

DIMENSIONERINGSGRUNDLAG

I dette afsnit redegøres for beregningen af de forsyningskrav, som et forsyningsområde med kendt forbrug og kendt forbrugsmønster stiller til dimensionerne af hovedelementerne i et vandforsyningsanlæg. Er omvendt dimensionerne af vandforsyningsanlægget fastlagt, kan anlæggets forsyningssevne beregnes under hensyntagen til kendt forbrugsmønster i forsyningsområdet.

Beregningerne danner dels grundlag for bedømmelse af, om de eksisterende vandforsyningsanlæg har kapacitet til at klare de forsyningskrav, som forsyningsområderne stiller. Samtidig kan det vurderes, om der i anlæggene er indre overensstemmelse mellem de enkelte hovedelementer.

Beregningsprincipperne benyttes tillige ved vurderingen af nødvendige anlægsudvidelser i forbindelse med øget vandforbrug.

1. FORSYNINGSKRAV

1.1 Årsforbruget

Forsyningsområdets samlede årsforbrug skal hvert år indberettes af hensyn til kontrol med, at de tilladte indvindingsmængder ikke overskrides. Denne forbrugsuplysning er derfor i de fleste tilfælde let tilgængelig og danner det vigtigste grundlag for beregningerne af de øvrige forsyningskrav.

Årsforbruget $Q_{\text{år}}$ angiver først og fremmest det krav, som forsyningsområdet stiller til vandressourcerne.

1.2 Maksimaldøgnforbrug

Vandforbruget i ethvert forsyningsområde varierer med årstiden afhængig af klimatiske forhold, industriel aktivitet m.v. Dette bevirker, at der i perioder kan observeres forbrug, som ligger væsentligt over middeldøgnforbruget.

Det er de ekstreme belastningssituationer, der er dimensionsgivende for vandforsyningsanlæggene. Derfor er det vigtigt at få fastlagt størrelsen af disse. For at karakterisere variationerne i døgnforbruget indføres en døgnfaktor f_d , der er forholdet mellem maksimaldøgnforbruget og middeldøgnforbruget.

Maksimaldøgnforbruget beregnes ud fra årsforbruget og døgnfaktoren efter udtrykket:

$$Q_{\text{maxd}} = \frac{Q_{\text{år}}}{365} \cdot f_d \text{ (m}^3\text{/døgn)}$$

Døgnfaktoren varierer betydeligt fra område til område. Der er dog en tendens til, at f_d falder med stigende bebyggelsesgrad, bystørrelse og industriandel.

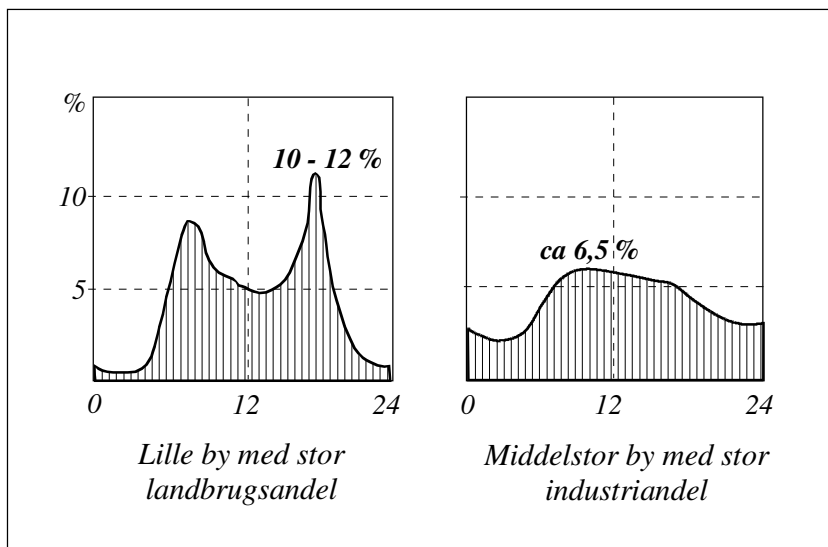
Valget af døgnfaktor bør så vidt muligt baseres på tidsserieanalyse af flere års registrering af døgnforbruget i forsyningsområdet. Men især ved mindre vandforsyninger er det på grund af manglende oplysninger om vandforbruget ikke muligt at foretage en sådan analyse. Bestemmelsen af døgnfaktoren for disse forsyningsområder må baseres på skøn ud fra erfaring med tilsvarende områder.

Det maksimale døgnforbrug er et forsyningskrav, der er direkte dimensionsgivende for indvindings- og behandlingsanlægget.

1.3 Maksimaltimedforbrug

Timeforbruget varierer normalt betydeligt over døgnet. Det er som regel størst om dagen og mindst om natten. Timeforbrugets fordeling over døgnet er helt afhængig af forsyningsområdets karakter. Der er dog en tendens til, at forbrugsvariationerne udjævnes med stigende urbaniseringsgrad, bystør-

relse og industriandel. Dette forhold er illustreret i figur A1, der viser principskitser af timeforbrugsfordelingen over døgnet for to forskellige bytyper.



Figur A1 Timeforbrugsfordelinger

Til karakterisering af forbrugsvariationerne over døgnet indføres en timefaktor f_t , som er forholdet mellem maksimaltimeforbruget og middeltimerforbruget.

Maksimaltimeforbruget beregnes af maksimaldøgnforbruget og timefaktoren efter udtrykket:

$$Q_{\max t} = \frac{Q_{\max d}}{24} \cdot f_t \text{ (m}^3\text{/time)}$$

Tilsvarende døgnfaktoren bør timefaktoren så vidt muligt fastlægges ud fra registrering af det faktiske timeforbrug inden for området. Men kun ved større vandforsyninger registreres timeforbruget; ved mindre vandforsyninger, hvor der normalt er de største variationer i forbruget, må timefaktoren fastlægges ud fra en bedømmelse af forsyningsområdets karakter.

Maksimaltimeforbruget er direkte dimensionsgivende for ledningsnettet og rentvandspumperne.

Forbrugernes vigtigste krav til vandforsyningsanlægget er, at det skal have kapacitet til at levere maksimaluge-, maksimaldøgn- og maksimaltimeforbruget.

For at opfylde disse grundlæggende forsyningskrav, må anlæggets hovedelementer

- indvindingsanlæg
- behandlingsanlæg (iltning, filtrering)
- beholderanlæg
- udpumpningsanlæg

have nogle indbyrdes afhængige mindste kapaciteter, som be-
regnes i det følgende.

1.4 Indvindings- og behandlingsanlæg

Indvindings- og behandlingsanlægget skal have tilstrækkelig kapacitet til jævnt over maksimaldøgnet at levere forsynings-
sområdets forbrug og vandværkets eget forbrug til filterskyl-
ning. Det er forudsat, at vandforsyningen råder over til-
strækkeligt beholdervolumen til at udjævne forbrugsvaria-
tionen i maksimaldøgnet.

For at tage højde for vandværkets eget uregistrerede forbrug
skal indvindings- og behandlingsanlæg dimensioneres til at
kunne levere maksimaldøgnforbruget over 23 timer.

$$Q_{\text{indv}} = Q_{\text{filt}} = \frac{Q_{\text{maxd}}}{23} \text{ (m}^3\text{/time)}$$

1.5 Beholderanlæg

Vandforsyningens beholderanlæg har til formål at udjævne for-
brugsvariationer over ugen eller over døgnet for at holde en
jævn belastning på indvindings- og behandlingsanlægget.

Ved større vandforsyninger med mange vandværker, di-
mensioneres ofte således, at maksimalugen udjævnes. Ved
forsyninger bestående af færre vandværker dimensioneres
normalt således, at maksimaldøgnet udjævnes.

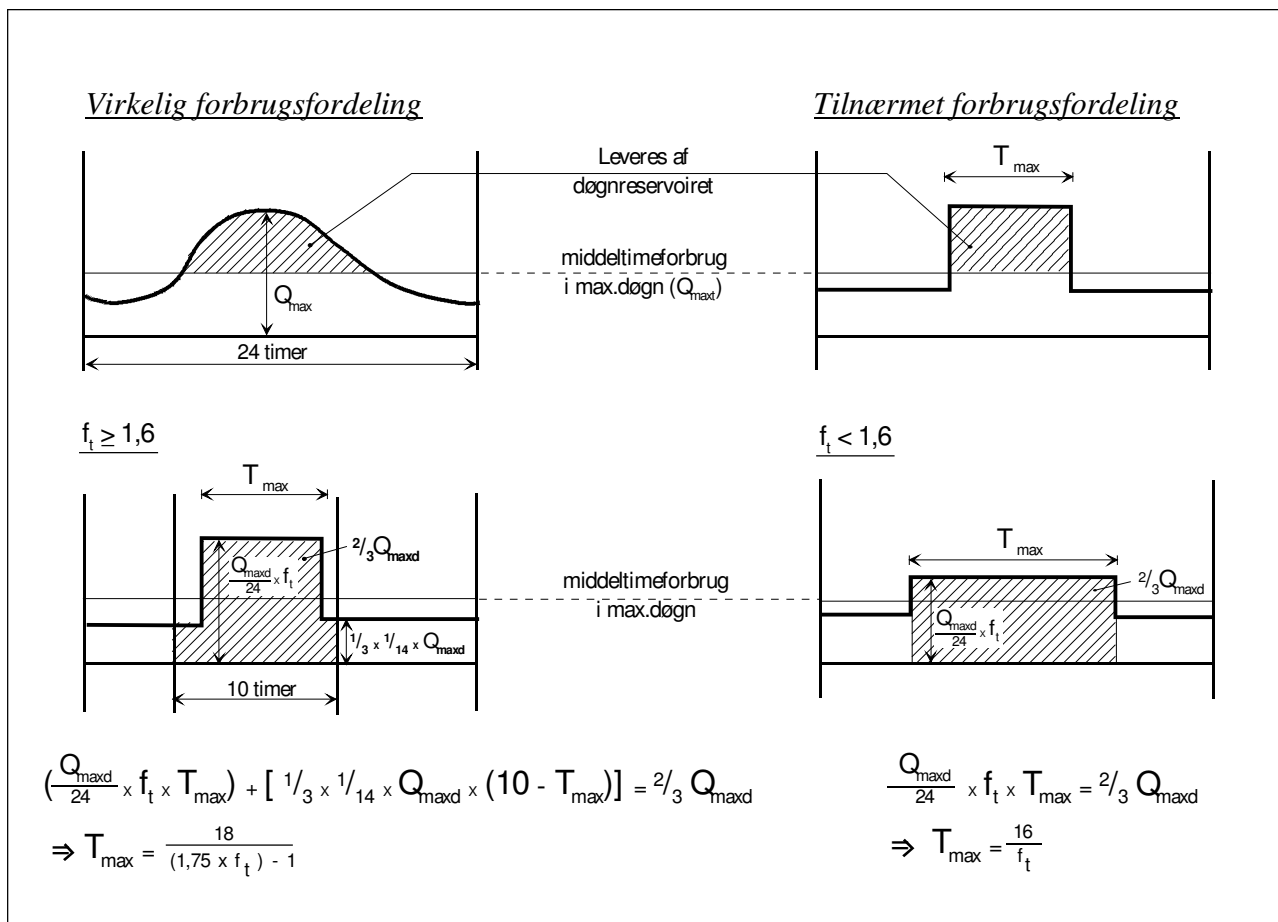
Ved dimensioneringen af et sådant døgnreservoirvolumen er
det nødvendigt at fastlægge timeforbrugsfordelingen over
døgnet. Oftest er fordelingen ikke kendt og den vil under alle
omstændigheder variere fra døgn til døgn.

For at simplificere beregningerne i disse tilfælde tilnærmes for-
brugsfordelingen en "hatkurve". Der gøres endvidere den an-
tagelse, at 2/3 af døgnforbruget udpumpes over 10 timer eller,
ved forsyningsområder med jævnt forbrug (lille f_t -værdi), hur-
tigst muligt.

På timefordelingskurven i figur A2, er der vist at den del af
forbruget, der i dagtimerne ligger over middeltimforbruget,
skal leveres af døgnreservoiret.

T_{max} er på den simplificerede fordelingskurve den tid, hvori for-
syningsområdet aftager maksimaltimeforbruget. T_{max} beregnes
ud fra den fastlagte timefaktor og ud fra ovenstående forud-
sætninger af følgende udtryk, jf. figur A2:

$$T_{\text{max}} = \begin{cases} \frac{18}{(1,75 \cdot f_t) - 1} & \text{når } f_t \geq 1,6 \\ \frac{16}{f_t} & \text{når } f_t < 1,6 \end{cases}$$



Figur A2 Timeforbrugsfordeling og døgneservoirvolumen

Skal hovedelementerne i et vandforsyningsanlæg være indbyrdes optimalt afstemt, skal døgneservoirvolumen have følgende volumen:

$$V = T_{max} \cdot (Q_{max} - \bar{Q}_{max}) + 2 \cdot Q_{max} \text{ (m}^3\text{)},$$

hvor

\bar{Q}_{max} er middeltimforbruget i maksimaldøgn, og $2 \cdot Q_{max}$ er tillagt som sikkerhed.

Tages der ved beregningen af volumenet hensyn til, at vandværket måske har en overkapacitet på indvindings- og behandlingsafsnittet, fås et mere generelt udtryk til beregning af det nødvendige døgneservoirvolumen

$$V_{nød,d} = T_{max} \cdot (\min \{ Q_{max} - \bar{Q}_{max}, Q_{max} - \min \{ Q_{indv}, Q_{filt} \} \}) + 2 \cdot Q_{max} \text{ (m}^3\text{)}$$

Døgneservoirvolumen skal primært udjævne driften på indvindings- og behandlingsanlægget. For disse anlægsafsnit er det underordnet, hvor i forsyningsområdet volumen er placeret, herunder om volumen helt eller delvis placeres som en højdebeholder.

1.6 Udpumpningsanlægget

Tilfredsstilling af maksimaltimeforbruget er det mest direkte forsyningskrav til vandforsyningsanlægget. I forsyningsområder uden højdebeholder skal udpumpningsanlægget klare maksimaltimeforbruget.

$$Q_{\text{udp}} = Q_{\text{maxt}} \text{ (m}^3\text{/time)}$$

Er der en højdebeholder i forsyningsområdet vil den nødvendige udpumpningskapacitet kunne formindskes. Formindskelsen svarer til den vandmængde, som højdebeholderen kan levere i den tid, T_{max} , hvor der er maksimaltimeforbrug. Der gøres den forudsætning, at kun 80 % af højdebeholderens volumen er disponibelt. De resterende 20 % forbeholdes nødsituationer.

For et forsyningsområde med eller uden højdebeholder kan den nødvendige udpumpningskapacitet herefter udtrykkes ved:

$$Q_{\text{udp}} = Q_{\text{maxt}} - \frac{0,8 \cdot V_{\text{højd}}}{T_{\text{max}}} \text{ (m}^3\text{/time)}$$

2. FORSYNINGSEVNE

Vandværkernes forsyningsevne opgøres for at vurdere værkernes kapacitetsreserve. De fleste hovedtal for angivelsen af et vandværks forsyningsevne kan uden særlig beregning afklares ved en vurdering. Det gælder kapaciteten af vandværkets hovedelementer:

- indvindingskapacitet
- behandlingskapacitet
- beholdervolumen
- udpumpningskapacitet.

Vandforsyningens:

- leveringskapacitet (m^3/time) og
- døgnproduktion ($\text{m}^3/\text{døgn}$)

skal derimod beregnes under hensyntagen til, hvorledes vandværkets hovedelementer er afstemt i forhold til hinanden og under hensyntagen til forsyningsområdets forbrugsmønster.

2.1 Leveringskapacitet

Vandværkets leveringskapacitet Q_{levt} angiver, hvor meget forsyningsområdet maksimalt kan tilføres i timen. Forsyningsområdet kan tilføres vand fra højdebeholderen, hvis der er en sådan, og fra rentvandsudpumpningsanlægget.

Er der f.eks. en lille rentvandsbeholder eller slet ingen, kan udpumpningen fra vandværket ikke være større end indvindings- og behandlingsanlæggets kapacitet. Er "højde"-beholderen et reservoir, hvorfra leverance skal finde sted ved pumpning, kan pumpekapaciteten være begrænsende for leverancen fra "højde"-beholderen.

$$Q_{\text{levt}} = Q_p + Q_{\text{højd}} \quad (\text{m}^3/\text{time}),$$

hvor

$$Q_p = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{rentvandsudpumpningska-} \\ \text{pacitet} \\ \min \{ Q_{\text{indv}}, Q_{\text{filt}} \} + \frac{0,8 \cdot V_{\text{rentv}}}{T_{\text{max}}} \end{array} \right\}$$

$$Q_{\text{høj}} = \min \left\{ \frac{0,8 \cdot V_{\text{højd}}}{T_{\text{max}}}, Q_{p,\text{højd}} \right\}$$

2.2 Døgnproduktion

Et vandværks døgnproduktion er begrænset til det mindste af følgende:

- Indvindingsanlæggets døgnproduktion
- Behandlingsanlæggets døgnproduktion

- c) Vandværkets leveringskapacitet i relation til forsyningsområdets forbrugsmønster.

$$Q_{\text{døgn}} = \min \{a, b, c\}$$

hvor

$$a = Q_{\text{indv}} \cdot 23$$

$$b = Q_{\text{filt}} \cdot 23$$

$$c = \frac{Q_{\text{levt}}}{f_t} \cdot 24$$