



Kort om ny reguleringskurvelogikk

Trond Reitan

19/8-2013

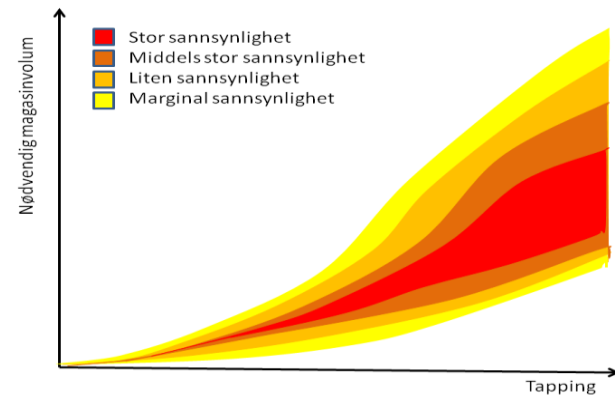
Hensikt

Hensikten med en reguleringskurver er å angi sammenhengen mellom en angitt minimumsvannføring (tapping) og nødvendig magasinivolum på årlig basis.

I Vassdragsreguleringslovens ledd § 3,2 heter det: ”Økningen av vandføring beregnes paa grundlag av den økning av vassdragets lavvandsvøring, som reguleringen antages at ville medføre utover den vandføring, som har kunnet paaregnes aar som andet i 350 dage av aaret. Ved beregningen av denne økning forutsættes det, at magasinet utnytted paa saadan maate, at vandføringen i lavvandsperioden blir saa jevn som mulig”.

Merk at lovtæksten sier veldig lite om det tekniske her.

Siden årsforløpene varierer, vil nødvendig magasinivolum være ulik for ulike år. Man burde derfor snakke om en fordeling på magasinivolum gitt tapping. I praksis tas bare ut tre kvantiler (median, 90%-persentil og maksimum).



Skjematisk fremstilling av en fordeling av årlig nødvendig magasinivolum gitt tapping.

Filosofi og tidligere metoder

- Man kunne tro at her ønskes en optimal tappestrategi som har en angitt sannsynlighet for å lykkes i å sikre en vanntilførsel for hvert framtidig år, som funksjon av magasin volum. Man ville da trenge å ha en sannsynlighetsfordeling på vannføringsforløpet hvert år. (Wallingford, England kjører noe slikt?)
- I stedet ser man hvilken tappestrategi som ville ha sørget for å minimalisert magasin volum under betingelse av vannføring \geq tapping for historisk vannføringsforløp. Tappestrategien er altså lagd ut ifra perfekt kunnskap om fremtiden (sett i forhold til den tid der tappestrategien får konsekvenser).
- Første metode bygd på slik filosofi ble lagd av Rippl på slutten av 1800-tallet. Ref (1) og (2) bruker dette (med lette utvidelser). Metoden er basert på summasjonskurver (mer senere).
- Metoden ble ombygd med store ad-hoc-endringer på 1970-1980-tallet av Riise og Wingård (3) og senere implementert av Sælthun. Inkorporert i programmet REGKURV av Lars Roald.

(1) Grunntrekk av hydrologien særlig Norges hydrologi, H. Klæboe (1962), kapittel 3 (hydrologiske beregninger og grafiske metoder).

(2) Hydrologi i praksis, J. Otnes og E. Ræstad (1971), kapittel 3.4 (summasjonskurven) og 3.5 (reguleringskurven).

(3) Sammenheng mellom magasin størrelse og regulert vannføring – EDB og tradisjoner, U. Riise og B. Wingård (1978), Meddelelse nr. 39 fra Hydrologisk avdeling.

Summasjonskurver

- En summasjonskurver er vannvolumet som passerer et gitt sted som funksjon av tiden, sett i forhold til et referansetidspunkt (startpunkt).

$$S(t) = \int_{t_0}^t Q(t') dt'$$

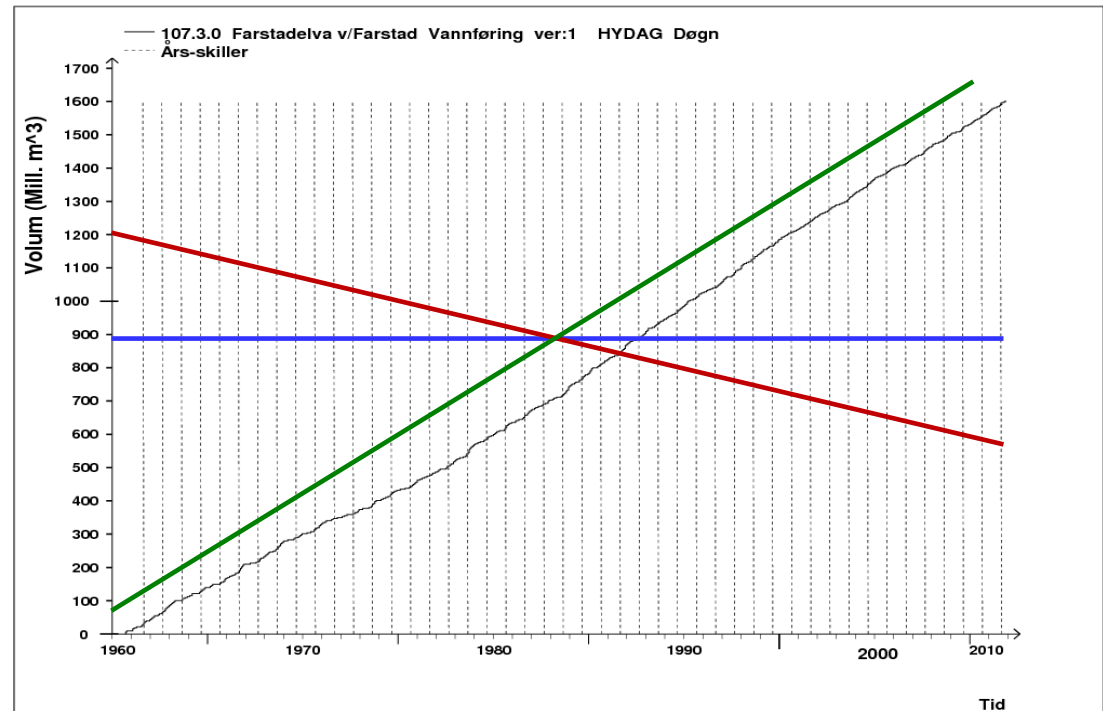
- Det er dermed OK å estimere det via numerisk integrasjon. Dette gjør vilkårlige tidskritt mulig.

Merk:

- Vil se veldig diagonal ut på stor tidsskala uten justeringer (svart linje).

Stigningstall=vannføring =>

- Stigningstall=0: null vannføring.
- Negativ stigningstall ikke mulig.
- Lineær økning: konstant vannføring.



Justert summasjonskurve

For å gjøre summasjonskurven mindre diagonal og dermed se mer nøye på avvik ifra midlere vannføring eller ifra en ønsket tapping, kan man trekke fra en gitt vannføring i summasjonskurven.

$$S_{juster}(t) = \int_{t_0}^t [Q(t') - Q_{juster}] dt' = S(t) - Q_{juster}(t - t_0)$$

Dette gitt magasinivolum (relativt til starttid) hvis vannføring Q_{juster} ble sluppet igjennom.

Her vises summasjonskurven for samme tidsserie som forrige graf.

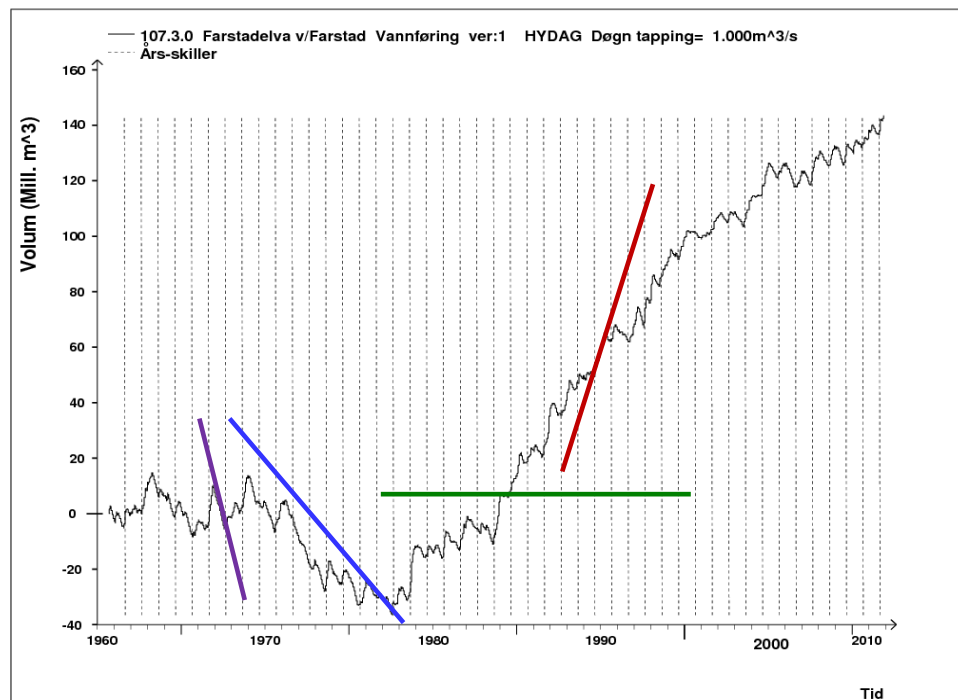
Vannføring = stigningstall + Q_{juster}

Vannføring = 0 (stigningstall = $-Q_{juster}$)

Vannføring < Q_{juster} (neg. stigningstall)

Vannføring = Q_{juster} (flat linje)

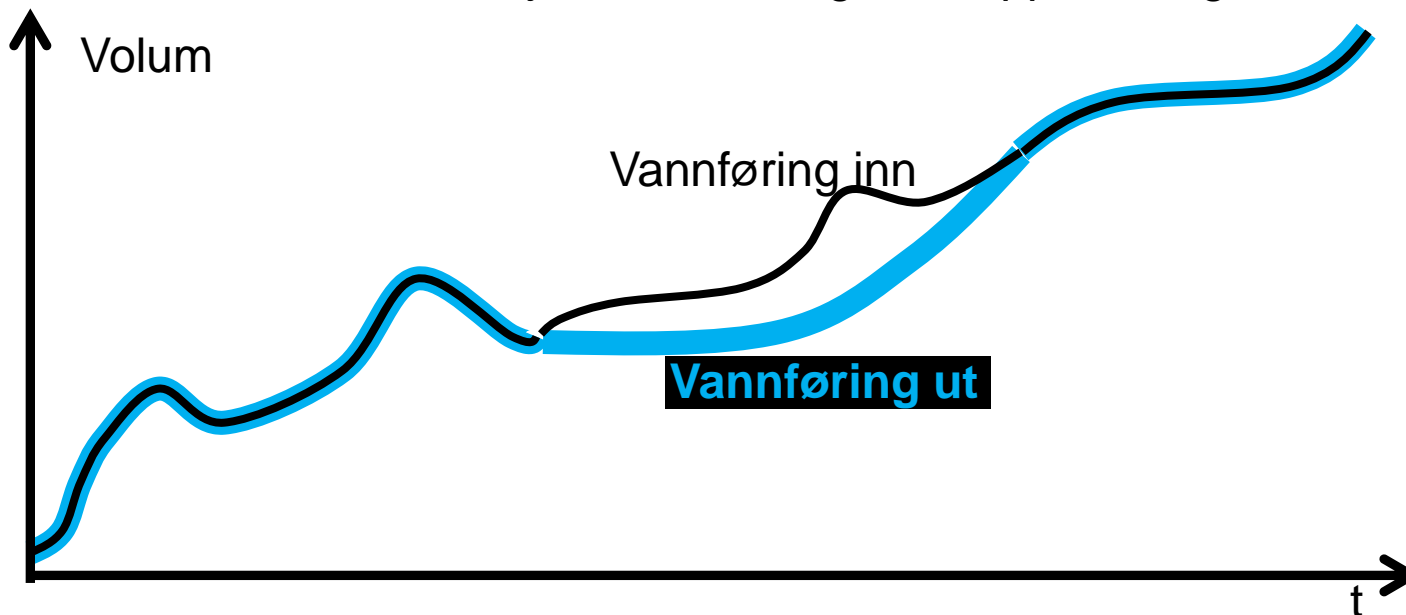
Vannføring > Q_{juster} (pos. stigningstall)



PS: Ref (1) og (2) baserer seg på summasjonskurve justert m.h.p. middelvannføring mens ref (3) baserer seg på summasjonskurve justert m.h.p. den tappingen man til enhver tid ser på.

Vannføring inn og vannføring ut

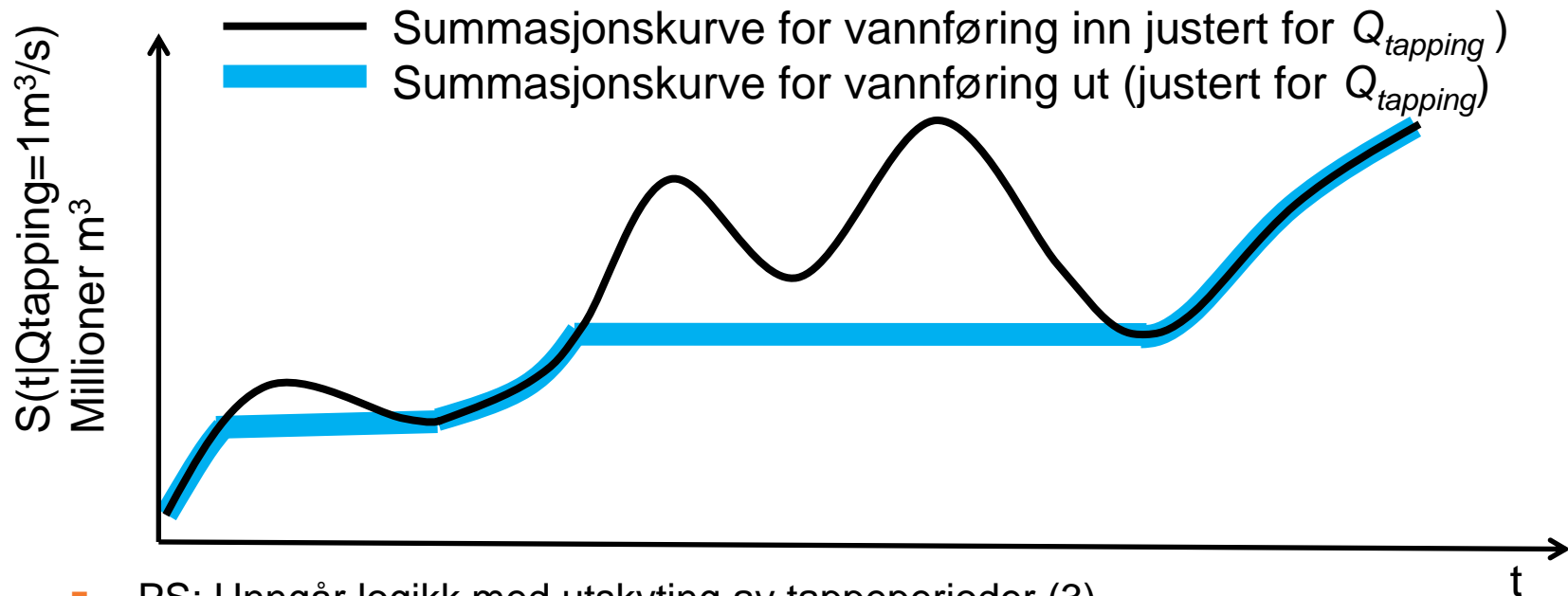
- Lager man en ny justert summasjonskurver, kan man la denne representere vannføring ut, mens den fra tidsserien representerer vannføring inn.
- Forskjellen mellom dem er magasinvolumet.
- Krever at summasjonskurve for vannføring inn alltid er over summasjonskurve for vannføring ut (magasinering) eller at disse to er like (magasinvolum=0 og vannføring inn=vannføring ut).*
- Den konstruerte summasjonskurven angir en tappestrategi.



* Metoden i ref (1) og (2) ser ut som om den kan bryte med denne i visse omstendigheter.

Optimal tappestrategi gitt minstevannføring (tapping) og historisk vannføring

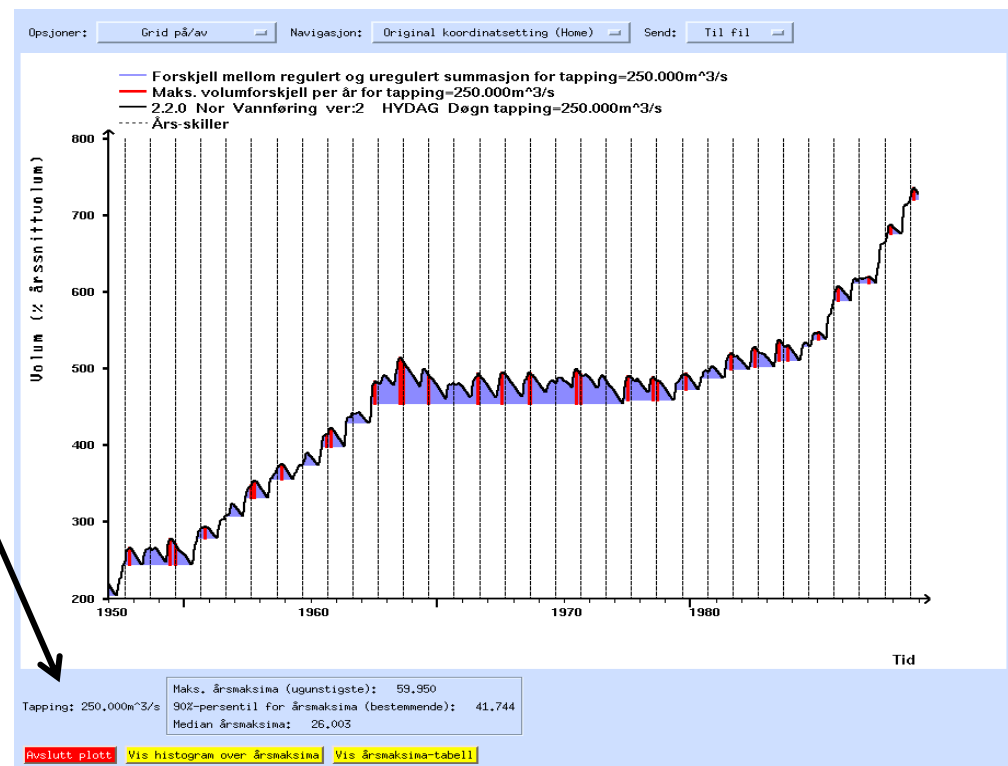
- Man skal altså konstruere en summasjonskurve som er mest mulig lik summasjonskurve for vannføring inn (for å unngå for mye magasinering).
- Hvis man justerer for ønsket tapping, skal denne summasjonskurven aldri ha negativ stigningstall. ($Q(t) \geq Q_{\text{tapping}}$).
- Gjør dette ved å gå stegvis bakover i tid. Når et der stigningstallet går fra positiv til negativ møtes, trekkes en rett linje bakover helt til man møter summasjonskurven for vannføring inn igjen.



- PS: Unngår logikk med utskyting av tappeperioder (3).

Optimal tappestrategi gitt minstevannføring (tapping) og historisk vannføring

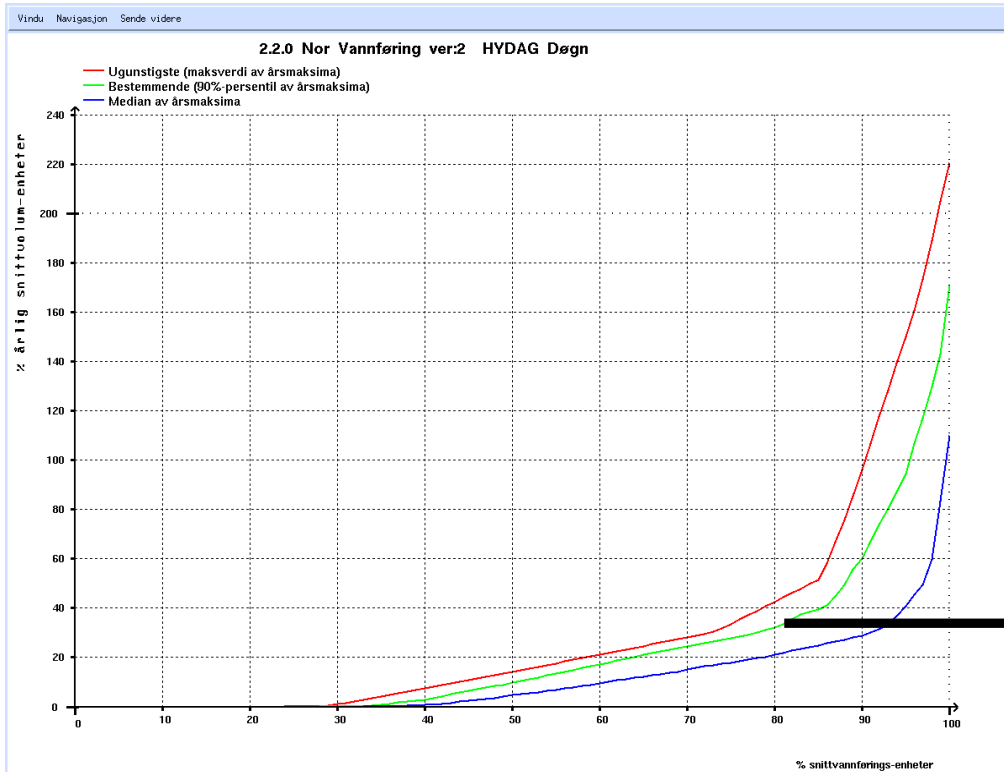
- Det som gjenstår nå, er å finne settet av årsmaksimaler. Fra det kan man trekke ut median, 90%-persentil og maksimal.
- Årskiller spesifiseres av brukeren. Default er hydrologisk år (starter 1/9).
- Maksimal forskjell mellom summasjonskurve for vannføring inn og ut hentes for hvert (hele) år.
- Disse markeres i rødt i summasjonskurveplottet i ny reguleringskurve-modul i DAGUT/FINUT.
- Forskjell mellom vannføring inn og ut vises i blått.
- Når det er gjort, beregnes median, 90%-persentil og maksimal. Man har nå disse for en spesifisert tapping.
- Gjøres dette for mange tappinger, fås alle tre reguleringskurvene som er ønsket.



PS: Ref (3) ser ut til å tilknytte årsmaksimaler til tappeperioder heller enn kun til år. Jeg vil tro dette lager diskontinuiteter i persentilene (spesielt median).

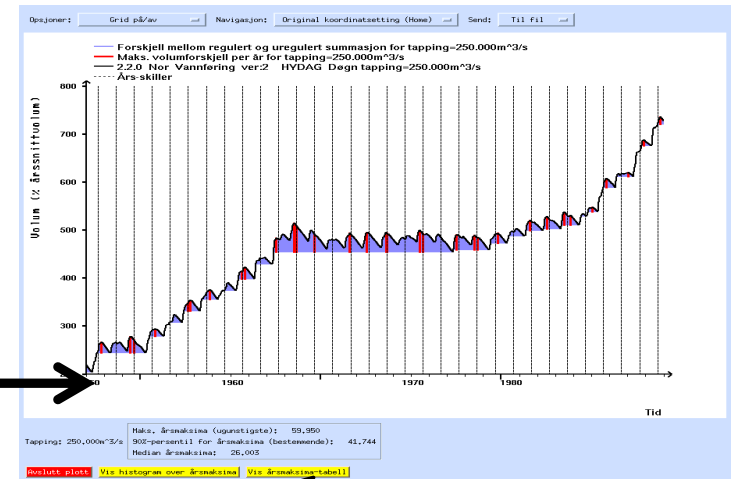
Reguleringskurve

Når summasjonskurven gjennomgås tapping for tapping (fra si 0% til 100% i forhold til middelvannføring i steg på 1%), fås reguleringskurvene.



Ikke eksakt lik REGKURV, men ingen konsistente forskjeller, bortsett fra medianer for høye tappinger, som nå ser ut til å være lavere.
(Se PS på forrige side).

Brukes midtre mustast, fås summasjonskurven for tappingen tilsvarende der du klikket i grafen. Denne viser summasjonskurve for vannføring inn og ut samt årsmaksimaler.



Årsmaksimaler kan også ses separat. Median, 90%-persentil og maksimum vises. Hele logikken er dermed grafisk tilgjengelig.