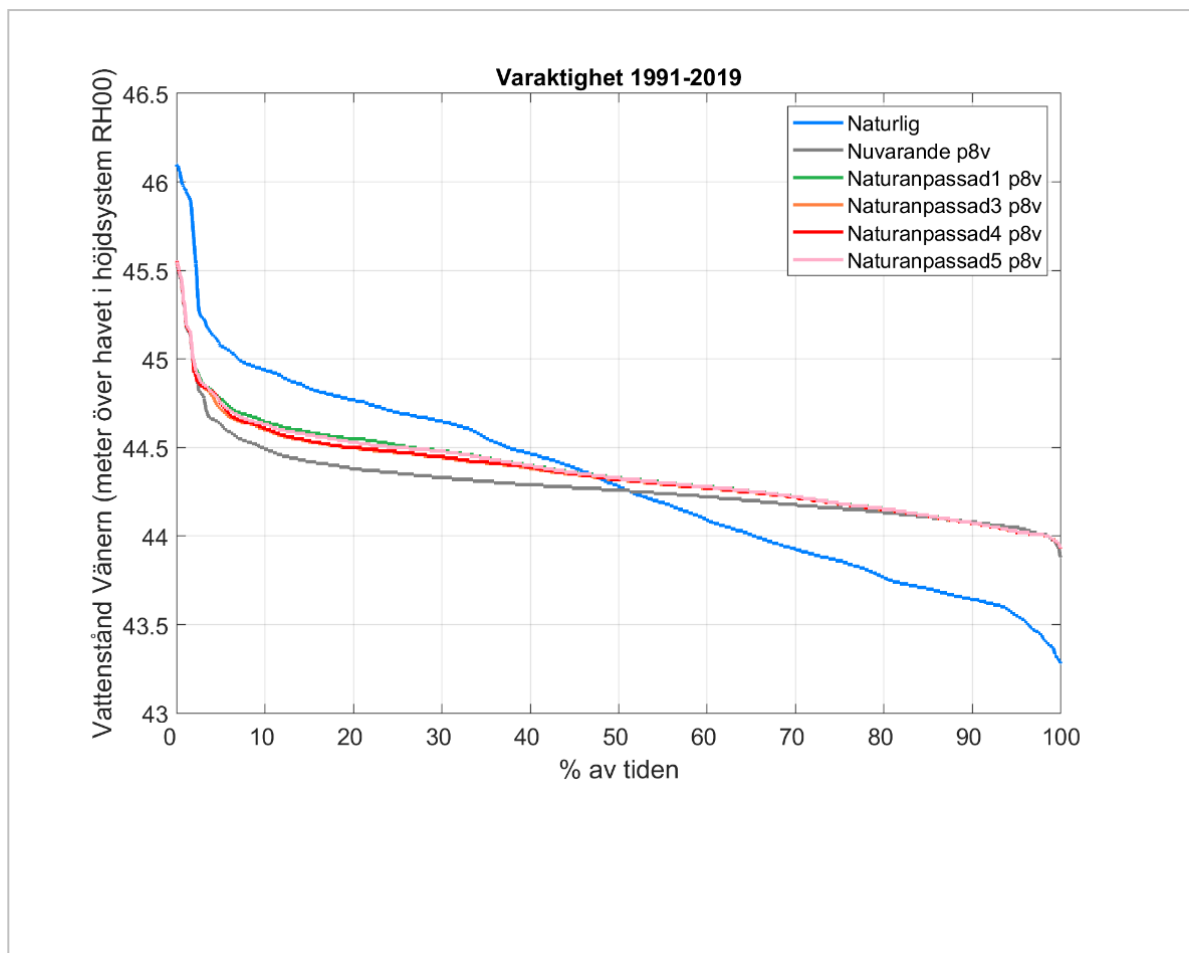


Anna Eklund, Amanda Ericsson och Johan Södling

RAPPORT NR 2021-11

Justering av naturanpassad tappningsstrategi för Vänern



Pärbilden visar varaktigheter i Vänerns vattennivå för naturliga förhållanden, den nuvarande tappningsstrategin samt fyra olika naturanpassade tappningsstrategier.

Författare: Uppdragsgivare:

A Eklund, A Ericsson,
J Södling

Länsstyrelserna i Västra Götalands och Värmlands län

Granskningsdatum:

Granskare:

Dnr:

Version:

2022-04-11

Jonas German

2020/2081/9.5

Ver 4.1

Justering av naturanpassad tappningsstrategi för Vänern

Uppdragstagare

SMHI
601 76 Norrköping

Projektansvarig

Anna Eklund
011 –495 86 06
Anna.Eklund@smhi.se

Uppdragsgivare

Länsstyrelsen i Västra Götalands län
Länsstyrelsen i Värmlands län

Kontaktperson

Håkan Alexandersson
Gunnar Lagerkvist

Distribution

Klassificering

(x) Affärssekretess

Nyckelord

Vänern, reglering, naturanpassad reglering

Övrigt

Version 1.0 (januari 2021) innehöll beräkningar för strategierna naturanpassad 3 och 4.

Version 2.0 (april 2021) innebar rättning av felaktiga beräkningar. Diagram och tabeller under resultatkapitlet ändrades.

Version 3.0 (maj 2021) innebar tillägg av strategin naturanpassad 5. I diagram och tabeller under resultatkapitlet ingår nu även denna strategi.

Version 3.1 (juni 2021) innebar mindre ändringar bl.a. tillägg av tabell 5.

Version 4.0 (februari 2022) innebar tillägg av två kapitel: statistik för 1970-2020 samt observationer samt Bilaga A.

Version 4.1 (april 2022) innebar tillägg av några figurer och tabeller.

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	1
2	BAKGRUND OCH SYFTE	1
3	BESKRIVNING AV DE OLIKA STRATEGIERNA.....	1
3.1	Naturligt	2
3.2	Nuvarande strategi.....	2
3.3	Nuvarande strategi med prognos 8 veckor	2
3.4	Tillämpad strategi.....	4
3.5	Naturanpassad strategi 1	5
3.6	Naturanpassad strategi 1 med prognos 8 veckor	5
3.7	Naturanpassad strategi 3 med prognos 8 veckor	6
3.8	Naturanpassad strategi 4 med prognos 8 veckor	7
3.9	Naturanpassad strategi 5 med prognos 8 veckor	8
4	BERÄKNINGSMETOD.....	9
4.1	Förändringar jämfört med tidigare beräkningar.....	9
5	RESULTAT	10
5.1	Resultat 1991-2019.....	10
5.2	Resultat 1970-2020.....	22
5.3	Observationer	29
6	SLUTSATSER.....	31
6.1	Prognos 8 veckor	31
6.2	Naturanpassad 3 och 4	31
6.3	Naturanpassad 5.....	31
6.4	Skillnader mellan verklig vattennivå och beräknad vattennivå	31
6.5	Skillnad mellan olika tidperioder	31
7	REFERENSER	31
	BILAGA A. JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA BERÄKNINGSSÄTT FÖR ATT TA HÄNSYN TILL EN PROGNOSS 8 VECKOR FRAMÅT	32

1 Sammanfattning

Vid en undersökning 2014 togs förslag på naturanpassade tappningsstrategier för Vänern fram. Syftet med dem var att öka variationen i vattennivå. I denna rapport redovisas resultat från nya uppdrag där justeringar har gjorts av en av dessa strategier.

I början av 2021 togs två nya förslag på naturanpassade tappningsstrategier fram med syfte att minska risken att vattennivån når över Vänerns dämningssgräns. Efter nya diskussioner beslöts i maj 2021 att ytterligare en strategi ska tas fram med syfte att ge en högre variation i vattennivå än de senaste framtagna. Vattennivån ligger ganska nära den ursprungliga naturanpassade tappningsstrategin och är som högst under vår och sommar och som lägst under höst och vinter.

Inom uppdraget har också förbättringar i beräkningar gjorts genom att mer efterlikna de verkliga förhållandena där Vattenfall tar hänsyn till en prognos för tillrinningen till Vänern 8 veckor framåt. Detta har delvis lett till nya resultat jämfört med tidigare beräkningar.

I januari 2022 beslutades att utöka rapporten med resultat för en längre period (1970–2020) samt statistik för observationer. Arbetet har skett i dialog med länsstyrelserna och Vattenfall.

2 Bakgrund och syfte

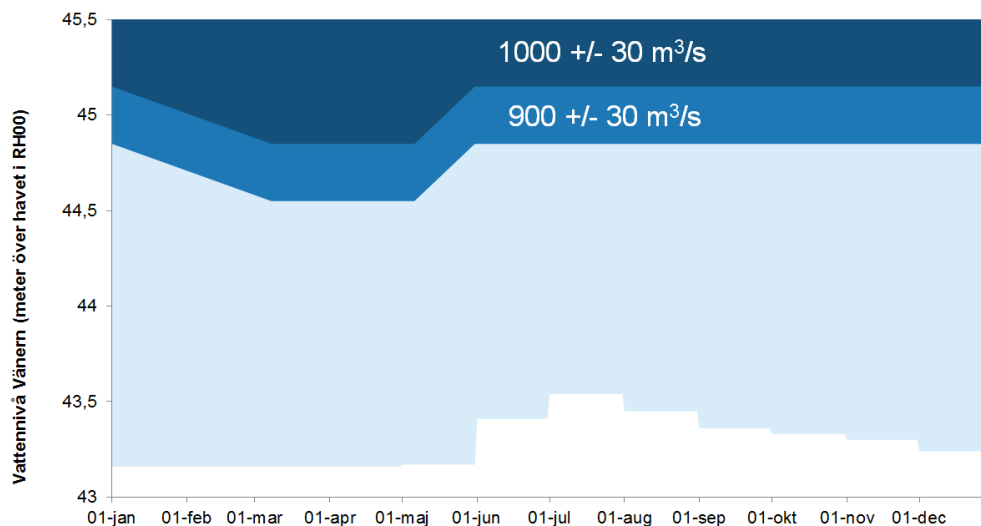
Sedan 2008 tillämpas en tappningsstrategi i Vänern med syfte att minska risken att nå höga nivåer med översvämningar som följd. För detta finns en överenskommelse mellan Vattenfall och Länsstyrelsen i Västra Götalands län (Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall, 2008). Strategin har medfört en minskad variation i vattennivån. Samtidigt har igenväxningen av Vänerns stränder ökat, vilket kopplas till den minskade variationen i vattennivå. Diskussioner har förts kring att ändra tappningsstrategin för att få större variation i vattennivån. 2014 tog SMHI tillsammans med Calluna på uppdrag av länsstyrelserna fram förslag på naturanpassade tappningsstrategier (Koffman m.fl 2014). Dessa har dock aldrig tillämpats.

2018 bildades Vänerrådet som har till syfte att få till stånd en säker och naturanpassad tappningsstrategi för Vänern som tar till vara både naturvärden och samhällsintressen. Diskussioner kring de naturanpassade strategierna har återupptagits och SMHI fick i december 2020 i uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland att göra beräkningar på alternativa strategier. I uppdraget har även ingått förbättringar av beräkningarna. Efter diskussioner kring de resultaten togs i maj-juni 2021 ytterligare ett förslag på alternativ strategi fram på uppdrag av Länsstyrelsen i Värmlands län. Slutliga kompletteringar av rapporten skedde i början av 2022.

Resultatet av de uppdragen redovisas i denna rapport. Alla uppgifter om Vänerns vattennivå i denna rapport redovisas i höjdsystemet RH00 Vänersborg.

3 Beskrivning av de olika strategierna

Beräkningar har gjorts för en rad olika strategier. Samtliga strategier ligger inom Vänerns vattenhushållningsbestämmelser (Figur 1). Dessa har en relativt stor frihet för vattennivåer som ligger under dämningssgränsen och därför kan olika strategier tas fram som ändå ligger inom vattendomen.



Figur 1. En förenklad skiss över Vänerns vattenhushållningsbestämmelser. Vid dämningsskärningen ska cirka 900 m³/s tappas och 30 cm över dämningsskärningen ska cirka 1000 m³/s tappas. Sänkningsskärningen, som varierar mellan 43,16 och 43,54 m, har i praktiken ingen funktion längre.

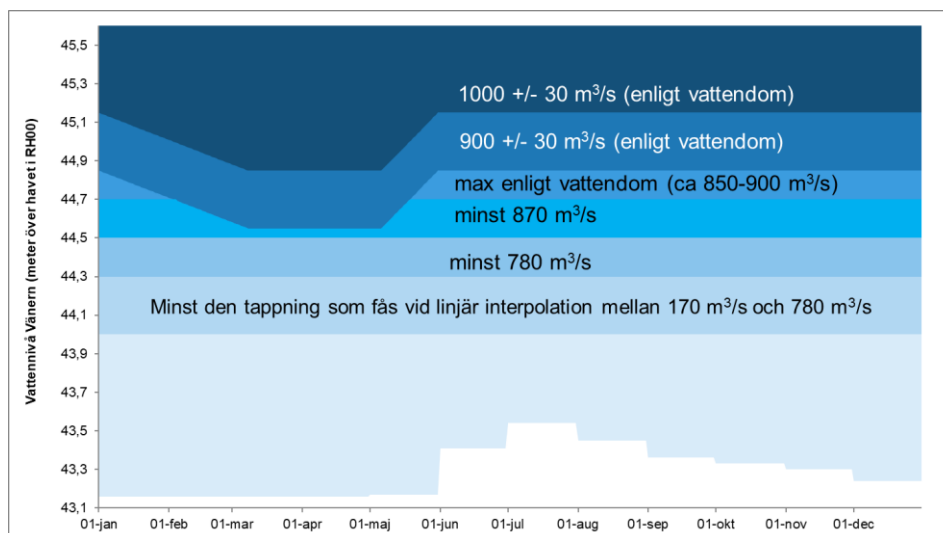
Här följer en beskrivning av de olika tappningsstrategier som tas upp i denna rapport.

3.1 Naturligt

Med den naturliga nivån menas hur Vänerns nivå skulle ha varit om sjön fortfarande hade varit oreglerad. Då fanns ingen möjlighet att styra utflödet från sjön utan det berodde helt på vattennivån.

3.2 Nuvarande strategi

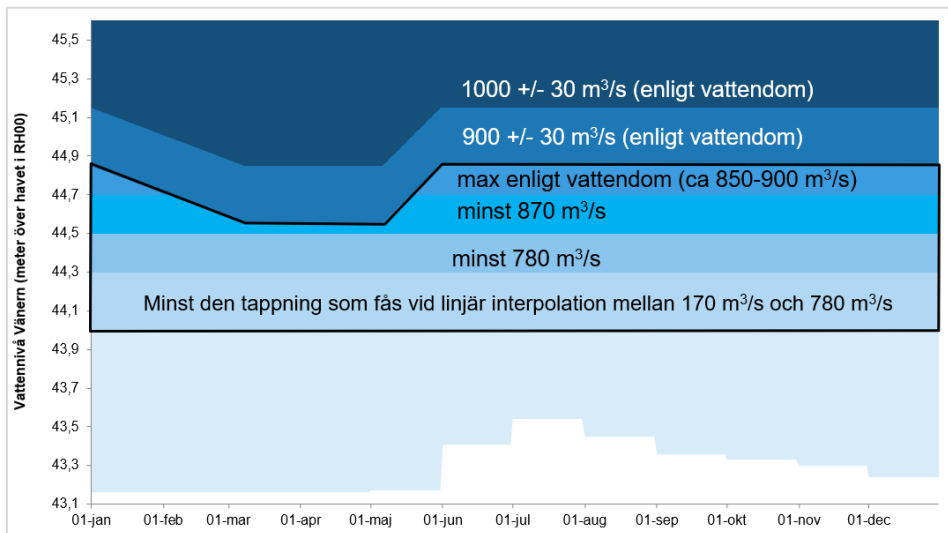
Med ”Nuvarande strategi” (Figur 2) menas den strategi som ska tillämpas enligt överenskommelse mellan länsstyrelsen och Vattenfall (Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall, 2008). En brist i denna beskrivning är att ingen hänsyn tas till prognos för 8 veckor framåt, vilket ingår i överenskommelsen.



Figur 2. Nuvarande tappningsstrategi.

3.3 Nuvarande strategi med prognos 8 veckor

”Nuvarande strategi” som den är beskriven ovan stämmer inte helt med överenskommelsen från 2008. Där står att hänsyn ska tas till en prognos för 8 veckor framåt, vilket vi inom detta uppdrag lagt till i beräkningarna (Figur 3).



Figur 3. Nuvarande tappningsstrategi med prognos. Inom den svarta rutan tas hänsyn till prognos 8 veckor framåt.

Varje onsdag bestämmer Vattenfall medeltappningen från Vänern för kommande fredag till torsdag. Som underlag används bland annat prognoser från SMHI, som är gjorda med en hydrologisk modell, HBV-modellen. Dessa prognoser utgår från aktuellt läge i avrinningsområdet, som vattenflöden, markvattenhalt och mängd lagrad snö. Sedan görs beräkningar för tillrinningen till Vänern baserat på en väderprognos för de kommande 9 dyggen. För perioden 10 dygn till 8 veckor framåt beräknas hur stor tillrinningen till Vänern skulle bli med det väder som rådde samma period åren 1961 och framåt. Från det fås statistik över tillrinningen där det går att se utvecklingen framåt om vi t.ex. får nederbördsrikt respektive nederbördsfattigt väder de kommande månaderna. Men det är medianvärdet för de olika åren som används.

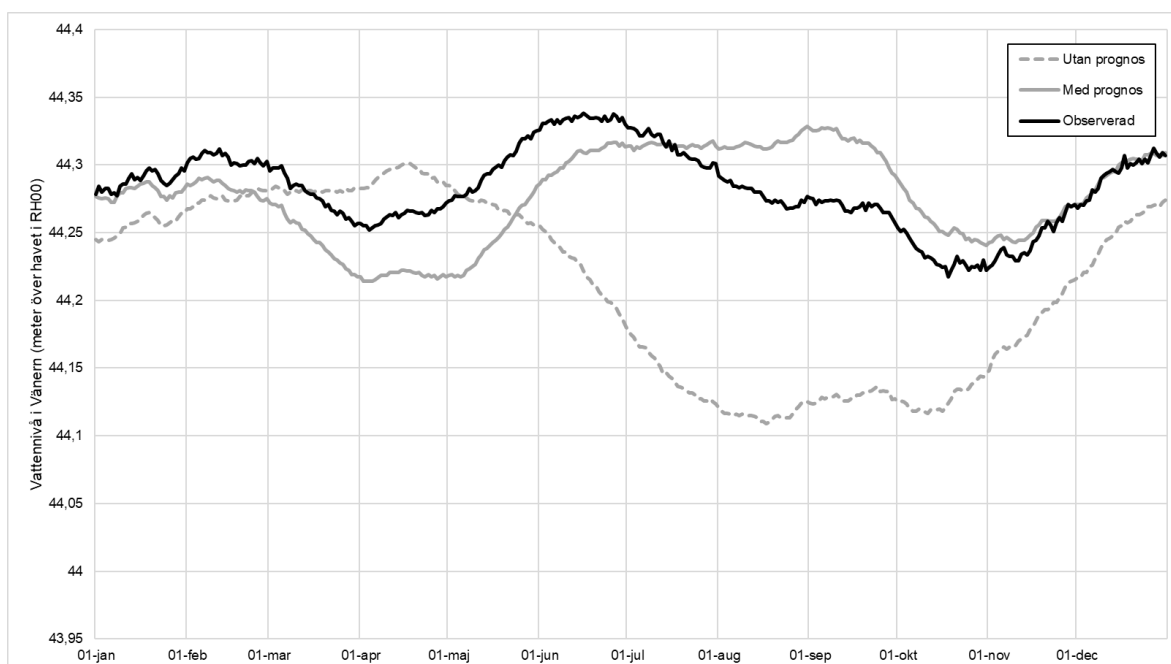
Vattenfall tar varje onsdag fram en så kallad fiktiv vattennivå som är en beräknad vattennivå 8 veckor framåt. Den fiktiva vattennivån beräknas genom att ta den aktuella nivån och lägga till den vattenståndshöjning som mediantillrinningen 8 veckor framåt enligt prognos motsvarar och dra bort den vattenståndshöjning som medeltillrinningen 533 m³/s motsvarar. Den fiktiva vattennivån används sedan för att i diagrammet ovan bestämma tappningen.

Inom detta uppdrag har mycket tid lagts på att hitta ett sätt att beräkna denna hänsyn till utvecklingen 8 veckor framåt. Eftersom Vänern har reglerats på detta sätt sedan 2008 går det att jämföra beräkningar med observerade vattennivåer. Med den använda metoden stämmer den beräknade vattennivån relativt väl överens med den observerade vattennivån. Som utgångsläge används den aktuella situationen och till det läggs statistik för tillrinning 8 veckor för samma period för föregående år sedan 1961. Mediantillrinningen de närmaste 8 veckorna har använts för att ta fram den fiktiva vattennivån. Övriga metoder som har undersökts visas i Bilaga 1.

När hänsyn tas till tillrinningen 8 veckor framåt stämmer den beräknade vattennivån bättre överens med den observerade vattennivån 2008 till 2019 än när hänsyn inte tas till prognos. Det syns tydligt i Figur 4 och Figur 5.



Figur 4. Jämförelse mellan observerad vattennivå samt beräknad vattennivå enligt nuvarande strategi med och utan hänsyn till prognos 8 veckor. Figuren visar en tidsserie från 2008 till 2019. Den höga observerade vattennivån under 2012 och 2013 är påverkad av en långvarig låg tappning på grund av underhållsarbete.

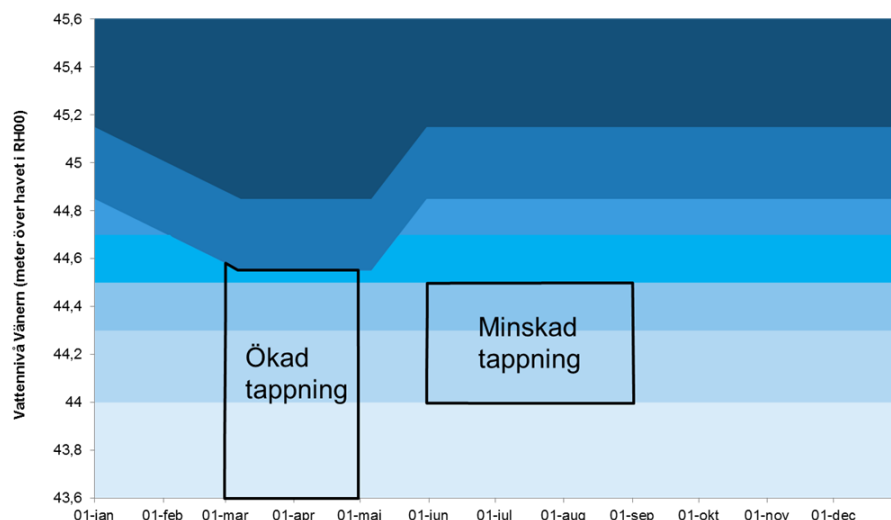


Figur 5. Jämförelse mellan observerad vattennivå samt beräknad vattennivå enligt nuvarande strategi med och utan hänsyn till prognos 8 veckor. Figuren visar medelvärden för varje dag på året för perioden 2008 till 2019.

3.4 Tillämpad strategi

Vid analyserna som gjordes 2014 framkom att beräkningar enligt "Nuvarande strategi" ovan inte stämde överens med den observerade vattennivån, vilket delvis kan förklaras av att hänsyn inte togs till en prognos 8 veckor framåt. Då togs en alternativ beskrivning av den nuvarande strategi fram som kallades "Tillämpad tappningsstrategi". Den innebar en större tappning under en tid på våren och en lägre tappning under en tid på hösten (Figur 6). När analyserna gjordes hade den nuvarande strategin bara tillämpats några år, så analysen gjordes för en kort period och det var då svårare att hitta en

beskrivning som stämmer bra överens med verkligheten. ”Nuvarande strategi med prognos 8 veckor” ger en bättre överrensstämmelse med verkligheten och den tillämpade kommer inte att användas mer.

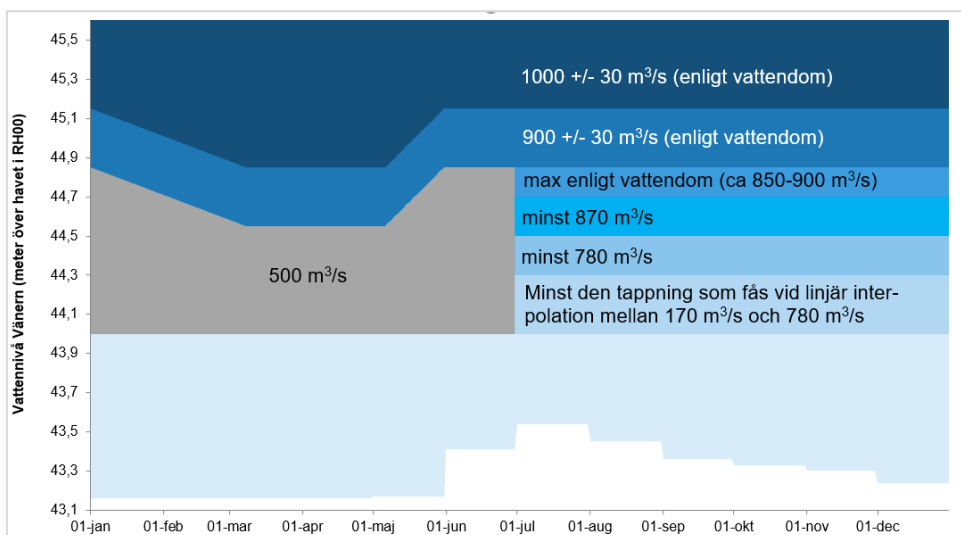


Figur 6. Tillämpad tappningsstrategi, som användes vid analysen 2014.

3.5 Naturanpassad strategi 1

”Naturanpassad tappningsstrategin 1” (Figur 7) togs fram 2014 i samarbete mellan Calluna och SMHI på uppdrag av länsstyrelserna vid Vänern. Målet var att hitta en strategi som gav större variationer i vattennivå genom en högre nivå vår och sommar samt en lägre nivå på hösten. Medelnivåerna för varje dag på året skulle likna de naturliga.

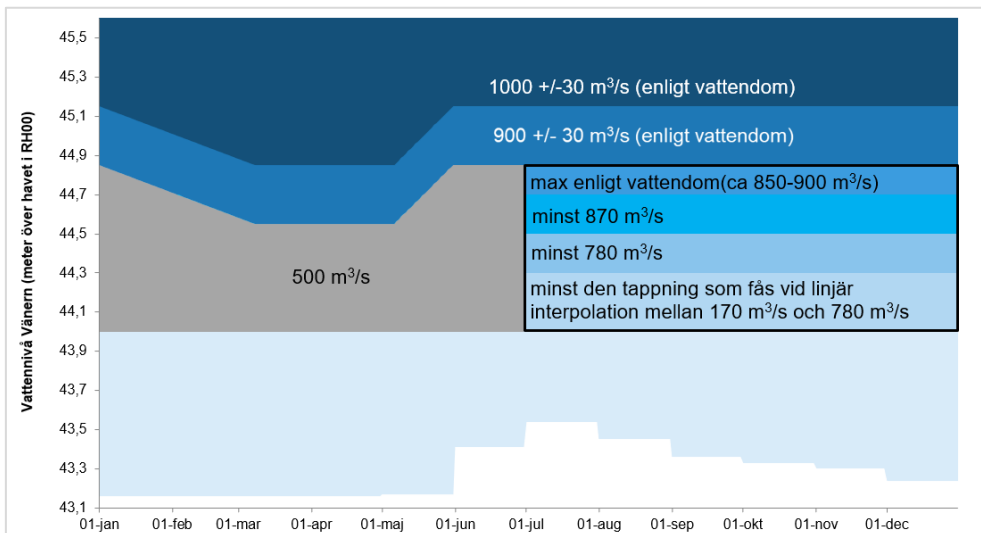
Detta uppnåddes med en tappning på 500 m³/s under stora delar av det första halvåret. För andra halvåret är tappningsstrategin densamma som den nuvarande. I denna beskrivning tas dock inte hänsyn till prognos för 8 veckor framåt.



Figur 7. Naturanpassad tappningsstrategi 1.

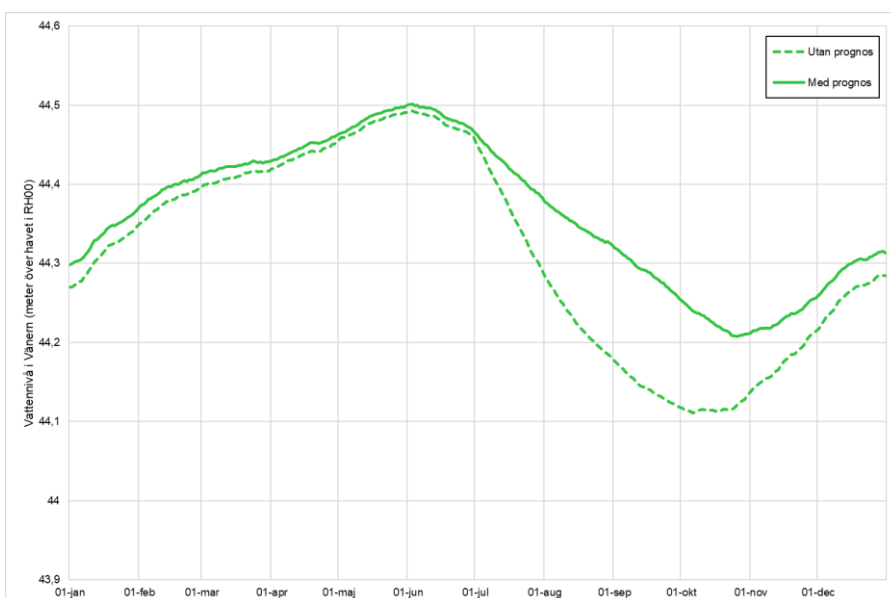
3.6 Naturanpassad strategi 1 med prognos 8 veckor

”Naturanpassade strategi 1” är för andra halvåret densamma som ”Nuvarande strategi”. Därför gjordes inom detta uppdrag motsvarande förändring som gjordes för den nuvarande tappningsstrategin med hänsyn till prognos 8 veckor framåt (Figur 8).



Figur 8. Naturanpassad tappningsstrategi 1 med prognos. Inom den svarta rutan tas hänsyn till prognos 8 veckor framåt.

När hänsyn till prognos tas blir vattennivån högre under hösten och årsvariationen blir inte lika stor (Figur 9).



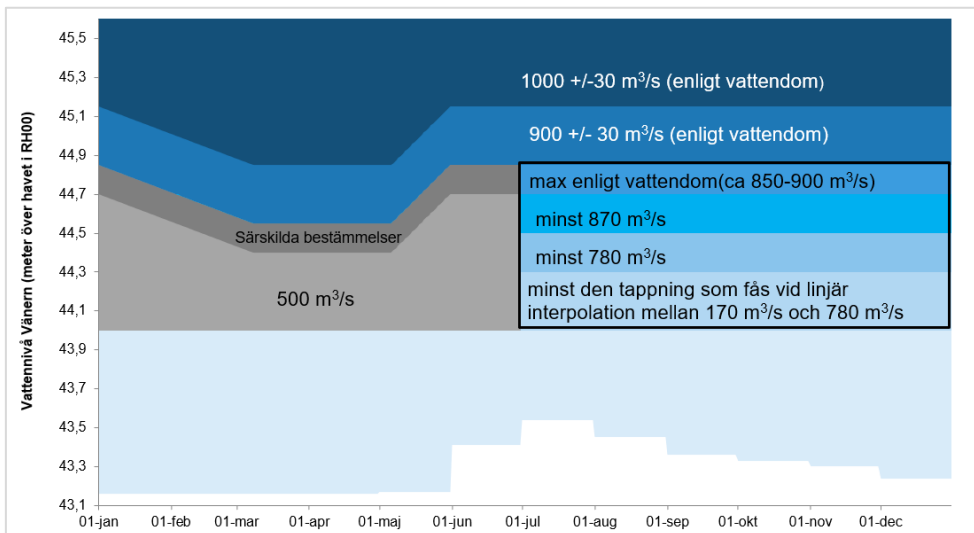
Figur 9. Jämförelse mellan Naturanpassad tappningsstrategi 1 med och utan hänsyn till prognos 8 veckor. Figuren visar medelvärden för varje dag på året för perioden 1991 till 2019.

3.7 Naturanpassad strategi 3 med prognos 8 veckor

Nytt för detta uppdrag är en strategi som utgår från ”Naturanpassad 1 med prognos 8 veckor”, kallad ”Naturanpassad strategi 3 med prognos 8 veckor” (Figur 10). I detta fall har en korridor på 15 cm införts mellan tappningen 500 m³/s och dämningssgränsen enligt ett förslag från Vattenfall. Syftet med denna justering är att tillfällena när nivån stiger över dämningssgränsen ska bli färre. Inom denna korridor ska tappningen vara mellan 500 och 900 m³/s. Hänsyn tas till hur stor tillrinningen var veckan innan och tappningen sker efter dessa regler:

- Vid tillrinning över 870 m³/s tappas 870 m³/s.
- Vid tillrinning mellan 780 och 870 m³/s tappas 780 m³/s.
- Vid tillrinning mellan 500 och 780 m³/s tappas tillrinningen.
- Vid tillrinning lägre än 500 m³/s tappas 500 m³/s.

Under andra halvåret är strategin densamma som ”Nuvarande strategi med prognos 8 veckor”.

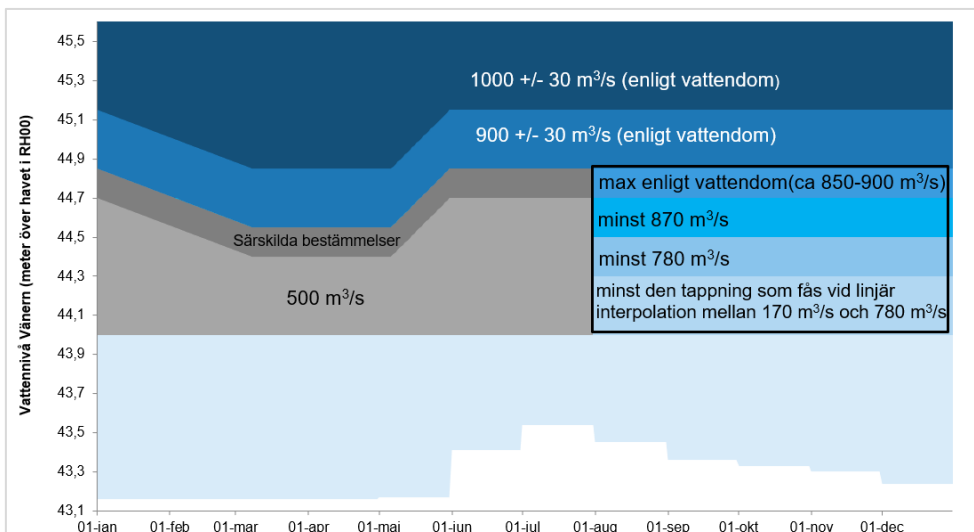


Figur 10. Naturanpassad tappningsstrategi 3 med prognos. Inom den svarta rutan tas hänsyn till prognos 8 veckor framåt. Den mörkgrå korridoren markerad med "särskilda bestämmelser" har lagts in för att minska risken att nå området med tappning 900 m³/s. Här tas hänsyn till tillrinningen veckan innan. Vid tillrinning över 870 m³/s tappas 870 m³/s. Vid tillrinning mellan 780 och 870 m³/s tappas 780 m³/s. Vid tillrinning mellan 500 och 780 m³/s tappas tillrinningen. Vid tillrinning lägre än 500 m³/s tappas 500 m³/s.

3.8 Naturanpassad strategi 4 med prognos 8 veckor

En annan strategi som är ny för detta uppdrag är ytterligare en strategi som utgår från "Naturanpassad strategi 1 med prognos 8 veckor", kallad "Naturanpassad strategi 4 med prognos 8 veckor". Den liknar strategin "Naturanpassad 3 med prognos 8 veckor", men perioden med tappning 500 m³/s och korridoren mellan 500 och 900 m³/s har förlängts till sista juli (Figur 11).

Under andra halvåret är strategin densamma som "Nuvarande strategi med prognos 8 veckor".



Figur 11. Naturanpassad tappningsstrategi 4 med prognos. Inom den svarta rutan tas hänsyn till prognos 8 veckor framåt. Den mörkgrå korridoren markerad med "särskilda bestämmelser" har lagts in för att minska risken att nå området med tappning 900 m³/s. Här tas hänsyn till tillrinningen veckan innan. Vid tillrinning över 870 m³/s tappas 870 m³/s. Vid tillrinning mellan 780 och 870 m³/s tappas 780 m³/s. Vid tillrinning mellan 500 och 780 m³/s tappas tillrinningen. Vid tillrinning lägre än 500 m³/s tappas 500 m³/s.

3.9 Naturanpassad strategi 5 med prognos 8 veckor

Efter att ha redovisat resultatet från ”Naturanpassad strategi 3 och 4” väcktes idén på ytterligare en alternativ strategi.

Den liknar ”Naturanpassad strategi 3 med prognos 8 veckor” (Figur 12), men med en mindre korridor. Korridorens övre gräns är dämmningsgräsen och höjden på korridoren är:

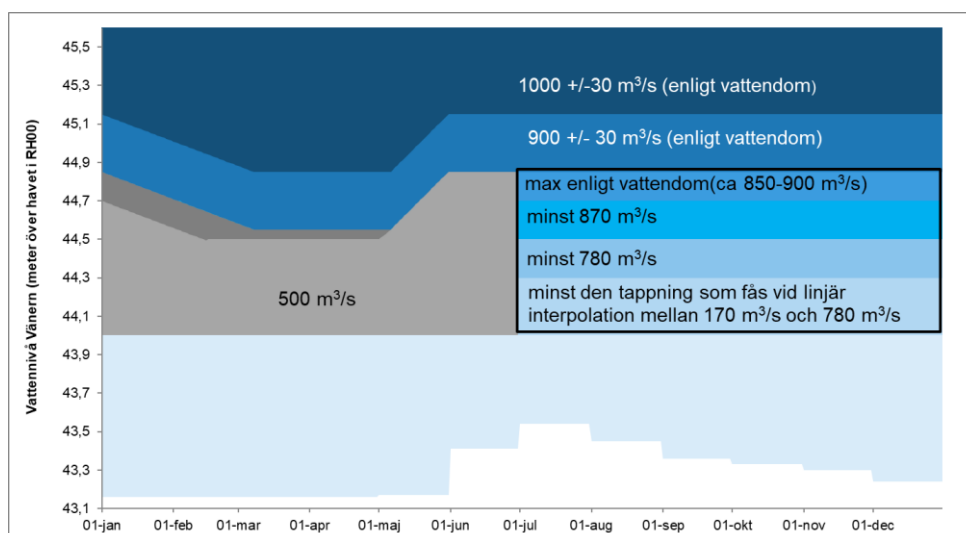
- 15 cm från 1 januari till 16 februari
- Minskande från 15 cm 16 februari till 5 cm 9 mars
- 5 cm 9 mars till 30 april.
- Minskande från 5 cm 30 april till 0 cm 5 maj.
- 0 cm efter 5 maj.

Även detta förslag kommer från Vattenfall och syftet med denna justering är att tillfällena när nivån stiger över dämmningsgräsen ska bli färre. Detta är dock viktigast under den period när dämmningsgräsen minskar, därav justeringen av korridoren.

Inom denna korridor ska tappningen vara mellan 500 och 900 m³/s. Även reglerna inom korridoren är något justerade i denna strategi. Hänsyn tas till hur stor tillrinningen var veckan innan och tappningen sker efter dessa regler:

- Vid tillrinning över 870 m³/s tappas 870 m³/s.
- Vid tillrinning mellan 500 och 870 m³/s tappas tillrinningen.
- Vid tillrinning lägre än 500 m³/s tappas 500 m³/s.

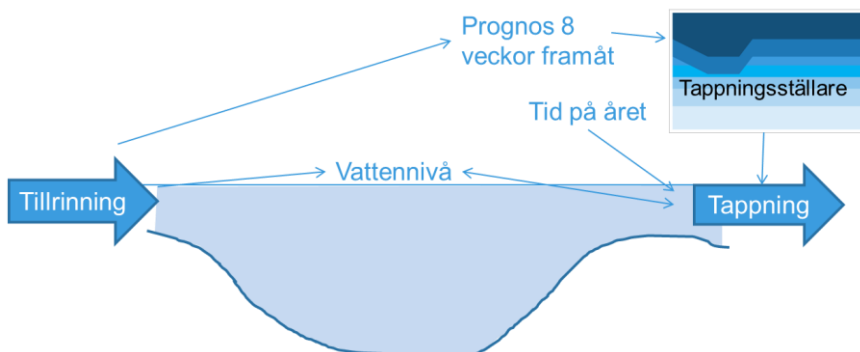
Under andra halvåret är strategin densamma som ”Nuvarande strategi med prognos 8 veckor”.



Figur 12. Naturanpassad tappningsstrategi 5 med prognos. Inom den svarta rutan tas hänsyn till prognos 8 veckor framåt. Den mörkgrå korridoren har lagts in för att minska risken att nå området med tappning 900 m³/s. Här tas hänsyn till tillrinningen veckan innan.
Vid tillrinning över 870 m³/s tappas 870 m³/s.
Vid tillrinning mellan 500 och 870 m³/s tappas tillrinningen.
Vid tillrinning lägre än 500 m³/s tappas 500 m³/s.

4 Beräkningsmetod

Inom detta uppdrag har beräkningar gjorts för åren 1991 till 2019 och som indata till modellen har använts uppmätt tillrinning (Figur 13). Utifrån det har beräkningar gjorts för hur vattennivåerna skulle blivit 1991-2019 om de olika strategierna hade tillämpats de åren.



Figur 13. Skiss över beräkningen.

4.1 Förändringar jämfört med tidigare beräkningar

Här görs en sammanfattning av skillnader mellan beräkningarna i denna rapport och beräkningarna i Koffman m.fl. (2014). Tre olika förändringar har gjorts jämfört med tidigare beräkningar:

- En annan tidperiod har använts. Vid framtagande av de naturanpassade strategierna 2014 gjordes analyser för perioden 1978-2007. Denna period valdes för att beskriva åren innan den nuvarande tappningsstrategin började tillämpas. I denna rapport används istället perioden 1991-2019 på grund av att vi velat analysera en period på ca 30 år där de senaste åren ingår. Observera att det finns ett överlapp mellan de båda perioderna. Den senare tidperioden innehåller fler milda vintrar och innehåller några år med lite nederbörd. Detta har lett till en högre tillrinning under december till februari samt en lägre tillrinning under april till juni. Någon analys av hur det påverkar vattennivåerna finns inte med i denna rapport.
- I denna rapport har även statistik tagits fram för perioden 1970-2020, för att få en lång period som innehåller år med både lite och mycket tillrinning till Väneren.
- Hänsyn har tagits till prognoser för 8 veckor framåt för att stämma bättre överens med överenskommelsen från 2008. Det har berört den nuvarande strategin och de naturanpassade.
- Tre nya naturanpassade strategier (3, 4 och 5) har tagits fram enligt förslag från Vattenfall. Syftet med dessa är att minska tillfällena när vattennivån blir högre än dämningsskän.

I det följande resultatkapitlet visas vattennivåer för:

- Naturliga förhållanden
- Nuvarande strategi med hänsyn till prognos 8 veckor.
- Naturanpassad strategi 1 med hänsyn till prognos 8 veckor.
- Naturanpassad strategi 3 med hänsyn till prognos 8 veckor.
- Naturanpassad strategi 4 med hänsyn till prognos 8 veckor.
- Naturanpassad strategi 5 med hänsyn till prognos 8 veckor.

5 Resultat

Detta kapitel är indelat i tre olika delar.

Den första delen (5.1) innehåller resultat för beräkningar för perioden 1991-2019 för samtliga tappningsstrategier. Det är vanligt att perioder på 30 år används för att ta fram statistik över till exempel vattennivåer. Klimatet har förändrats och under senare år har flera milda vintrar med hög vintertillrinning till Vänern förekommit. Om det är viktigt att spegla dagens klimat rekommenderas att använda denna statistik.

Den andra delen (5.2) innehåller resultat för beräkningar för perioden 1970-2020. För vissa tillämpningar är det intressant att ha statistik för en längre tidperiod, bland annat eftersom det förekom flera torrår på 1970-talet (speciellt 1976). Även om klimatet har förändrats är det möjligt att ett år med liknande väder som 1976 kan inträffa igen. Om det är viktigt att få med extrema nivåer rekommenderas att använda denna statistik. När dessa resultat togs fram var det inte längre aktuellt med vissa strategier, därför innehåller denna del endast resultat för nuvarande strategi och naturanpassad strategi 5.

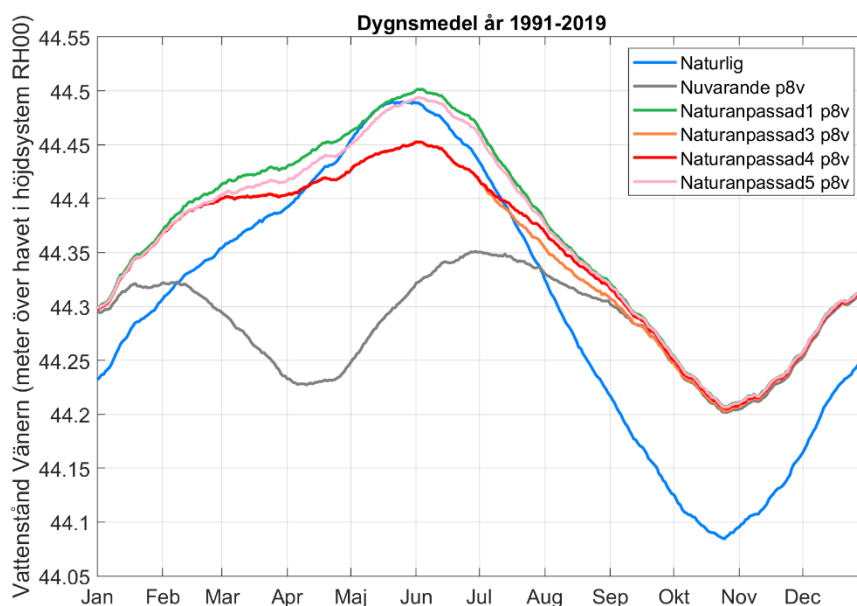
Den tredje delen (5.3) innehåller statistik för observerad vattennivå.

5.1 Resultat 1991-2019

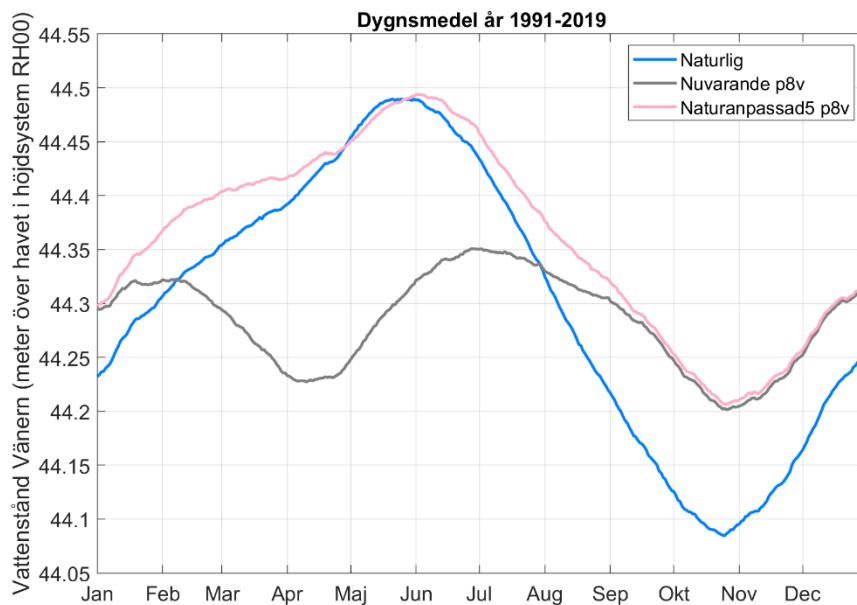
Beräkningar har gjorts för hur Vänerns vattennivå hade varit 1991-2019 om olika strategier hade tillämpats under dessa år. Resultatet finns sammanställt i tabeller och diagram nedan. Många diagram och tabeller är samma som visas i Koffman m.fl. (2014). För uppgifter om hur dessa vattennivå-uppgifter ska tolkas för att se påverkan på naturmiljön hänvisas till den rapporten.

Med de nya naturanpassade tappningsstrategierna 3 och 4 fås en mindre variation i vattennivå än med naturanpassad 1 (Figur 14 till Figur 17). Nivån under vår och sommar är lägre i de nya strategierna.

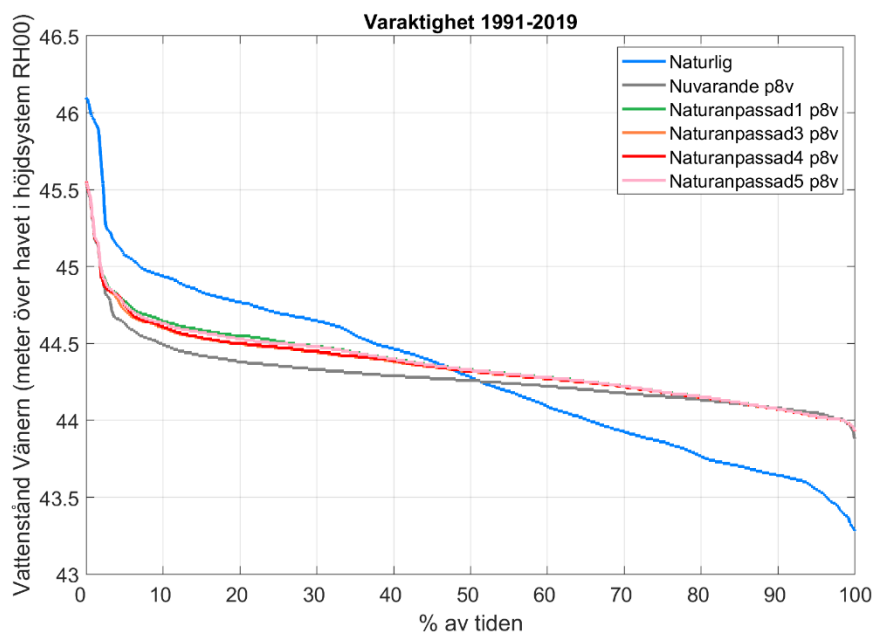
Naturanpassad tappningsstrategi 5 ligger relativt nära naturanpassad 1, men med något lägre vattennivå under vår och sommar (Figur 14 till Figur 17).



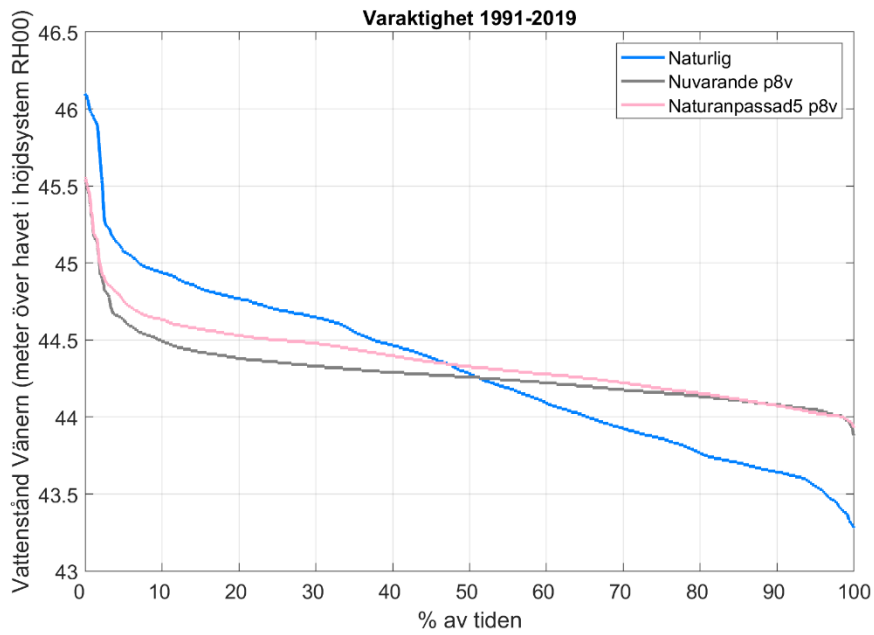
Figur 14. Medelnivå för varje dag på året 1991-2019 för naturliga förhållanden, nuvarande strategi med prognos 8 veckor samt de tre naturanpassade strategierna med prognos 8 veckor.



Figur 15. Medelnivå för varje dag på året 1991-2019 för de tre mest intressanta strategierna; naturliga förhållanden, nuvarande strategi med prognos 8 veckor samt naturanpassad strategi 5 med prognos 8 veckor.

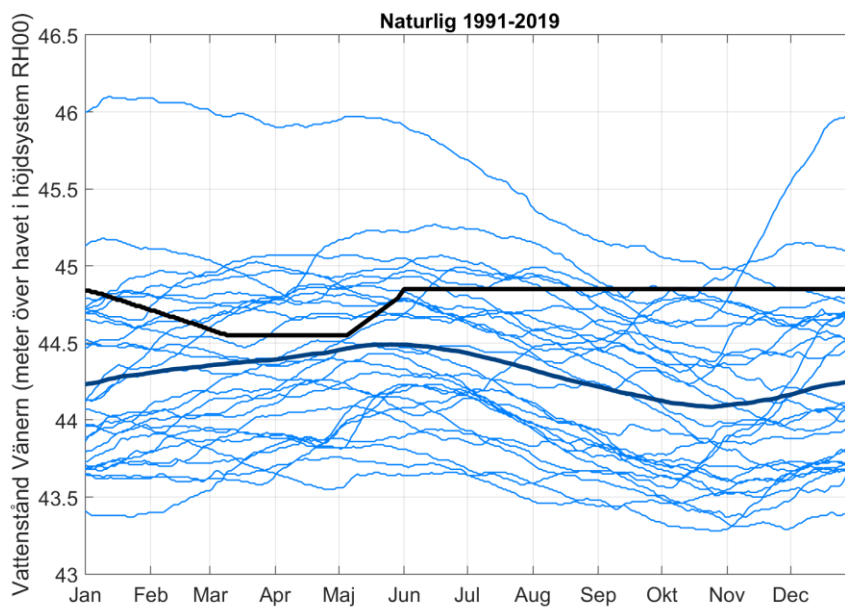


Figur 16. Varaktigheter i vattennivå för de olika strategierna.

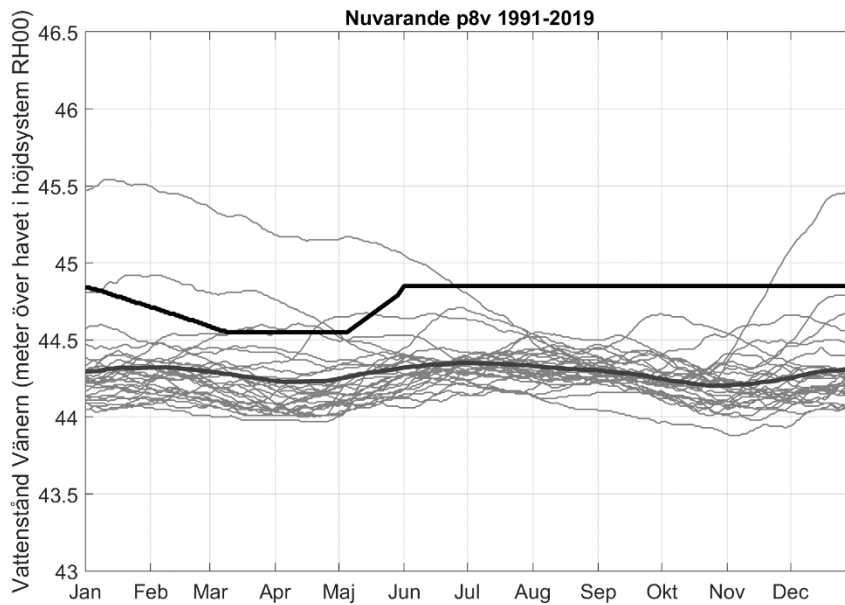


Figur 17. Varaktigheter i vattennivå för de tre mest intressanta strategierna.

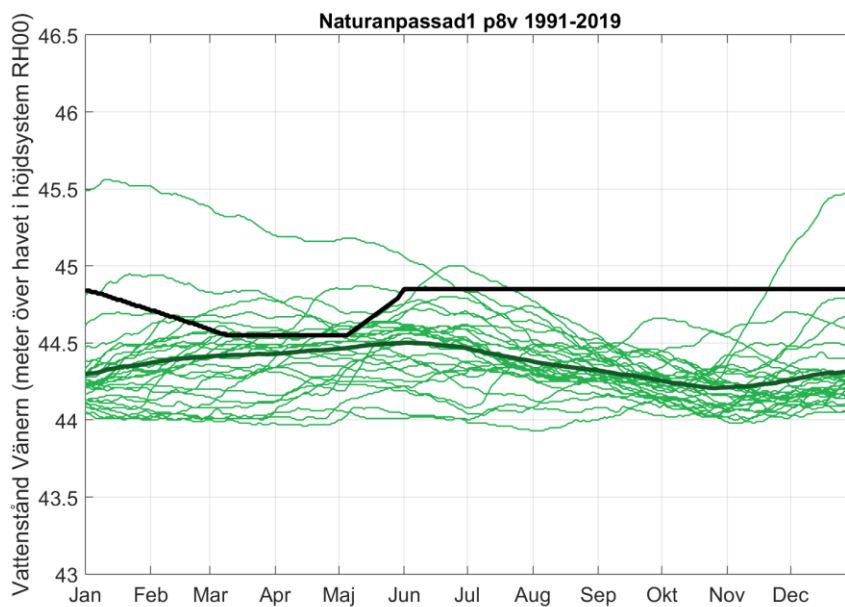
Följande diagram (Figur 18 till Figur 23) visar vattenstånd för samtliga år 1991-2019 för de olika tappningsstrategierna.



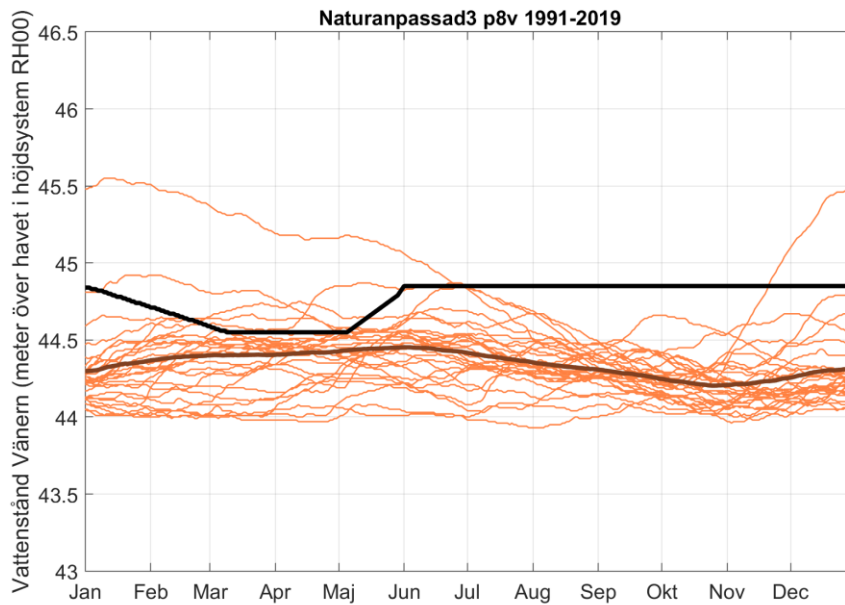
Figur 18. Vattennivå samtliga år för naturliga förhållanden. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämningssgräns.



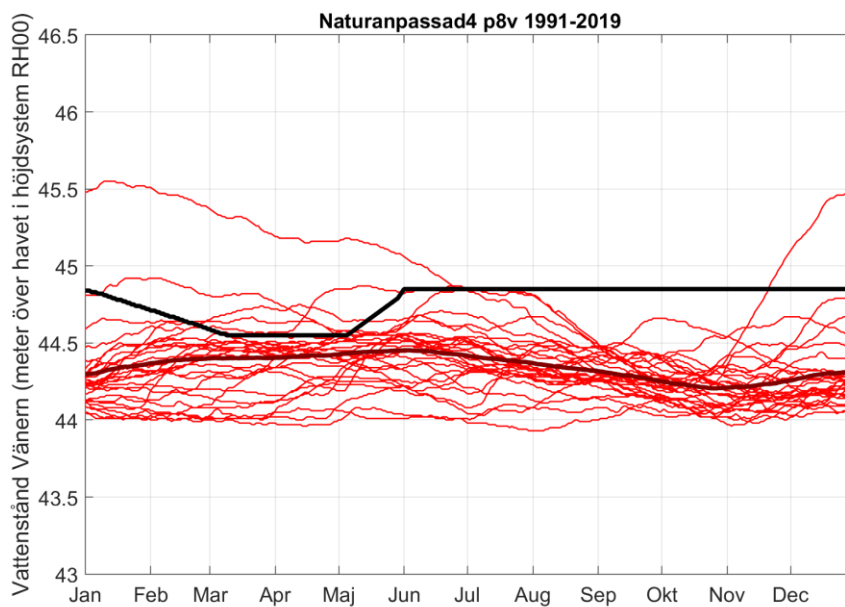
Figur 19. Vattennivå samtliga år för nuvarande tappningsstrategi. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämmningsgräns.



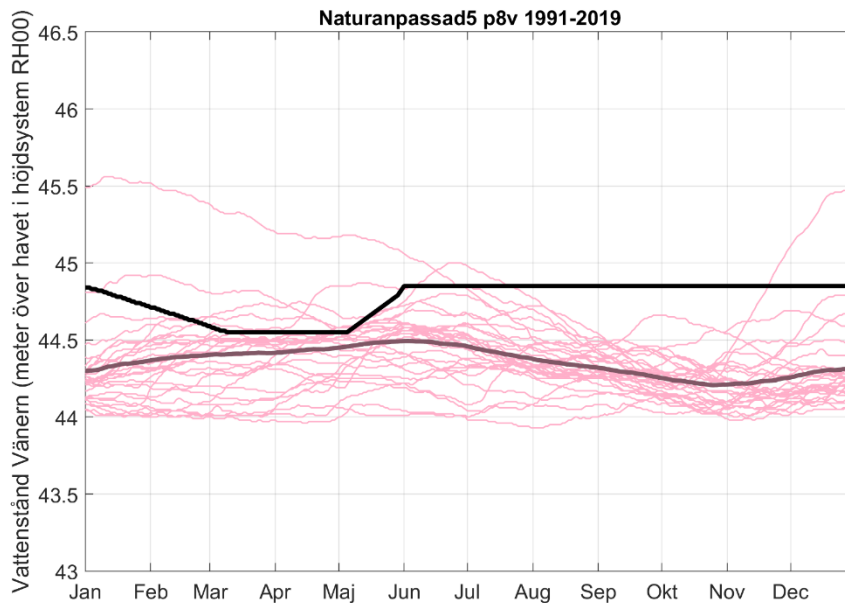
Figur 20. Vattennivå samtliga år för naturanpassad strategi 1 med prognos 8 veckor. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämmningsgräns.



Figur 21. Vattennivå samtliga år för naturanpassad strategi 3 med prognos 8 veckor. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämmningsgräns.

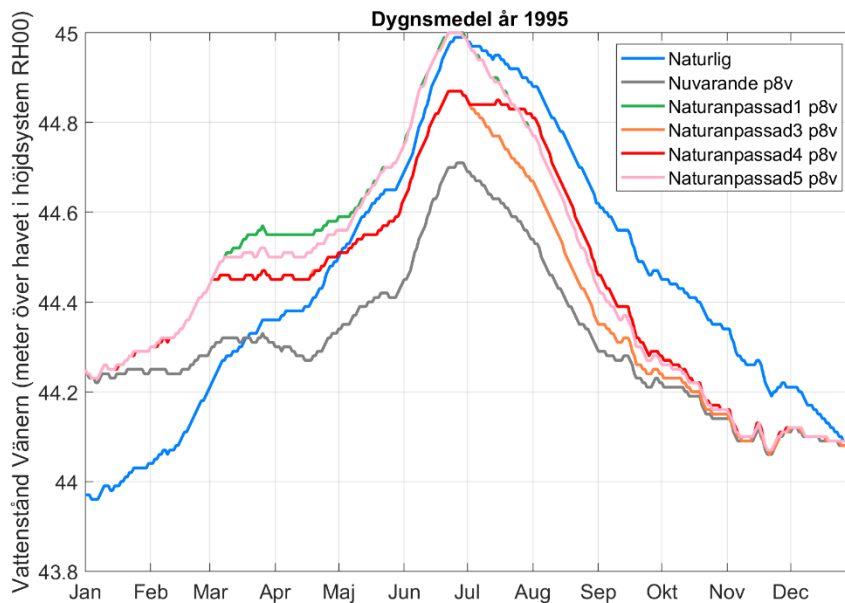


Figur 22. Vattennivå samtliga år för naturanpassad strategi 4 med prognos 8 veckor. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämmningsgräns.

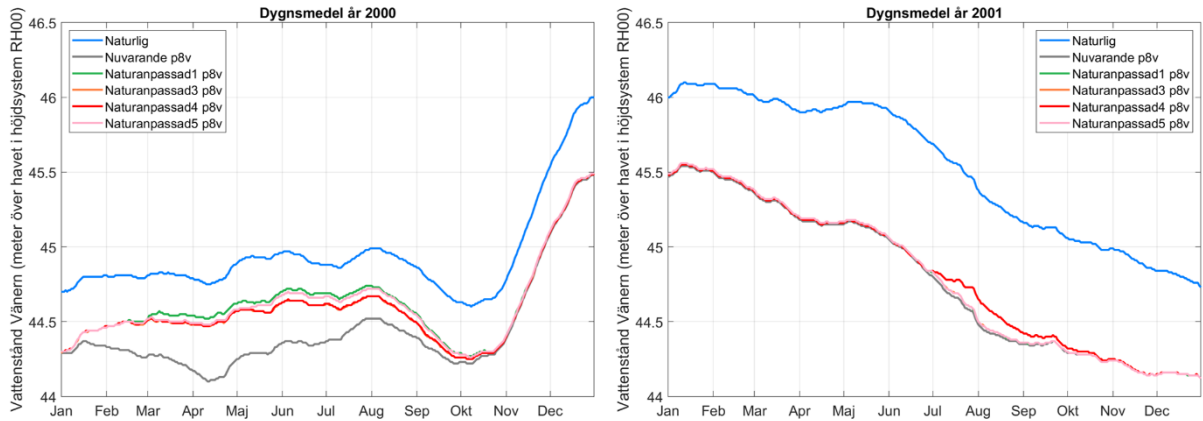


Figur 23. Vattennivå samtliga år för naturanpassad strategi 5 med prognos 8 veckor. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämpningsgräns.

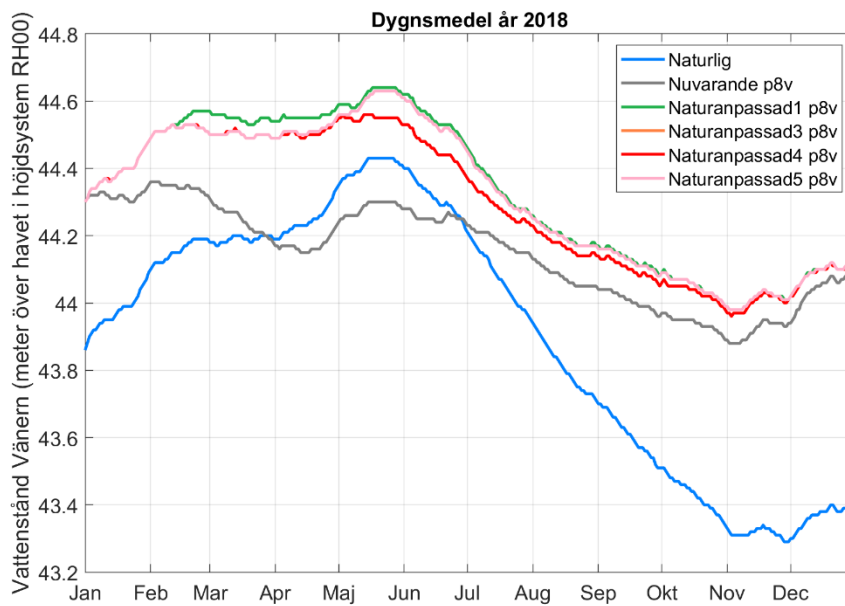
Några år kan vara särskilt intressanta att titta på eftersom det varit hög vårflodstillrinning, ovanligt regnrik höst eller att sommaren varit ovanligt nederbördsfattig. Exempel på sådana år är 1995 då vårflodstillrinningen var hög, 2000-2001 då en regnrik höst ledde till högt vattenstånd under vintern samt 2018 då sommaren var ovanligt torr. Detta redovisas i Figur 24 till Figur 26. Observera att y-axelns skala skiljer sig åt mellan de tre figurerna.



Figur 24. Beräknade vattennivåer för 1995, ett år med hög vårflodstillrinning. Observerad vattennivå 1995 var som högst 44,80 m den 24 - 30 juni.



Figur 25. Beräknade vattennivåer för 2000 och 2001. En ovanligt regnrik höst gav högt vattenstånd i slutet av 2000 och början av 2001. Observerad vattennivå var som högst 45,67 m den 10-13 januari.



Figur 26. Beräknade vattennivåer 2018, ett ovanligt torrt år. Observerad vattennivå 2018 var som lägst 43,75 m den 4 november.

I Tabell 1 till Tabell 4 redovisas parametrar som är viktiga för naturmiljön vid Vänern.

Tabell 1. Karakteristiska vattenstånd för de olika tappningsstrategierna beräknat för åren 1991-2019, dels för hela året och dels för vegetationsperioden. (meter över havet i höjdsystem RH00)

	Hela året Naturlig	15 Apr - 18 Okt Naturlig	Hela året Nuvarande p8v	15 Apr - 18 Okt Nuvarande p8v	Hela året Natur- anpassad 1 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur- anpassad1 p8v	Hela året Natur- anpassad3 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur- anpassad3 p8v	Hela året Natur- anpassad4 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur- anpassad4 p8v	Hela året Natur- anpassad 5 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur- anpassad5 p8v
Högsta högvattenstånd	46,1	45,97	45,54	45,17	45,56	45,18	45,55	45,18	45,55	45,18	45,56	45,18
10percentil högvattenstånd	45,23	45,07	44,87	44,68	44,98	44,84	44,9	44,82	44,9	44,82	44,97	44,84
Medelhögvattenstånd	44,71	44,57	44,56	44,46	44,68	44,59	44,64	44,54	44,64	44,54	44,67	44,58
90percentil högvattenstånd	44,09	43,88	44,3	44,29	44,36	44,32	44,36	44,32	44,36	44,32	44,36	44,32
10percentil, årsmedelvattenstånd	44,87	44,9	44,43	44,4	44,54	44,61	44,51	44,53	44,53	44,56	44,53	44,61
Medelvattenstånd	44,3	44,34	44,28	44,3	44,36	44,39	44,35	44,36	44,35	44,37	44,36	44,39
90percentil, årsmedelvattenstånd	43,73	43,74	44,16	44,18	44,15	44,2	44,15	44,2	44,15	44,2	44,15	44,2
10percentil lågwaterstånd	44,61	44,7	44,15	44,25	44,23	44,31	44,22	44,29	44,22	44,31	44,23	44,31
Medellågwaterstånd	43,9	44,03	44,05	44,1	44,09	44,16	44,09	44,16	44,09	44,16	44,09	44,16
90percentil lågwaterstånd	43,37	43,43	43,99	44	43,98	44,02	43,97	44,02	43,97	44,02	43,98	44,02
Lägsta lågvattenstånd	43,28	43,29	43,88	43,94	43,93	43,93	43,93	43,93	43,93	43,93	43,93	43,93
Skillnad i låg- och högvattenstånd i m	0,8	0,53	0,51	0,36	0,59	0,42	0,55	0,39	0,55	0,38	0,58	0,41

Förklaring till begreppen i tabellen på föregående sida (tabell 1):

Högsta högvattenstånd	Högsta uppmätta vattenstånd under perioden.
10:e percentil högvattenstånd	10 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Medelhögvattenstånd	Medel av varje års högsta vattenstånd
90:e percentilhögvattenstånd	90 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
10:e percentil	10 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd
Medelvattenstånd	Medelvattenståndet för perioden
90:e percentil	90 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd
10:e percentil lågvattenstånd	10 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Medellågvattenstånd	Medel av varje års lägsta vattenstånd
90:e percentil, lågvattenstånd	90 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Lägsta lågvattenstånd	Lägsta uppmätta vattenstånd under perioden

Tabell 2. Andel år med vattennivåer högre än vissa tröskelnivåer. Dels för vegetationsperioden och dels för vintermånaderna. Tröskelvärdena är hämtade från Koffman (2014).

Vegetationsperioden för åren 1991-2019						
Vattenstånd (m) RH00	Naturlig	Nuvarande p8v	Naturanpassad 1 p8v	Naturanpassad 3 p8v	Naturanpassad 4 p8v	Naturanpassad 5 p8v
44,43	59%	48%	79%	72%	72%	79%
44,63	48%	17%	38%	31%	31%	34%
44,93	28%	3%	7%	3%	3%	7%
Vintermånaderna december, januari, februari för åren 1991-2019						
44,4	59%	41%	66%	66%	66%	66%
44,5	55%	31%	45%	41%	41%	45%
44,75	28%	14%	14%	14%	14%	14%

Tabell 3 Andel år med vattennivåer högre än vissa tröskelnivåer. Dels för vegetationsperioden och dels för vintermånaderna. Tröskelvärdena är medelvattenstånd och medelhögvattenstånd för Nuvarande strategi med prognos 8 v för perioden 1991-2019.

Vegetationsperioden för åren 1991-2019			
Vattenstånd (m) RH00	Naturlig	Nuvarande p8v	Naturanpassad 5 p8v
44,3	62%	90%	90%
44,46	55%	38%	76%
Vintermånaderna december, januari, februari för åren 1991-2019			
44,3	62%	69%	86%
44,5	55%	31%	45%

Tabell 4. Andelen år med vattenståndsvariation större än en viss variation. Beräknat för åren 1991-2019.

Andelen år med vattenståndsvariation större än (m)	Hela året Naturlig	15 Apr - 18 Okt Naturlig	Hela året Nuvarande p8v	15 Apr - 18 Okt Nuvarande p8v	Hela året Natur-anpassad 1 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur-anpassad 1 p8v	Hela året Natur-anpassad 3 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur-anpassad 3 p8v	Hela året Natur-anpassad 4 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur-anpassad 4 p8v	Hela året Natur-anpassad 5 p8v	15 Apr - 18 Okt Natur-anpassad 5 p8v
0,7	0,66	0,24	0,14	0,03	0,21	0,07	0,21	0,03	0,21	0,03	0,21	0,07
0,6	0,72	0,45	0,28	0,03	0,41	0,1	0,28	0,07	0,28	0,07	0,38	0,07
0,5	0,79	0,59	0,38	0,14	0,59	0,28	0,41	0,24	0,45	0,24	0,48	0,24
0,4	0,93	0,62	0,55	0,38	0,69	0,52	0,59	0,45	0,59	0,45	0,69	0,48
0,3	0,97	0,83	0,79	0,55	0,97	0,76	0,93	0,72	0,93	0,72	0,97	0,76
0,2	1	0,9	1	0,9	1	0,93	1	0,86	1	0,86	1	0,93
0,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ett mål med de nya naturanpassade tappningsstrategierna var att minska antal tillfällen när vattennivån överstiger dämningssgränsen. Enligt Tabell 5 och Tabell 6 är antal tillfällen med vattennivå över dämningssgränsen färre för dessa jämfört med den tidigare naturanpassade strategin ("Naturanpassad strategi 1 med prognos 8 veckor").

Tabell 5. Antal tillfällen då vattenståndet överstiger dämningssgräns under de 29 undersökta åren (1991-2019).

Strategi	Antal tillfällen > dämningssgräns
Naturlig	15
Nuvarande p8v	6
Naturanpassad1 p8v	22
Naturanpassad3 p8v	11
Naturanpassad4 p8v	12
Naturanpassad5 p8v	17

Tabell 6. Tillfällen då vattenståndet för de olika strategierna överstiger dämningssgräns under de 29 undersökta åren (1991-2019).

Naturligt		
Första dag	Sista dag	Antal dagar
1995-06-13	1995-08-05	54
1999-02-19	1999-09-08	202
1999-10-07	1999-10-12	6
2000-01-16	2000-09-01	230
2000-11-04	2001-11-27	388
2002-02-01	2002-08-21	202
2007-01-12	2007-05-28	137
2008-02-22	2008-05-29	98
2010-03-30	2010-05-17	49
2012-01-12	2012-05-19	129
2012-10-20	2013-05-26	218
2014-03-01	2014-06-19	111
2015-01-15	2015-08-18	216
2015-09-23	2015-10-04	12
2016-02-09	2016-05-26	108

Nuvarande strategi p8v		
Första dag	Sista dag	Antal dagar
1999-04-19	1999-05-17	29
2000-11-20	2001-06-24	216
2007-01-10	2007-04-29	110
2008-03-14	2008-03-21	8
2008-04-11	2008-04-11	1
2014-03-13	2014-04-25	44

Naturanpassad strategi 1 p8v		
Första dag	Sista dag	Antal dagar
1994-04-01	1994-05-11	41
1995-03-24	1995-03-27	4
1995-04-20	1995-05-15	26
1995-06-08	1995-07-20	43
1999-03-02	1999-05-30	90
1999-06-07	1999-06-16	10
2000-03-08	2000-03-10	3
2000-04-17	2000-04-19	3
2000-04-22	2000-05-11	20
2000-11-20	2001-06-25	217
2002-03-09	2002-03-25	17
2002-03-27	2002-03-30	4
2007-01-05	2007-01-05	1
2007-01-07	2007-05-01	115
2008-02-10	2008-05-08	89
2013-02-06	2013-02-08	3
2013-02-17	2013-02-17	1
2014-02-19	2014-05-19	90
2015-02-19	2015-04-08	49
2016-04-09	2016-04-11	3
2018-04-05	2018-04-05	1
2018-04-23	2018-05-07	15

Naturanpassad strategi 3 p8v		
Första dag	Sista dag	Antal dagar
1995-06-21	1995-06-30	10
1999-03-06	1999-03-10	5
1999-03-22	1999-05-30	70
2000-04-27	2000-05-06	10
2000-11-20	2001-06-25	217
2007-01-10	2007-04-29	110
2008-02-19	2008-02-19	1
2008-02-22	2008-05-05	74
2014-02-24	2014-05-14	80
2015-02-28	2015-04-02	34
2018-05-03	2018-05-03	1

Naturanpassad strategi 5 p8v		
Första dag	Sista dag	Antal dagar
1994-04-19	1994-05-07	19
1995-04-30	1995-05-14	15
1995-06-08	1995-07-20	43
1999-03-06	1999-03-10	5
1999-03-17	1999-05-30	75
1999-06-07	1999-06-16	10
2000-04-26	2000-05-08	13
2000-11-20	2001-06-25	217
2007-01-10	2007-04-29	110
2008-02-19	2008-05-05	77
2013-02-22	2013-02-24	3
2013-02-26	2013-03-02	5
2013-03-04	2013-03-04	1
2014-02-24	2014-05-15	81
2015-02-28	2015-04-02	34
2015-05-04	2015-05-05	2
2018-05-01	2018-05-05	5

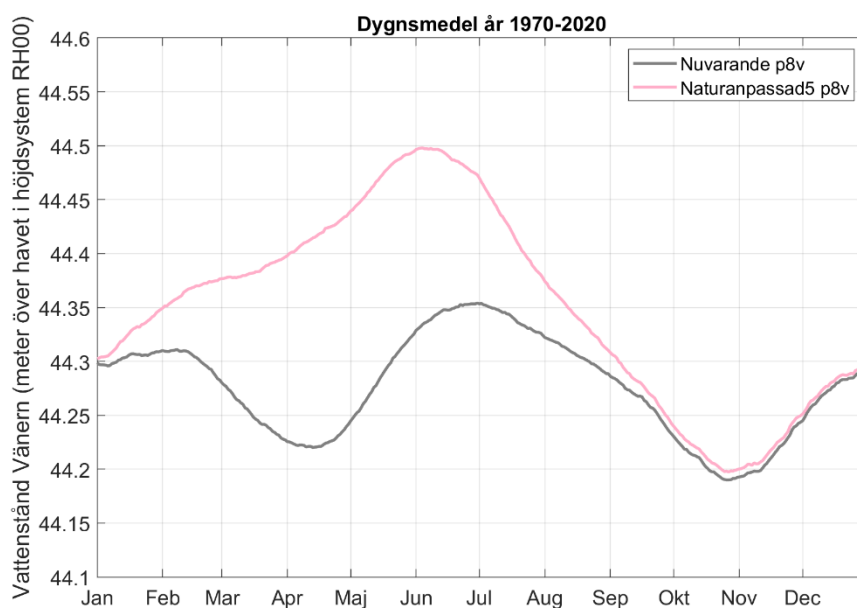
Naturanpassad strategi 4 p8v		
Första dag	Sista dag	Antal dagar
1995-06-21	1995-06-30	10
1999-03-06	1999-03-10	5
1999-03-17	1999-03-17	1
1999-03-22	1999-05-30	70
2000-04-27	2000-05-06	10
2000-11-20	2001-06-25	217
2007-01-10	2007-04-29	110
2008-02-19	2008-02-19	1
2008-02-22	2008-05-05	74
2014-02-24	2014-05-14	80
2015-02-28	2015-04-02	34
2018-05-03	2018-05-03	1

5.2 Resultat 1970-2020

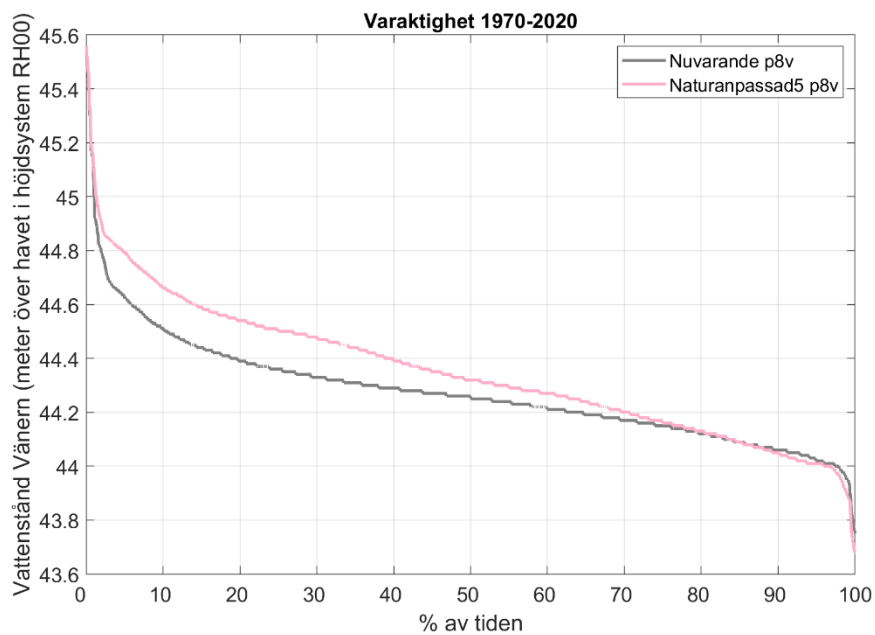
Beräkningar har gjorts för hur Vänerns vattennivå hade varit 1970-2020 om olika strategier hade tillämpats under dessa år. Resultatet finns sammanställt i tabeller och diagram nedan. Många diagram och tabeller är samma som visas i Koffman m.fl. (2014). För uppgifter om hur dessa vattennivåuppgifter ska tolkas för att se påverkan på naturmiljön hänvisas till den rapporten.

De flesta resultat finns endast redovisade för nuvarande strategi och för naturanpassad strategi 5. Men i några diagram finns även övriga naturanpassade strategier redovisade.

Medelvattennivån under året för perioden 1970-2020 (Figur 27) har likheter med medelnivån för 1991-2019 (Figur 14). Den längre perioden har lägre nivåer i februari och mars, något som troligtvis beror på att klimatet förändrats till mildare vintrar och högre nivåer vintertid under senare år. Även varaktigheten har likheter för de olika beräkningsperioderna (Figur 28 och Figur 16).

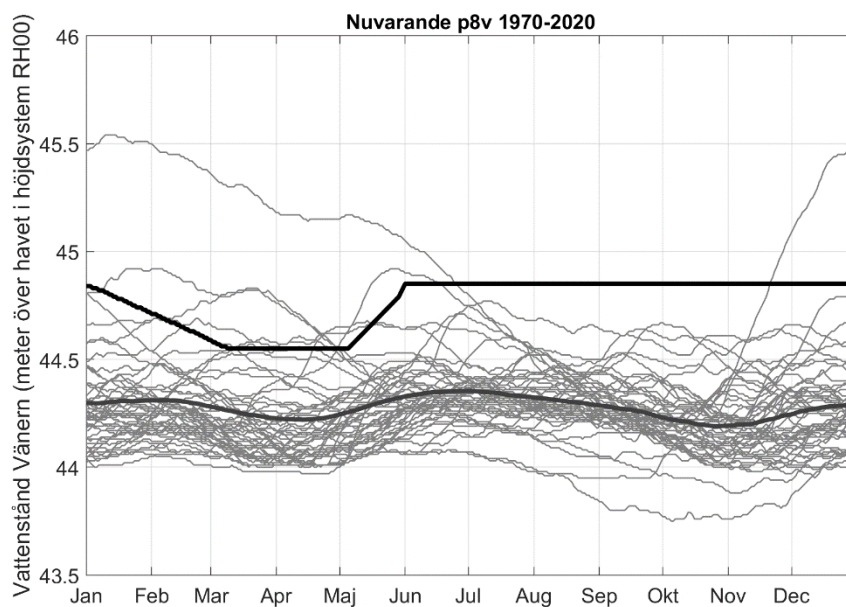


Figur 27. Medelnivå för varje dag på året 1970-2020 för nuvarande strategi med prognos 8 veckor samt naturanpassad5 med prognos 8 veckor.

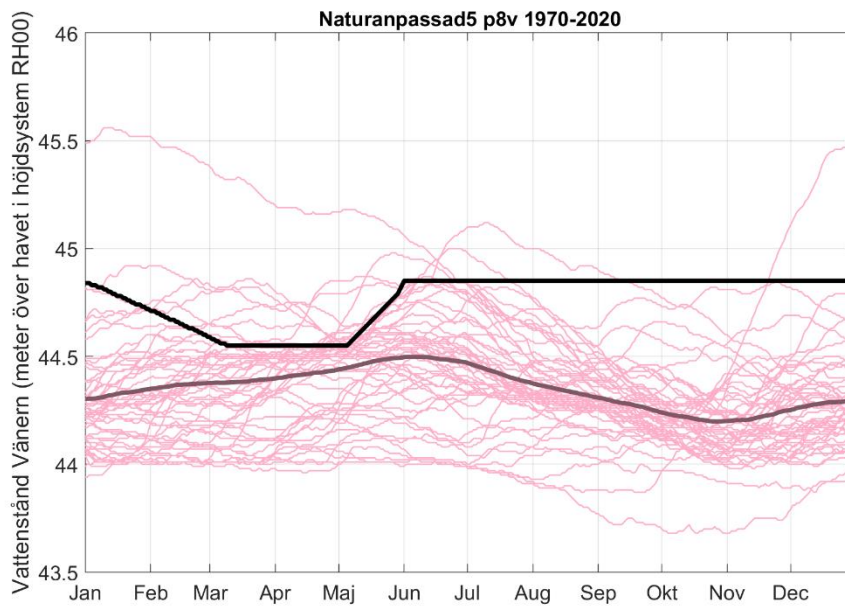


Figur 28. Varaktigheter i vattennivå för de två olika strategierna.

Figur 29 och Figur 30 visar vattenstånd för samtliga år 1970-2020 för de båda tappningsstrategierna.

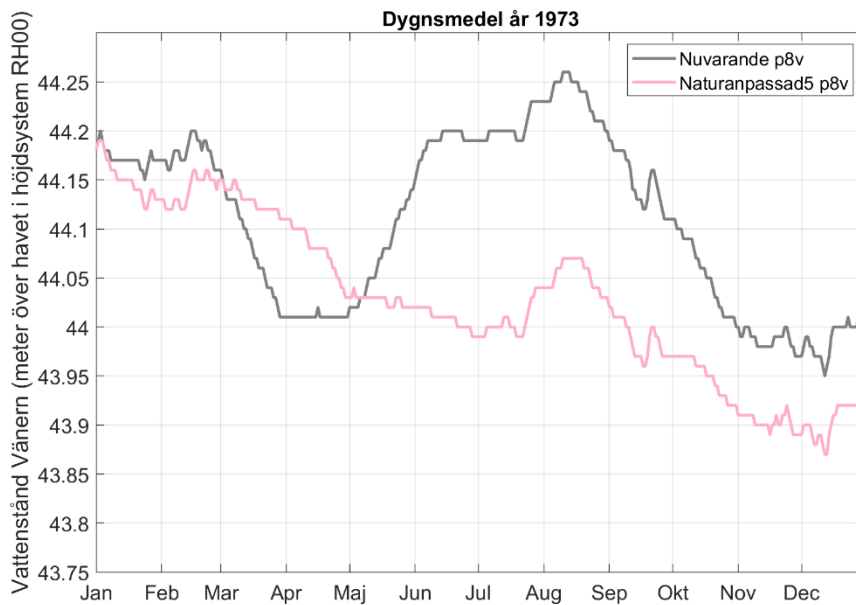


Figur 29. Vattennivå samtliga år för nuvarande tappningsstrategi med prognos 8 veckor 1970-2020. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämmningsgräns.

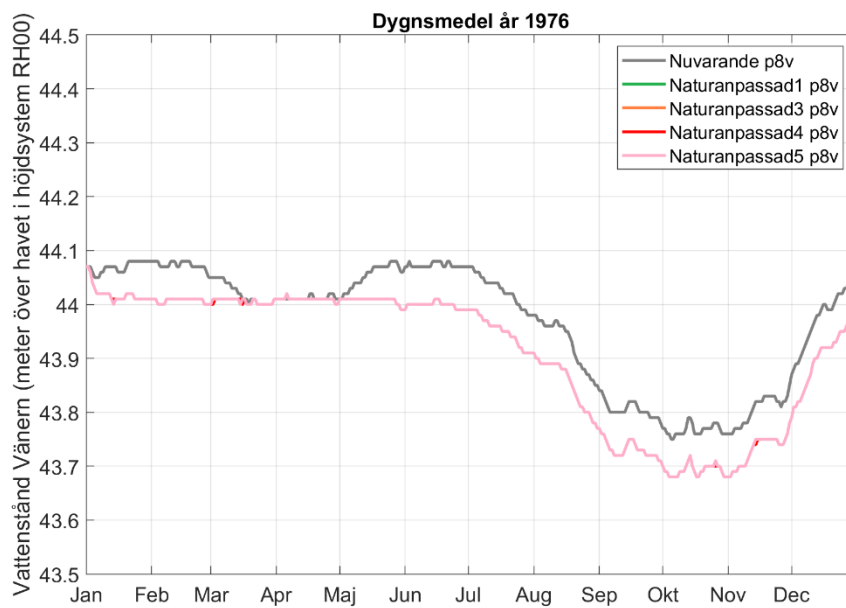


Figur 30. Vattennivå samtliga år 1970-2020 för naturanpassad strategi 5 med prognos 8 veckor. Tjock linje visar medelvärde och svart linje dämningssgräns.

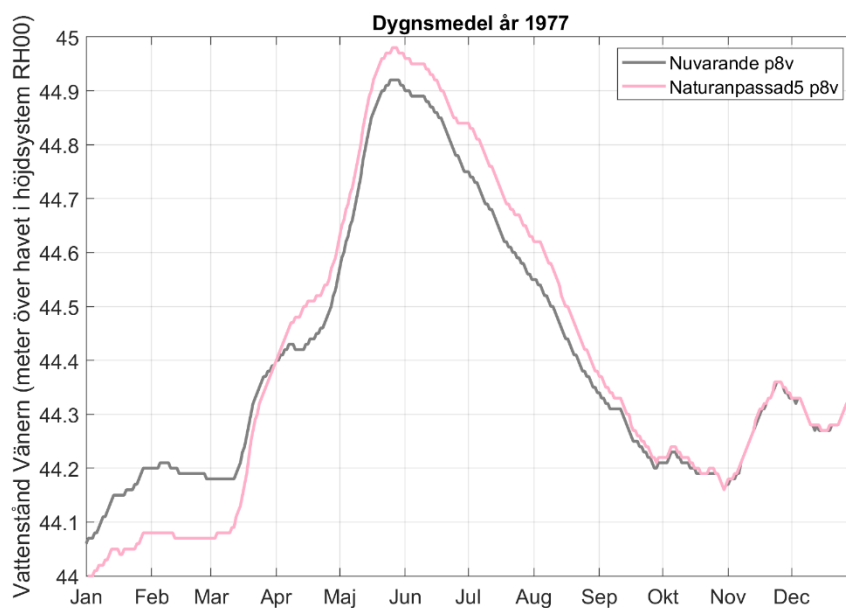
Några år kan vara särskilt intressanta att titta på, då tillrinningen varit särskilt hög eller låg. Detta redovisas i Figur 31 till Figur 35. Observera att y-axelns skala skiljer sig åt mellan figurerna.



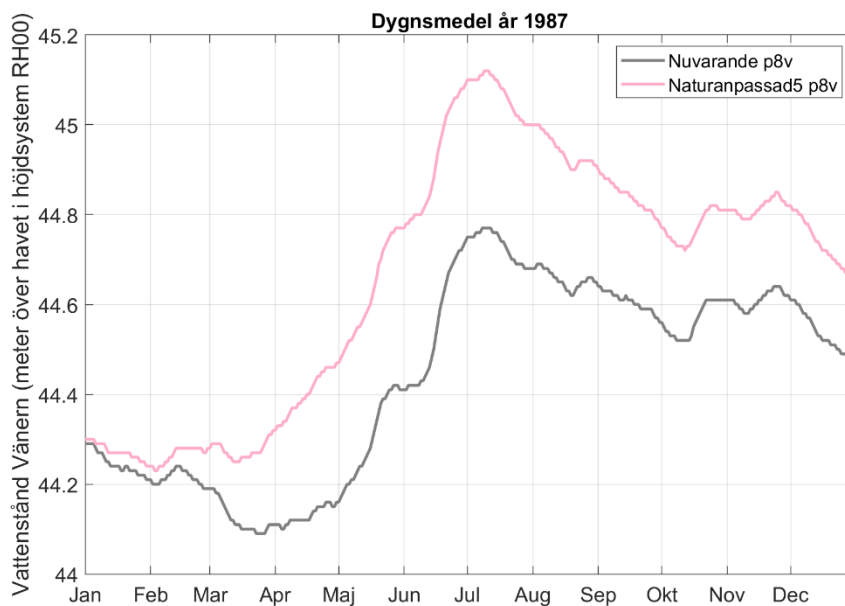
Figur 31. Beräknade vattennivåer för 1973, ett relativt torrt år. Observerad vattennivå 1973 var som lägst 43,90 m den 13 december.



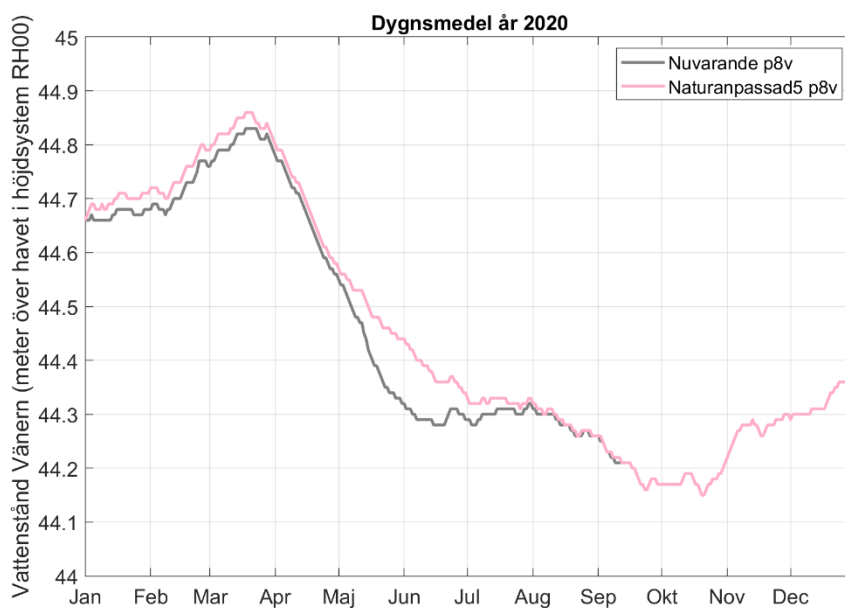
Figur 32. Beräknade vattennivåer för 1976, ett år med låg tillrinning under hela året. Den observerade vattennivå 1976 var som lägst 43,38 m den 4-5 oktober.



Figur 33. Beräknade vattennivåer för 1977, ett år med låg vattennivå vid årsskiftet och sedan hög tillrinning under vårfloden. Den observerade vattennivå 1977 var som högst 44,82 m den 3-4 augusti.



Figur 34. Beräknade vattennivåer för 1987, ett år med hög tillrinning under vårfloden. Den observerade vattennivån 1987 var som högst 44,86 m den 10 juli samt 25-26 november.



Figur 35. Beräknade vattennivåer för 2020, ett år med hög tillrinning under vintern. Den observerade vattennivån 2020 var som högst 44,83 m den 20 mars.

I Tabell 7 till Tabell 9 redovisas parametrar som är viktiga för naturmiljön vid Vänern för perioden 1970-2020. Det finns likheter med perioden 1991-2019 (Tabell 1 till Tabell 4). Det som främst skiljer är de allra lägsta nivåerna som blir lägre för 1970-2020 eftersom torråret 1976 är med. Variationen inom år är större för den längre perioden (Tabell 9) jämfört med 1991-2019 (Tabell 4). En förklaring till det kan vara att det finns fler år med stor vårflodstillrinning under 70- och 80-talen än under senare period, vilket leder till fler år med stor vattennivåvariation.

Tabell 7. Karakteristiska vattenstånd för de olika tappningsstrategierna beräknat för åren 1970-2020, dels för hela året och dels för vegetationsperioden. (meter över havet i höjdsystem RH00).

	Hela året Nuvarande 1970-2020	15 Apr - 18 Okt Nuvarande 1970-2020	Hela året Naturanpassad 5 1970-2020	15 Apr - 18 Okt Naturanpassad 5 1970-2020
Högsta högvattenstånd	45,54	45,17	45,56	45,18
10percentil högvattenstånd	44,82	44,67	44,94	44,86
Medelhögvattenstånd	44,55	44,46	44,66	44,58
90percentil högvattenstånd	44,3	44,29	44,36	44,23
10percentil, årsmedelvattenstånd	44,43	44,49	44,56	44,64
Medelvattenstånd	44,28	44,29	44,35	44,39
90percentil, årsmedelvattenstånd	44,15	44,17	44,13	44,1
10percentil lågvattenstånd	44,14	44,21	44,23	44,33
Medellågvattenstånd	44,04	44,1	44,07	44,15
90percentil lågvattenstånd	43,98	44	43,97	43,98
Lägsta lågvattenstånd	43,75	43,75	43,68	43,68
Skilnad i låg- och högvattenstånd i m	0,5	0,36	0,59	0,43

Förklaring till begreppen i tabellen på ovan (Tabell 7):

Högsta högvattenstånd	Högsta uppmätta vattenstånd under perioden.
10:e percentil högvattenstånd	10 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Medelhögvattenstånd	Medel av varje års högsta vattenstånd
90:e percentil högvattenstånd	90 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
10:e percentil	10 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd
Medelvattenstånd	Medelvattenståndet för perioden
90:e percentil	90 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd
10:e percentil lågvattenstånd	10 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Medellågvattenstånd	Medel av varje års lägsta vattenstånd
90:e percentil, lågvattenstånd	90 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Lägsta lågvattenstånd	Lägsta uppmätta vattenstånd under perioden

Tabell 8. Andel år med vattennivåer högre än vissa tröskelnivåer 1970-2020. Dels för vegetationsperioden och dels för vintermånaderna. (meter över havet i höjdsystem RH00).

Vegetationsperioden för åren 1970-2020		
Vattenstånd (m) RH00	Nuvarande p8v	Naturanpassad 5 p8v
44,43	49%	78%
44,63	20%	39%
44,93	2%	8%
Vintermånaderna december, januari, februari för åren 1970-2020		
44,4	49%	65%
44,5	31%	43%
44,75	12%	18%

Tabell 9. Andelen år med vattenståndsvariation större än en viss variation. Beräknat för åren 1970-2020.

Andelen år med vattenståndsvariation större än (m)	Hela året Nuvarande p8v	15 Apr - 18 Okt Nuvarande p8v	Hela året Naturanpassad 5 p8v	15 Apr - 18 Okt Naturanpassad 5 p8v
0,7	0,12	0,04	0,27	0,1
0,6	0,27	0,06	0,45	0,14
0,5	0,37	0,14	0,55	0,31
0,4	0,61	0,31	0,76	0,53
0,3	0,86	0,63	0,98	0,8
0,2	1	0,92	1	0,92
0,1	1	1	1	1

Ett mål med de nya naturanpassade tappningsstrategierna var att minska antal tillfällen när vattennivån överstiger dämninggränsen. I Tabell 10 visas antalet tillfällen med vattennivåer över dämninggränsen.

Tabell 10. Antal tillfällen då vattenståndet överstiger dämninggräns under de 51 undersökta åren (1970-2020).

Strategi	Antal tillfällen > dämninggräns
Nuvarande p8v	13
Naturanpassad 5 p8v	41

5.3 Observationer

Det är svårt att helt efterlikna verkligheten i modellberäkningar. I verkligheten uppkommer ibland situationer som gör att tappningen behöver avvika från en strategi. Det kan vara underhållsarbeten i kraftverken. Det kan också vara andra intressen än elproduktionen som gör att tappningen behöver justeras till exempel olika anläggningsarbeten eller saltvatteninträngning som påverkar Göteborgs dricksvatten. Vid tillfällen med höga vattennivåer i havet kan tappningen behöva minskas. Villkor kring höga havsnivåer och dricksvatten finns med i vattendomen. I överenskommelsen kring den nuvarande tappningsstrategin finns skrivningar om begränsningar på grund av underhållsarbete m.m.

I överenskommelsen finns också angivet vilken tappning som *minst* ska ske vid Vargöns kraftverk. I modellberäkningarna har vi istället angivit att *exakt* denna tappning sker. Speciellt vid nivåer under 44 m tappas ofta mer än de 170 m³/s som finns i tappställaren.

Verklig vattennivå skiljer sig därför från modellberäknad vattennivå. Jämförelser mellan observerad och modellberäknad vattennivå ska göras med försiktighet.

Statistik över observerad vattennivå visas nedan för perioden 1978-2007, alltså den 30-årsperiod innan den nuvarande tappningsstrategin började tillämpas.

Tabell 11. Karakteristiska vattenstånd för observerad vattennivå 1978-2008, dels för hela året och dels för vegetationsperioden. (meter över havet i höjdsystem RH00).

	Hela året Observerat 1978-2008	15 Apr - 18 Okt Observerat 1978-2008
Högsta högvattenstånd	45,67	45,17
10percentil högvattenstånd	44,94	44,86
Medelhögvattenstånd	44,74	44,62
90percentil högvattenstånd	44,44	44,23
10percentil, årsmedelvattenstånd	44,66	44,70
Medelvattenstånd	44,40	44,42
90percentil, årsmedelvattenstånd	44,18	44,10
10percentil lågvattenstånd	44,32	44,41
Medellågvattenstånd	44,11	44,20
90percentil lågvattenstånd	43,81	43,92
Lägsta lågvattenstånd	43,74	43,74

Förklaring till begreppen i tabellen ovan (Tabell 11):

Högsta högvattenstånd	Högsta uppmätta vattenstånd under perioden.
10:e percentil högvattenstånd	10 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Medelhögvattenstånd	Medel av varje års högsta vattenstånd
90:e percentilhögvattenstånd	90 % av åren är årets högsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
10:e percentil	10 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd
Medelvattenstånd	Medelvattenståndet för perioden
90:e percentil	90 % av åren är årets medelvattenstånd högre än detta vattenstånd
10:e percentil lågvattenstånd	10 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Medellågvattenstånd	Medel av varje års lägsta vattenstånd
90:e percentil, lågvattenstånd	90 % av åren är årets lägsta vattenstånd högre än detta vattenstånd
Lägsta lågvattenstånd	Lägsta uppmätta vattenstånd under perioden

Tabell 12. Andel år med observerade vattennivåer högre än vissa tröskelnivåer 1978-2008. Dels för vegetationsperioden och dels för vintermånaderna. (meter över havet i höjdsystem RH00).

Andelen år med nivåer över	Hela året Observerat vattenstånd 1978-2007	15 april-18 oktober Observerat vattenstånd 1978-2007
44 m	1,00	0,97
44,05 m	1,00	0,97
44,1 m	0,97	0,93
44,15 m	0,97	0,93
44,2 m	0,97	0,93
44,25 m	0,97	0,90
44,3 m	0,97	0,87
44,35 m	0,93	0,87
44,4 m	0,93	0,83
44,45 m	0,87	0,73
44,5 m	0,83	0,63
44,55 m	0,77	0,63
44,6 m	0,70	0,57
44,65 m	0,60	0,50
44,7 m	0,53	0,43
44,75 m	0,50	0,37
44,8 m	0,43	0,27
44,85 m	0,27	0,13
44,9 m	0,17	0,10
44,95 m	0,07	0,03
45 m	0,07	0,03

Tabell 13. Andelen år med observerad vattenståndsvariation större än en viss variation för åren 1978-2008.

Andelen år med vattenståndsvariation större än	Hela året Observerat vattenstånd 1978-2007	15 april-18 oktober Observerat vattenstånd 1978-2007
0,7 m	0,30	0,10
0,6 m	0,47	0,17
0,5 m	0,67	0,27
0,4 m	0,83	0,53
0,3 m	1,00	0,67
0,2 m	1,00	0,90
0,1 m	1,00	1,00

6 Slutsatser

6.1 Prognos 8 veckor

Beräkningarna har förbättrats för den nuvarande strategin när hänsyn till 8 veckors prognos tagits. Det gör att beskrivningen blir mer realistisk och liknar mer verkliga förhållanden. Det gör också att de naturanpassade strategierna blir mer realistiska.

6.2 Naturanpassad 3 och 4

Variationen i vattennivå blir lägre för de nya naturanpassade strategierna 3 och 4 jämfört med naturanpassad 1. Vattennivån under vår och sommar är lägre medan vattennivån under höst och vinter blir ungefär densamma.

De nya naturanpassade tappningsstrategierna 3 och 4 når över dämningssgränsen färre år än naturanpassad 1.

6.3 Naturanpassad 5

Syftet med strategin naturanpassad 5 var att hitta en strategi som innebär högre vattennivåer, främst under maj och juni, än naturanpassad 3/4. Enligt beräkningarna blir nivåerna högre för naturanpassad 5 under vår och sommar. naturanpassad 5 har nivåer som ligger relativt nära naturanpassad 1. Vid en jämförelse med beräkningarna som gjordes 2014 (Koffman m.fl. 2014) skiljer inte resultaten så mycket för naturanpassad strategi 1.

Vattennivån i strategin naturanpassad 5 stiger över dämningssgränsen fler gånger än naturanpassad 3/4.

6.4 Skillnader mellan verklig vattennivå och beräknad vattennivå

En modell kan aldrig helt efterlikna verkliga förhållanden. Till exempel kan vi inte beakta tappningsförändringar på grund av underhåll vid kraftstationerna. Dessa beräkningar är gjorda med dygn som tidssteg medan Vattenfall planerar tappningen veckovis.

6.5 Skillnad mellan olika tidperioder

Statistik har tagits fram både för 1991-2019 och för 1970-2020. Klimatet har förändrats och vid tillämpningar där det är viktigt att spegla dagens klimat rekommenderas att använda statistik för 1991-2019. Vid tillämpningar där det är viktigt att få med extrema vattennivåer rekommenderas att använda denna statistik, där det torra 1970-talet, speciellt 1976, ingår.

7 Referenser

Koffman, A., Lundkvist, E., Hebert, M. och Thorell, M. (2014). Vänerns vattenreglering - Effekter och konsekvenser för flora, fauna och friluftsliv. Calluna AB.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall (2008). En ändrad tappningsstrategi för Väneren - överenskommelse mellan Länsstyrelsen Västra Götalands län och Vattenfall AB. 2008-04-14. Dnr 450-11125-2008.

Bilaga A. Jämförelse mellan olika beräkningssätt för att ta hänsyn till en prognos 8 veckor framåt

I den nuvarande tappningsstrategin tas hänsyn till en prognos för 8 veckor framåt när tappningen bestäms och denna hänsyn till prognos finns även i naturanpassad tappningsstrategi 5. Det finns flera metoder för att beräkna detta och det redovisas i denna bilaga. Här finns också en jämförelse mellan beräkningsmetoderna och en motivering till vald metod.

Metod faktisk prognos

De prognoser som SMHI tagit fram åt Vattenfall finns sparade sedan maj 2009 och går att använda vid beräkningar för perioden 2010-2020. Perioden är för kort för att beräkna statistik för Vänerns vattennivå, men kan användas för att utvärdera övriga metoder.

Metod verkligt utfall på tillrinning

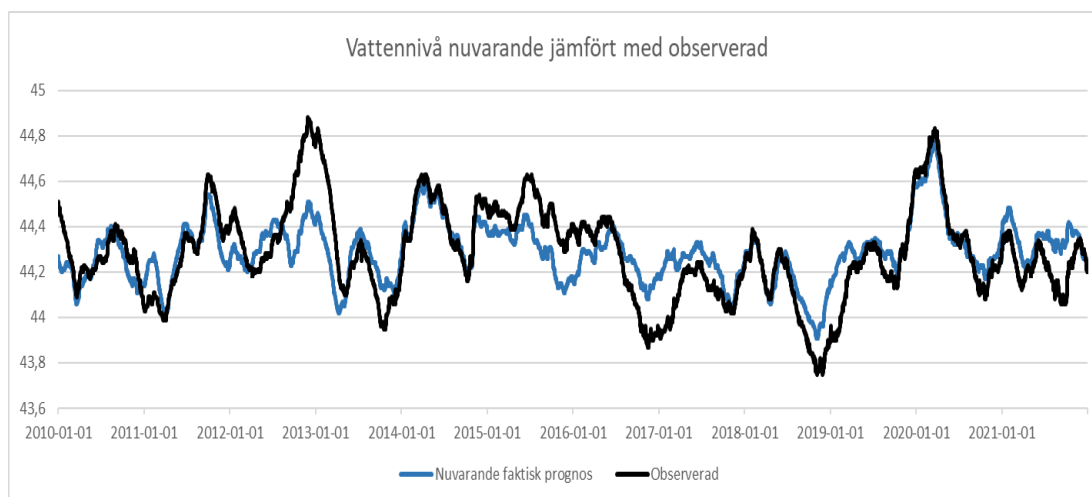
Denna metod använder observerad tillrinning till Vänern för 8 veckor framåt. Denna metod innebär att vi har full kunskap om hur stor tillrinningen till Vänern kommer att bli 8 veckor framåt vid varje beräkningssteg för perioderna 1991-2019 och 1970-2020.

Metod mediantillrinning

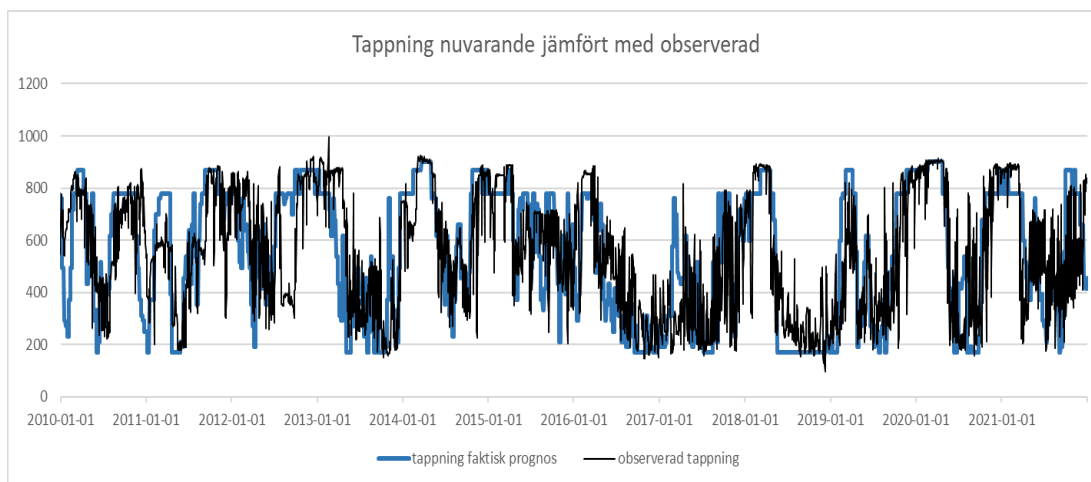
Denna metod använder statistik över mediantillrinningen till Vänern för samma period 8 veckor framåt föregående år. Det innebär att tillrinningen 8 veckor framåt endast baseras på statistik från andra år och ingen hänsyn tas till aktuellt väderläge (ovanligt torrt, mycket snö, lite snö, ovanligt blött etc).

Jämförelser mellan observationer och faktisk prognos

Observerad vattennivå och tappning borde stämma bra överens med beräknad vattennivå med metoden faktisk prognos. En kontroll av detta har gjorts (Figur A1 och Figur A2). I stora drag följer de varandra, men det finns också tillfällen när de skiljer sig åt, exempelvis i slutet av 2012.

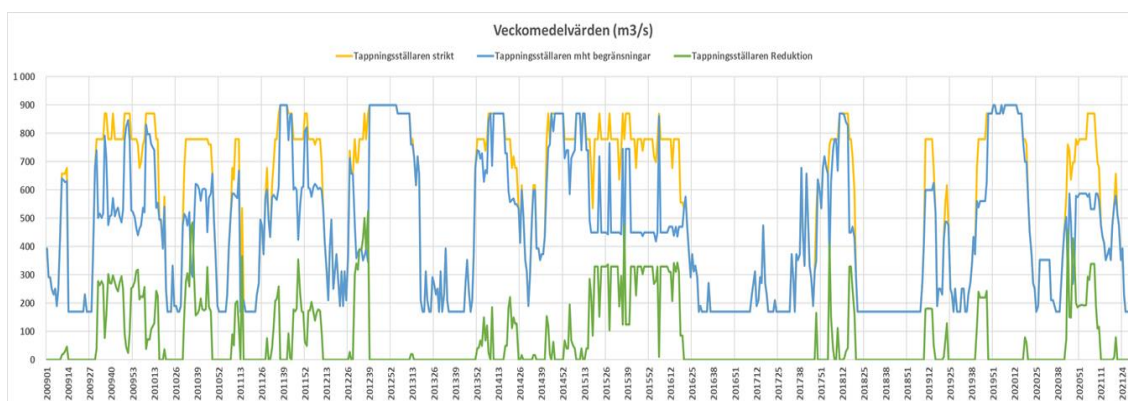


Figur A1. Jämförelse mellan observerad vattennivå och beräknad vattennivå för nuvarande strategi med metoden faktisk prognos.



Figur A2. Jämförelse mellan observerad tappning och beräknad tappning för nuvarande strategi med metoden faktisk prognos.

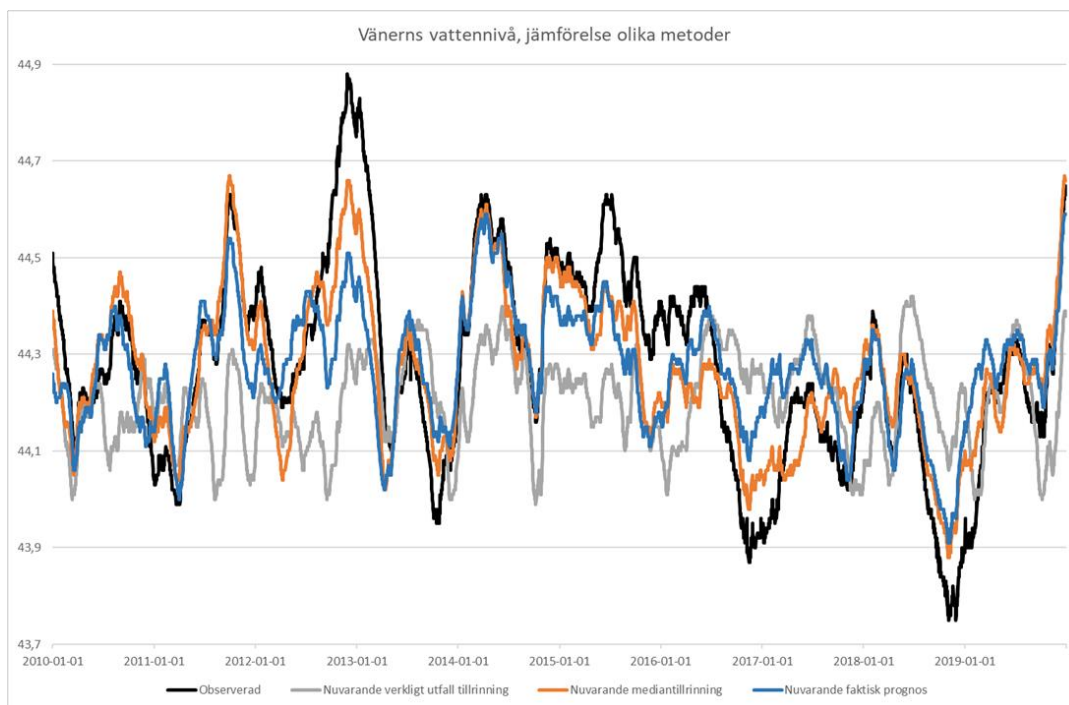
Vattenfall har gjort en analys av tillfällena när tappningsställaren inte har kunnat följas på grund av begränsningar (Figur A3). Dessa begränsningar beskrivs i stycke 5.3 i denna rapport. Mycket av skillnaderna mellan observerad vattennivå och beräknad vattennivå för nuvarande strategi med metod faktisk prognos härrör från dessa begränsningar. Den tappning som fås strikt av tappställaren (Figur A3) är mycket lik den beräknade tappningen med faktisk prognos (Figur A2).



Figur A3. Tappning från Väneren, strikt enligt tappställaren, med begränsningar samt reduktionen i tappning. Källa: Vattenfall.

Jämförelser mellan olika beräkningssätt för nuvarande strategi

I Figur A4 visas observerad vattennivå och beräknade vattennivå för nuvarande strategi för alla tre beräkningsmetoderna för perioden 2010 till 2019.



Figur A4. Observerad vattennivå för Vänern 2010-2019 samt beräknad vattennivå för nuvarande strategi med tre olika beräkningsmetoder.

En statistisk jämförelse har gjort hur bra beräkningarna stämmer med observationer (Tabell A1). Enligt alla mått överensstämmer beräkningarna med mediantillrinning bäst med observationerna. Beräkningar med faktisk prognos överensstämmer nästan lika bra.

Nedan finns en beskrivning av de mått som använts för jämförelsen:

- **R1 och R2:** R2 kallas ofta i litteraturen ”Coefficient of determination” och definieras som

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - f_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$$

Där y_i är uppmätta värden (i är tidsindex för alla tidssteg), f_i är modellerade värden, och \bar{y} är långtidsmedel av observerade data. Notera att om vi har en perfekt modell är $y_i = f_i$ för alla index i , och då blir $R^2 = 1$. Om modellen är lika bra som långtidsmedel, dvs $f_i = \bar{y}$ så blir andra termen 1, och vi får $R^2 = 0$. Om R^2 är nära 0 så ger modellen lika mycket information som att använda långtidsmedel av observerade data som modell. Negativa R^2 innebär att långtidsmedel av observationsdata har mindre kvadratisk avvikelse än modellen, så i det fallet är modellen inte särskilt bra.

R1 definieras på motsvarande sätt som R2, men med potens 1 istället för 2, och straffar därmed mindre för plötsligt stora avvikelser och mer för ihållande större avvikelser från observationsdata.

- **MAE** står för ”mean absolute error” och innebär att för varje tidssteg beräknas skillnaden mellan modell och observation, sen beräknas absolutbeloppet av varje värde, och till slut ett medel av dessa. Uttryckt som en ekvation blir det:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - f_i|}{n}$$

MAE kan alltså tolkas som hur många meter modellen skiljer sig från observationer, om vi inte är intresserade av tecknet på avvikelser.

- **Korrelation och Spearman's rank** är båda mått på samband mellan tidsserier. Korrelation innebär att vi tittar på hur starkt det linjära sambandet är mellan modelldata och observationsdata. Spearman's rank correlation är motsvarande fast fångar även eventuella icke-linjära samband. Dessa mått kan ses som att de mäter hur mycket information modellerade data har om observerade data.
- **Bias** är (medel av modelldata) – (medel av observationsdata), och ger alltså ett mått på om modellen har något systematiskt fel, t.ex. om vi i genomsnitt har lite för höga eller för låga värden.

Tabell A1. Statistisk jämförelse för hur väl de tre beräkningarna stämmer med observationerna.

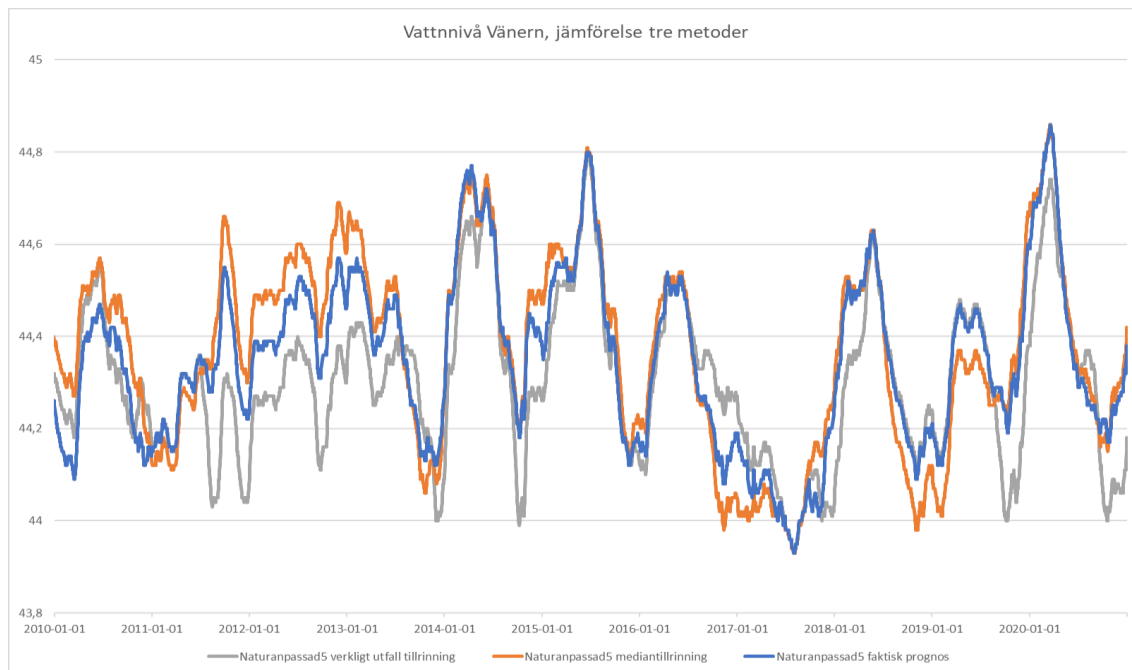
Mått	Kommentar	Nuvarande verkligt utfall tillrinning	Nuvarande mediantillrinning	Nuvarande faktisk prognos
R1	Ska vara nära 1 för att vara bra,	-0,12	0,55	0,4
R2	Ska vara nära 1 för att vara bra	-0,13	0,8	0,62
MAE	Ska vara nära 0 för att vara bra.	0,18	0,08	0,1
Korrelation	Ska vara nära 1 för att vara bra	0,24	0,9	0,81
Spearman's rank	Är den nära vanliga korrelationen finns det inga icke-linjära samband.	0,23	0,88	0,79
Bias	Ska vara nära 0 för att vara bra.	-0,08	-0,01	0

En jämförelse har också gjorts av hur lika resultaten för nuvarande strategi är med beräkningsmetoderna faktisk prognos och mediantillrinning. Följande slutsatser kunde dras:

- Korrelationen mellan dem är 0,88, vilket indikerar att de har samma signal.
- Metoderna har nästan helt identiska medelvärden, ner på millimetern, så ingen av dem är överlag högre/lägre än den andra.
- Beräkningar med mediantillrinning har lite högre standardavvikelse (0,17 m mot 0,13 m för faktisk prognos), vilket kan tolkas som att den är något hoppigare.

Jämförelse mellan olika beräkningssätt för naturanpassad strategi 5

I Figur A5 finns beräknad vattennivå för naturanpassad strategi5 för alla tre beräkningsmetoderna för perioden 2010 till 2019.



Figur A5. Vänerns vattennivå 2010-2020 för naturanpassad strategi5 med tre olika beräkningsmetoder.

En jämförelse har gjorts för hur lika resultaten är för naturanpassad strategi5 med beräkningsmetoderna faktisk prognos och mediantillrinning. Följande slutsatser kunde dras:

- Korrelationen mellan dem är 0,95, vilket är mycket högt.
- Beräkningarna med mediantillrinning ligger i genomsnitt ca 2 cm högre. Den har medel 44,37 m medan faktisk prognos har 44,35 m.
- Beräkningar med mediantillrinning har lite högre standardavvikelse 0,21 mot 0,18, så även här är den lite hoppigare.

Slutsatser

Resultat från beräkningar med metoderna faktisk prognos och mediantillrinning överensstämmer väl med observationer,

Korrelationen är stor mellan resultat från beräkningar med metoderna faktisk prognos och mediantillrinning, både för nuvarande strategi och för naturanpassad strategi 5.

Beräkningar med metoden mediantillrinning ger tillräckligt bra resultat både för nuvarande strategi och naturanpassad strategi5. I rapporten, förutom denna bilaga, redovisas därför bara resultat för den metoden.

SMHI

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