

## Brukstid for tap

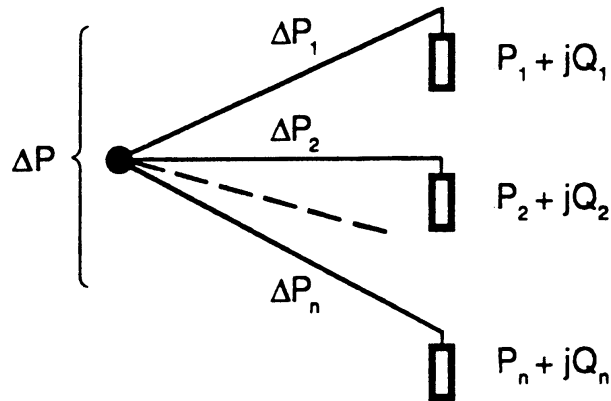
### Innholdsfortegnelse

1	Tapseffektens sammenlagring .....	2
2	Brukstid for tap.....	4
3	Litteraturreferanser .....	9

### Revisjonslogg

1993	Bind I kap. 9 " <i>Tapenes brukstid</i> "
1997	
2004	
2010-09-14	Ny struktur og layout, samt mindre endringer og korreksjoner

## 1 Tapseffektens sammenlagring



Figur 1 Nettdel

For en nettdel som vist i Figur 1 kan totale tap i tunglasttidspunktet  $t'$  skrives:

$$\Delta P(t') = \sum_{i=1}^n t_i \cdot \Delta \hat{P}_i \quad (1)$$

Tapene i hver enkelt gren ved lokale maksimale tap kan skrives:

$$\begin{aligned} \Delta \hat{P}_i &= \frac{R_i}{\hat{U}_i^2} (\hat{P}_i^2 + \hat{Q}_i^2) \\ &= \frac{R_i}{\hat{U}_i^2} (1 + \tan^2 \varphi_i^2) \cdot \hat{P}_i^2 \\ &= k_i \cdot \hat{P}_i^2 \quad [\text{W}] \end{aligned} \quad (2)$$

der

$R_i$	resistans i gren $i$ [ $\Omega$ ]
$\hat{U}_i$	spenning i lastenden ved <u>lokal</u> tunglast [kV]
$\hat{P}_i$	maksimalt lokalt aktivt effektuttak i gren $i$ [kW]
$\hat{Q}_i$	tilhørende uttak av reaktiv effekt i gren $i$ [kVAr]

Tapene i gren  $i$  ved tunglast i nettet er:

$$\Delta P_i(t') = t_i \cdot \Delta \hat{P}_i \quad (3)$$

Innføres (2) i (3) får vi

$$\Delta P_i(t') = t_i \cdot k_i \cdot \hat{P}_i^2 \quad (4)$$

Vi har dessuten fra (2) at

$$\Delta P_i(t') = k_i \cdot P_i^2(t') \quad (5)$$

Fra tidligere har vi at

$$P_i(t') = s_i \cdot \hat{P}_i \quad (6)$$

Kombineres (5) og (6) får vi:

$$\Delta P_i(t') = k_i \cdot s_i^2 \cdot \hat{P}_i^2 \quad (7)$$

Sammenlignes (7) og (4) ser vi at

$$t_i = s_i^2 \quad (8)$$

**Sammenlagningskoeffisientene for tapseffekten  $t_i$  er lik kvadratet av sammenlagningskoeffisientene for brukseffekten  $s_i$ .**

## 2 Brukstid for tap

Brukstid for tap er et viktig underlag for å beregne kostnadene av tap, samt å finne fram til årlige energitap i et system ut fra effekttapene i tunglast.

### 2.1 Utledning av formel for beregning av brukstid for tap

Definisjonsmessig gjelder

$$T_t = \frac{\Delta W}{\Delta \hat{P}} \quad [timer] \quad (9)$$

der

$\Delta W$  energitapene i en periode, normalt et år [kWh]  
 $\Delta \hat{P}$  maksimale effekttap i perioden [kW]

Energitapene over året i en seksjon med resistans  $R$ :

$$\begin{aligned} \Delta W &= \int_0^{8760} 3RI^2 dt \\ &= \frac{R}{U^2} \int_0^{8760} (P^2 + Q^2) dt \\ &= \frac{R \cdot \hat{P}^2}{U^2} \int_0^{8760} \frac{P^2}{\hat{P}^2} dt + \frac{R \cdot \hat{Q}^2}{U^2} \int_0^{8760} \frac{Q^2}{\hat{Q}^2} dt \\ &= \frac{R \cdot \hat{P}^2}{U^2} T_{tp} + \frac{R}{U^2} \hat{Q}^2 \cdot T_{tq} \end{aligned} \quad (10)$$

der

$I$  strøm i seksjonen  
 $P$  aktiv last ved enden av seksjon  
 $Q$  reaktiv last ved enden av seksjonen  
 $U$  spenning i lastenden (antatt konstant over året)  
 $\hat{P}, \hat{Q}$  maksimalbelastninger  
 $T_{tp}, T_{tq}$  maksimale brukstider

Maksimaltapene i seksjonen blir

$$\Delta \hat{P} = \frac{R \cdot \hat{P}^2}{U^2} + \frac{R \cdot \hat{Q}^2}{U^2} \quad (11)$$

Får nå videre

$$T_t = \frac{\Delta W}{\Delta \hat{P}} = \frac{\frac{R \cdot \hat{P}^2}{U^2} T_{tp} + \frac{R \cdot \hat{Q}^2}{U^2} T_{tq}}{\frac{R \cdot \hat{P}^2}{U^2} + \frac{R \cdot \hat{Q}^2}{U^2}} \quad (12)$$

Dersom lasten er rent ohmsk over året ( $\hat{Q} = \hat{Q} = 0$ ) blir  $T_t = T_{tp}$ .

Brukstid for tap varierer med antall elementærbelastninger. Flere belastninger gir pga. lastens sammenlagring en flatere lastkurve, dvs. en høyere brukstid for både last og tap.

Tabell 1 gir en oversikt over Velanderkonstanter og brukstid for tap beregnet med *Useload*, og basert på blant annet SINTEF Energiforsknings belastningsundersøkelser i perioden 1980–1994, resultater fra timesregistreringer fra prosjektet EFFEKT sluttbrukermarked, samt diverse andre kilder.

Tabell 1 Velander-konstanter for tap

Kundetype	$K_1$	$K_2$	Brukstid for tap enkeltkunde [timer]	Brukstid for tap sammenlagret [timer]
Eneboliger	0,000253	0,008407	3200	4200
Rekkehus	0,0002359	0,007512	3100	4250
Blokkleiligheter med sentralvarme	0,000314	0,012643	2150	3900
Kontor	0,0003145	0,049284	3000	3700
Skoler	0,000764	0,240178	1600	2350
Varehandel	0,0003291	0,054222	2900	3650
Helse	0,0003764	0,067996	3000	3800
Hotell	0,0002322	0,039535	3600	4300

Tabell 1 viser klart at brukstil for tap er avhengig av antallet kunder, dvs. sammenlagring. Sammenligninger viser også at brukstil for tap er lavere enn brukstil for last.

Som for bruk av Velanderkonstanter ved beregning av sammenlagret maksimaleffekt gjelder det at Velandermetoden ikke kan brukes ved heterogene (blanding av forskjellige) kundetyper. For korrekt beregning av brukstil for tap må *Uload* benyttes.

## 2.2 Sammenheng mellom brukstil for last og brukstil for tap

Med utgangspunkt i belastningsunders kelser som tidligere er utført av SINTEF Energiforskning viser det seg at enkle lineære sammenhenger kan etableres mellom  $T_b$  og  $T_t$ .

Datagrunnlaget for de gjennomførte analyser er belastningsm linger for perioden 1980–2004. I tillegg er klimaregistreringer med døgnmiddelverdier for utetemperatur innhentet fra Meteorologisk Institutt for hele perioden. Dette er målinger foretatt ved den for hvert måleobjekt nærmeste meteorologiske stasjon.

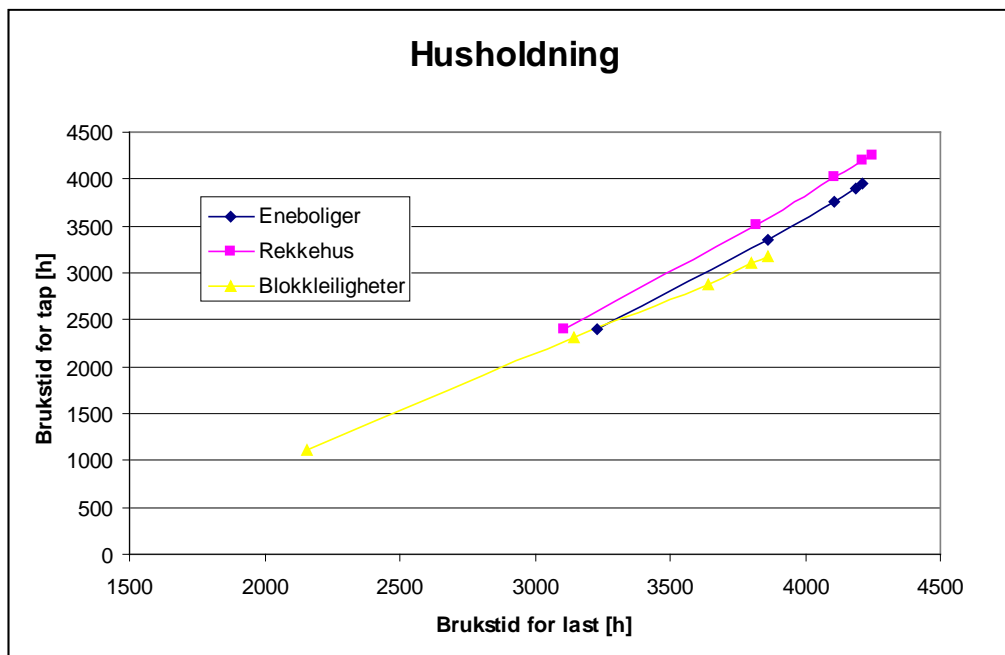
Ved å betrakte maksimaleffektens brukstil som funksjon av brukstil for tap framkommer lineære sammenhenger. I disse sammenhengene framkommer linearitet uansett byggenes oppvarmingssystem og observert klima. En regresjonslinje av formen  $y = ax + b$  er beregnet for hver byggtipe. Det gir følgende resultat:

Enebolig	$T_t = 1,5764 \cdot T_b - 2708$ timer
Rekkehus	$T_t = 1,6315 \cdot T_b - 2685$ timer
Blokk	$T_t = 1,2014 \cdot T_b - 1475$ timer
Kontor	$T_t = 1,5058 \cdot T_b - 2407$ timer
Helse	$T_t = 1,1930 \cdot T_b - 1870$ timer
Skoler	$T_t = 0,9303 \cdot T_b - 879$ timer
Varehandel	$T_t = 1,4944 \cdot T_b - 2441$ timer
Hotell	$T_t = 1,7024 \cdot T_b - 3041$ timer

der

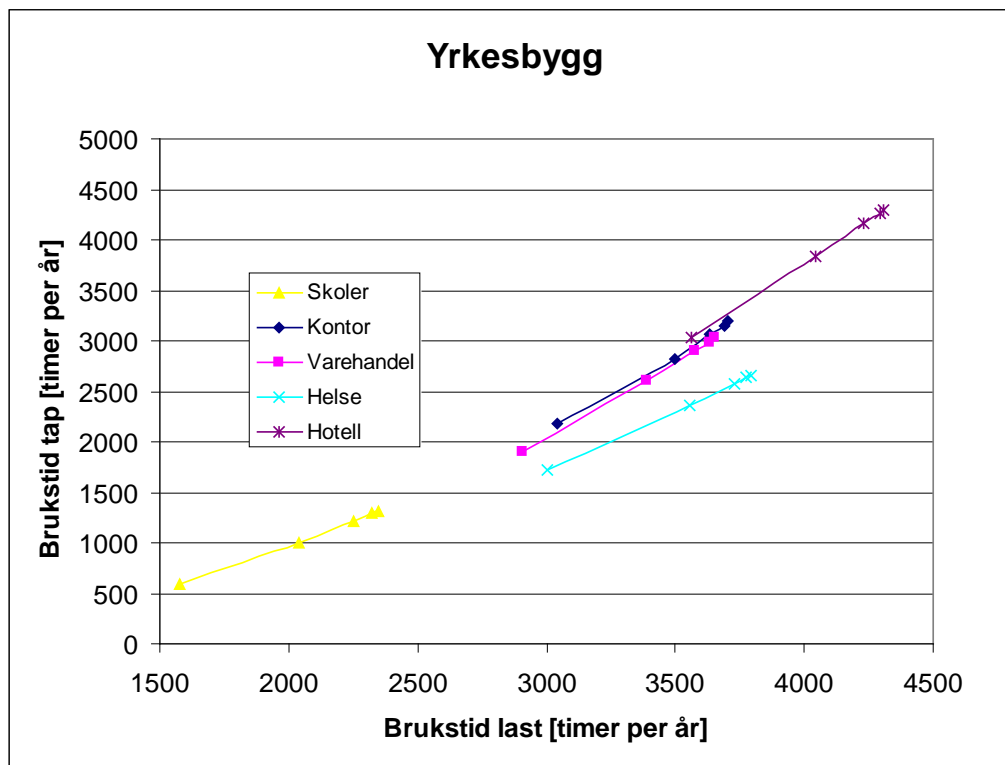
$T_t$	brukstil for tap [timer/år]
$T_b$	brukstil for last (maksimaleffekt) [timer/år]

Det framgår av Figur 2 og Figur 3 at sammenhengene er relativt lik for ulike boligtyper, med unntak for blokkleiligheter med sentralvarme. For offentlige bygg er sammenhengene relativt lik for kontor, varehandel og helse, mens skoler har en noe avvikende brukstil.



Figur 2 Sammenheng mellom brukstil for last og brukstil for tap for husholdning

Figur 2 viser at de lineære sammenhengene mellom brukstil for last og brukstil for tap har noenlunde lik hellingsvinkel, men at blokkleiligheter har vesentlig lavere plassering i diagrammet. En årsak til dette kan være at blokkleilighetene har sentralvarme, og at elektrisitet til annet bruk enn varme er lett å "skru på" etter behov. Dette kan føre til høye effekttopper når beboerne er hjemme, og siden elenergibruken over året er relativt lav blir brukstilene lave.



Figur 3 Sammenheng mellom brukstilid for last og brukstilid for tap for yrkesbygg

Figur 3 viser at den lineære sammenheng mellom brukstilid for last og brukstilid for tap for de ulike sektorene ser ut til å være like, med unntak av skolesektoren, som har svært lav brukstilid for last og tap. Årsakene til dette kan være flere. En medvirkende årsak er at skoler viser en svært høy temperaturfølsomhet i de timesregistrerte målingene. Brukstiden for skoler blir ytterligere redusert ved at skoler er avstengt i store deler av året, dvs. i ferier og i helger, og dermed får et relativt lite årlig energibehov.



### 3 Litteraturreferanser

Innholdet i dette kapitlet er i stor grad hentet fra (Jordanger et al., 2006), mens metodikken opprinnelig ble beskrevet i (Johannesen, 1976).

Johannesen, A. (1976) Kostnader av elektriske tap i overførings- og fordelingsnett.  
Trondheim, EFI.

Jordanger, E., Mogstad, O. og Sand, K. (2006) Samfunnsøkonomiske tapskostnader ved dimensjonering av kraftnett - Kostnadsnivå 2006. Trondheim, SINTEF Energiforskning AS.

Olje- og energidepartementet (1999) Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffen.

Sand, K. og Jordanger, E. (1994) Kostnader av elektriske tap i overførings- og fordelingsnett.  
Trondheim, EFI.