvärdet av alla de 15 st årsvärdena på grund av avställningar som haverier eller liknande räknas det värdet bort då medelvärdet beräknas. Dock ska antalet värden vara minst 10 st. Ett lägre årsproduktionsvärde på grund av underhåll eller naturliga variationer ska räknas med. Motivering och underlag till exkludering av år med avvikande värden ska tillhandahållas.

3. Krafftekvationen

Vattenkraftproduktionen kan beräknas med den så kallade krafftekvationen under timme t_x med flödet Q och verkningsgraden η enligt följande:

$$EL(t_x)[kWh]=\eta_{tot}[\%] * \rho[kg/m^3] * Q[m^3/s] * g[m/s^2] * h[m]* t[h].$$

där

η_{tot} = turbin + generator = total verkningsgrad

ρ = vattnets densitet [1000 kg/m³]

Q = vattnets flöde

g = tyngdaccelerationen (9,81 m/s²)

h = nettofallhöjd (höjdskillnaden mellan inloppet till kraftverket och utloppet)

t_x = timme x

Av krafftekvationen framgår att elproduktionen ifrån vattenkraftverket är direkt proportionell mot flödet Q genom turbin. Därmed kan produktionsbegränsningen för en miljöåtgärd beräknas som skillnaden mellan det nyttiga flödet genom turbin före och efter åtgärd under förutsättning att de andra parametrarna är konstanta.

Flödesförändringen som uppstår på grund av en miljöåtgärd behöver beräknas dels för en längre tidsperiod, dels med tillräcklig tidsupplösning (timme eller dygn).

4. Krav på flödesuppgifter

För flödesuppgifter som ska användas för beräkningen av produktionsbegränsningen gäller följande:

Huvudregel - timvärden

Flödesuppgifter ska avse timvärden. Uppgifter finns tillgängliga hos SMHI för perioden 2006-2015 för ca 500 platser. För några platser finns även timvärden för senare år. Detta betyder att timvärden från SMHI ska användas då de är relevanta för ett kraftverk för de senaste 15 åren eller minst 10 år med start 2006.

Vilka platser som det finns timvärden för framgår av SMHIs Vattenwebb: <https://vattenwebb.smhi.se/regel/>. För den praktiska hanteringen vad gäller användandet av timvärden var god kontakta Fonden.

För produktionsbegränsningsberäkningar med timvärden ska modellen **BEPPE_1** användas.

Undantag - dygnsvärden

Om timvärden för vattenflödet inte finns att tillgå ska istället dygnsvärden (stationskorrigerade dygnsvärden från SMHI) för de senaste 15 åren användas.

Dygnsvärdena hämtas hem ifrån SMHIs vattenwebb: <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> genom att leta upp en punkt på kartan som är relevant för kraftverket. Mer förklaringar finns i själva beräkningsmodellen.

För produktionsbegränsningsberäkningar med dygnsvärden ska modellen **BEPPE_2** användas.

5. Beräkningen av produktionsbegränsningen

Med hjälp av flödesdata enligt ovan beräknas det genomsnittliga flödet som kan nyttiggöras i turbinerna **före åtgärd** efter det att hänsyn tagits till minsta turbinvattenföring och slukförmåga.

Underlaget för att beräkna miljöåtgärdernas konsekvenser för elproduktionen utgörs av de villkor som beslutats i domstol.

Med beaktande av de nya villkoren för spill beräknas det genomsnittliga flödet som kan nyttiggöras i turbinerna **efter åtgärd** efter det att hänsyn tagits till minsta turbinvattenföring och slukförmåga.

Den relativa förändringen av de beräknade genomsnittliga flödena före och efter åtgärd anses också utgöra förändringen av elproduktionen.

6. Värdering av den minskade effekt/reglerförmågan

I kraftverk med regleringsdammar kan en miljöåtgärd som innebär spill i form av mintappning och/eller via fiskvandringvägar även påverka reglerförmågan. Detta innebär minskade möjligheter att styra produktionen till perioder då värdet är som störst, dvs under högprisperioder då efterfrågan är som störst. Vattenkraftproduktionens värde minskar därmed utöver den förlorade produktionen. Ett mått på kraftverkets reglerförmåga är den s k kvalitetsfaktorn.

Vattenkraftsproduktionens minskade värde beräknas i en värderingsmodell för produktionsbegränsning, Snurran. Information om hur kvalitetsfaktorn beräknas och hur denna värderas finns i Snurrans dokumentation.

7. Beräkning av verkningsgradsförändringens inverkan på vattenkraftproduktionen

OBS! Denna beräkning genomförs enbart för strömkraftverk.

Verkningsgraden för en turbin är ett mått på hur effektivt rörelseenergin i vattnet som matas in i turbinen kan omvandlas till elektrisk energi. Verkningsgraden varierar beroende på vattenflödet genom turbin vilket ofta åskådliggörs i en verkningsgradskurva. Detta innebär att en miljöåtgärd där vattenflödet förändras på grund av exempelvis spill förbi turbin kan medföra en förändrad elproduktion beroende på dels flödesförändringen i sig, dels på verkningsgradsförändringen.

I Beppe finns standardiserade verkningsgradskurvor som tillämpas för olika turbintyper under fliken *Verkningsgradskurvor*.

Vilken turbintyp som kraftverket har (Francis/Semikaplan, Kaplan eller Propeller/Lawaczeck) ska uppges i Beppe. Endast en turbintyp kan anges. Om kraftverket har en kombination av turbiner, där en Kaplan ingår tillsammans med andra turbiner som ett sätt att optimera totalverkningsgraden för anläggningen, anges turbintypen Kaplan. Om det förekommer andra kombinationer där Kaplan ej ingår anges Francis/Semikaplan.

I kraftverk med reglerförmåga antas att strategin för att utnyttja vattnet för elproduktion läggs om då en miljöåtgärd genomförs vilket motverkar en verkningsgradsförlust. I strömkraftverk utan någon påtaglig reglerförmåga innebär däremot ett förändrat flöde på grund av en miljöåtgärd även en påverkan på verkningsgraden och därmed också elproduktionen.

I Beppe beräknas verkningsgradsförändringar i strömkraftverk enligt följande:

1. Före åtgärd

En verkningsgrad fastställs för det aktuella flödet (per timme eller dygn) med hjälp av den standardiserad verkningsgradkurva för den aktuella turbintypen. Med hjälp av kraftekvationen beräknas elproduktionen för det aktuella flödet med det avlästa värdet för verkningsgraden före åtgärd.

2. Efter åtgärd

Verkningsgraden efter åtgärd läses av i verkningsgradskurvan för det nya flödet. Med hjälp av kraftekvationen beräknas först elproduktionen för det nya flödet med verkningsgraden före åtgärd. Därefter beräknas med hjälp av kraftekvationen elproduktionen efter åtgärd och med det nya värdet för verkningsgraden.

3. Resultat

Skillnaden mellan de två senare beräkningarna utgör den marginella elproduktionsförändringen på grund av verkningsgradsförändringen.

Summan av den relativa produktionsförändringen på grund av flödesförändringen och den relativa produktionsförändringen på grund av verkningsgradsförändringen motsvarar den totala produktionsförändringen för ett strömkraftverk.