

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet behandler varmetapet for bygningsdeler som kan åpnes, som vinduer, dører og porter. Varmetapet kan inndeles i tre deler, transmisjonstap, ventilasjonstap og åpningstap. Transmisjonstapet avhenger av bygningsdelens U-verdi. Ventilasjonstapet avhenger av bygningsdelens lufttetthet. Åpningstapet er ventilasjonstapet i perioder hvor bygningsdelen står åpen.

02 Valg av bygningsdeler

Bladet viser hvilke størrelser som er viktigst ved valg av bygningsdel ut fra energiforbruk. Men for de aktuelle bygningsdelene er det en lang rekke andre egenskaper som må tas hensyn til ved valg av type. De følgende beregninger for varmetap er foretatt etter en meget forenklet metode. En mer detaljert beregning av varmetap og økonomi kan derfor i noen tilfeller være nødvendig, spesielt for porter.

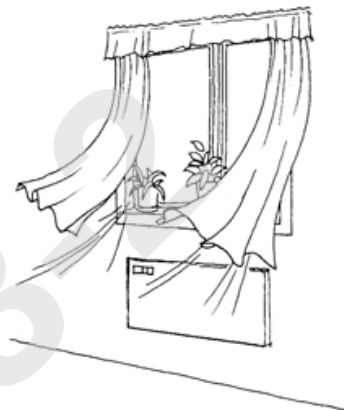
03 Henvisninger

Byggdetaljbald:

A 533.102 Generelt om valg av vindu

A 533.202 Ytterdør av tre. Generelt

A 533.301 Valg av porter og portsystemer



111 Kravene til U-verdier står i byggforskriften, kap. 53. For vinduer, dører og porter er verdiene:

	Innetemperatur	
	$\geq 18^{\circ}\text{C}$	$10-18^{\circ}\text{C}$
Vinduer	2,4 W/m ² K	3,0 W/m ² K
Dører, porter	2,0 »	2,6 »

Disse U-verdiene inngår i fasadens midlere U-verdi slik at kravet til bygningen ved omfordeling kan tilfredsstilles med andre verdier.

1 Egenskaper

I det følgende er nevnt de egenskapene som har betydning for varmetapet for bygningsdeler som kan åpnes. Dessuten er omtalt hvor verdiene kan finnes.

11 U-verdi

Varmeledningen gjennom bygningsdelen i lukket tilstand er beskrevet ved bruk av U-verdien. Den har enheten W/m²K. Verdien kan enten være beregnet eller målt. Ved beregning benyttes som regel NS 3031. Måling bør foretas når bygningsdelen er montert i konstruksjonen. Derved inkluderes varmetap ved tilslutninger. NBI har foretatt en del målinger på vinduer og vinduselementer. For dører og porter finnes ennå bare få målinger. I byggforskriftene finnes krav til U-verdier.

12 Tetthet

En bygningsdels tetthet er beskrevet av lufttettheten. Denne er angitt i m³ luft i timen pr. m² areal (m³/m²h) ved en gitt trykkforskjell. Tettheten kan ikke beregnes, men må måles. Målingen foretas i et luftskap hvor det skapes trykk og sug opp til 5000 Pa. I praksis måles fra 0 til 500 Pa.

NBI har foretatt mange målinger på vinduer og dører, spesielt i forbindelse med NDVKs kontrollordning (Norsk Dør og Vinduskontroll).

121 *Krav til tetthet.* I byggforskriftenes kap. 53 er det angitt krav til tetthet. Verdiene skal være bedre enn:

Vinduer: 1,7 m³/m²h ved en trykkforskjell på 50 Pa (NS 3206)

2 Energiforbruk

For å kunne vurdere energiforbruket for bygningsdeler som kan åpnes, foretas det en oppdeling av varmetapet i transmisjonstap, ventilasjonstap og åpningstap.

21 Transmisjonstap

Varmetapet (Q) som følge av transmisjon beregnes på normal måte, som U-verdi (U) ganger areal (A) ganger differansen mellom inne- og utetemperatur. Både inne- (t_i) og utetemperaturen (t_u) innsettes som årsmiddel.

$$Q = U \times A \times (t_i - t_u) \text{ W}$$

Det årlige energiforbruket utregnes til:

$$Q_{\text{år}} = Q \times 8760/1000 \text{ kWh/år}$$

22 Ventilasjonstap

Varmetapet (Q) som følge av ventilasjon beregnes på grunnlag av lufttettheten (L), vindhastigheten (V) og temperaturdifferansen mellom inne og ute. Først utregnes vindtrykket (P) ut fra vindhastigheten som:

$$P = V \times V/1,6 \text{ Pa}$$

Deretter utregnes tettheten (L) ved det beregnede trykket ut fra tettheten ved 50 Pa (L_{50}):

$$L = L_{50} \times (P/50)^{0,7} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$$

Til slutt utregnes ventilasjonstapet:

$$Q_{\text{år}} = L \times A \times 0,34 \times (t_i - t_u) \text{ W}$$

Det årlige energiforbruket blir:

$$Q_{\text{år}} = Q \times 8760/1000 \text{ kWh/år}$$

I denne beregningen kan det være nødvendig å foreta beregninger med kortere intervaller enn ett år da det ikke er lineær sammenheng mellom tetthet og energiforbruk. Men for en hurtig overslagsberegning kan denne metoden benyttes. Når beregning foretas for et helt hus, er det ikke sannsynlig at det vil være samme vindtrykk på alle fasader. Derfor vil det gjennomsnittlige ventilasjonstapet bli mindre. Men dette forholdet tas det ikke hensyn til her.

23 Åpningstap

Dette er den vanskeligste størrelsen å beregne da det er en lang rekke faktorer som inngår, som klimadata, åpningens størrelse og orientering, konstruksjon samt bruksvaner. Dessuten vil rommet bak åpningen få betydning i form av størrelse, temperatur, tetthet og ventilasjonsanlegg. Dette kan bare løses ved målinger som i mange tilfeller vil være sterkt avhengige av det valgte måleobjektet. I det følgende benyttes formler for porter idet dette er et viktig område.

Det finnes en formel (Kilde: Porthåndboken) som beregner luftstrømmen pr. m^2 portareal og sekund. Formelen tar ikke hensyn til eventuelle trykkforskjeller på grunn av ventilasjonssystemet. Målinger har vist en lavere luftstrøm. Dette har gitt en empirisk formel som er benyttet i dette byggdetaljbladet. Luftstrømmen (L) gjennom porten med høyde (H) blir ved vindhastigheten (V):

$$L = 0,03 \times \sqrt{(H \times (t_i - t_u))} + 0,03 \times V \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$$

Dette omregnes til en varmestrøm med:

$$Q = 0,34 \times L \times (t_i - t_u) \times 3600/1000 \text{ kW/m}^2$$

Varmetapet kan utregnes ut fra åpningstiden (T) i timer/måned til:

$$Q_{\text{mndr.}} = Q \times T \times A \text{ kWh/måned}$$

$$Q_{\text{år}} = \sum_{1}^{12} Q_{\text{mndr.}} \text{ kWh/år}$$

Det kan være nødvendig å foreta beregninger med kortere tidsintervaller enn 1 år da bruk og klimadata kan variere i løpet av året. Det er ikke en lineær sammenheng, slik at bruk av middelveidier kan gi feilaktige resultater.

24 Økonomi

Beregningene i dette byggdetaljbladet viser bare beregnede energitap, men i tillegg til praktiske beregninger bør det foretas økonomiske beregninger ved valg av forskjellige løsninger. Dette kan f.eks. skje med metodene som er beskrevet i byggdetaljblad G 472.312.

25 Vurdering på årsbasis

251 *Ny konstruksjon.* For nye konstruksjoner er det spesielt viktig å være klar over hvor stor betydning U-verdien har i forhold til tettheten. Dette vil bli omtalt i forbindelse med de enkelte bygningsdeler. Med hensyn til åpningstap kan disse i en del tilfeller ikke vurderes særlig nøyaktig medmindre det skaffes erfaringer fra bruken av konstruksjonen i tilsvarende bygningstyper.

252 *Utskifting.* For eksisterende konstruksjoner kan tettheten være vesentlig dårligere enn for nye konstruksjoner. Åpningstapene bestemmes dels av konstruksjonen og dels av bruken. Besparelser er mulig ved bevisst å redusere åpningstidene for f.eks. porter. Konstruktive endringer kan bestå av utskifting av porten eller ved montering av en gangdør ved siden av som kan brukes i tilfeller hvor hele portåpningen ikke er nødvendig.



3 Vinduer

For åpningsbare vinduer vil U-verdi, tetthet og bruk ha innflytelse på energiforbruket. I det følgende er det vist noen eksempler på hvilken betydning U-verdi og tetthet har. Det er ikke regnet på åpningstider idet det er meget individuelt hvor mye vinduer holdes åpne. Her er i stedet til slutt gitt vurderinger av denne størrelsen samt mulighetene for å redusere varmetapet.

Ventilasjonsluker eller loftslemmer kan beregnes på samme måte som vinduer.

31 Eksempel

Det er valgt å regne med et standard vindu på 1,2 m × 1,2 m plassert i en bygning i Trondheim.

Bredde	1,2 m		
Høyde	1,2 m		
U-verdi	2,9 W/m ² K		
Tetthet	1,7 m ³ /m ² h 50 Pa		
Innetemperatur	20,0 °C		
Utetemperatur	4,9 °C		
Vindhastighet	3,5 m/sek		
Vindtrykk	7,7 Pa		
Transmisjonstap	552 kWh/år	384 kWh/m ² år	95 %
Ventilasjonstap	30 kWh/år	20 kWh/m ² år	5 %
I alt	582 kWh/år	404 kWh/m ² år	

Resultatene viser at ventilasjonstapet bare utgjør ca. 5 % av det totale varmetapet. Oppfylles kravet til tetthet i byggeforskriftene, vil U-verdien for vinduet være avgjørende for det årlige energiforbruket. I tabell 31 er betydningen av de forskjellige størrelsene vist.

Tabellen viser at tetthetens betydning vokser med økende vindhastighet og at ventilasjonstapet vokser med stigende uttetthet.

Et nytt vindu av anerkjent konstruksjon vil normalt ha bedre tetthetsverdi enn 1,7 m³/m²h. Det sees av tabellen at ytterligere forbedringer av tettheten er praktisk talt uten betydning. Det har derfor liten hensikt å sammenligne forskjellige vinduers lufttetthet forutsatt at de oppfyller byggeforskriftenes krav.

Beregningene er gjennomført for et normalår de angitte stedene. Resultatene viser små forskjeller i

betydningen av ventilasjonstapet, normalt under 5 % med en vesentlig unntagelse, Vardø. Her skyldes den høye verdien at vindhastigheten er høy. Det bør derfor velges svært tette konstruksjoner på så vindutsatte steder. For forskjellige U-verdier viser tabellen at ventilasjonstapet er konstant, men utgjør en større andel av et godt isolert vindu.

32 Varmetap

De gjennomførte beregningene viser at U-verdien er den mest betydningsfulle faktoren ved valg av vindu. Det bør derfor velges U-verdier som er lavere enn byggeforskriftenes krav, hvis dette er økonomisk forsvarlig. Beregningene må skje med hensyn til solinnstrålingens betydning (se byggdetaljblad A 571.954) idet valg av feil glass kan gi et høyere totalt energiforbruk for bygningen.

33 Tetthet

Beregningene viser at vinduenes tetthet normalt har liten betydning for det totale varmetapet for nye vinduer, bortsett fra på særlig vindutsatte steder. Det sees tydelig av eksemplene at med mye vind blir tettheten av betydning.

Dersom det ikke er varmegjenvinning av ventilasjonsluften, er tettheten normalt ikke så viktig. Det skal komme frisk luft inn i huset. Så lenge luftmengden fra vinduer og andre ytterflater ikke overstiger 0,5 luftvekslinger pr. time, vil det ikke være noe ekstra varmetap som følge av luftutettheter. Men en skal være oppmerksom på at konsentrerte luftutettheter, f.eks. i vinduer, kan være ubehagelig for brukerne.

Tabell 31

Tranmisjons- og ventilasjonstap som følge av endring i vindhastighet, lufttetthet, klima og U-verdi i forhold til standardeksempel

Vindhastighet m/s	Transmisjonstap kWh/m ²	Ventilasjonstap kWh/m ²	I alt kWh/m ²
2,0	384 98 %	9 2 %	393
3,5	384 95 %	21 5 %	404
6,0	384 90 %	44 10 %	427
8,0	384 85 %	65 15 %	449
10,0	384 81 %	89 19 %	473
Lufttetthet m ³ /m ² h 50 Pa			
0,9	384 97 %	10 3 %	394
1,7	384 95 %	21 5 %	404
2,6	384 93 %	31 7 %	414
3,4	384 90 %	41 10 %	425
6,8	384 82 %	82 18 %	466
Sted	Vindhast. m/s		
Trondheim	3,5	21 5 %	404
Oslo	2,1	9 3 %	368
Bergen	3,5	17 5 %	327
Nesbyen	1,0	4 1 %	438
Tromsø	3,7	25 5 %	460
Vardø	9,0	94 17 %	561
Kautokeino	3,1	25 4 %	584
U-verdi W/m ² K			
1,6	212 91 %	21 9 %	232
2,0	265 93 %	21 7 %	285
2,5	331 94 %	21 6 %	351
2,9	384 95 %	21 5 %	404
5,0	661 97 %	21 3 %	682

I nye hus utgjør luftlekkasjene i forbindelse med vinduene bare en liten del av husets samlede luftlekkasjer da tetningslistene på moderne vinduer normalt gir svært god lufttetting. I eldre hus kan vinduene utgjøre en stor del av luftlekkasjene.

34 Åpningstap

Åpningstap for vinduer er ikke beregnet idet en del av dette kan inngå i bygningens normale luftskifte. Men forutsetningen er at vinduene ikke står åpne i for lang tid. Utlufting bør være kortvarig.

I en del tilfeller brukes åpne vinduer i soverom om natten. Dette kan medføre ekstra energiforbruk hvis det er luftstrømninger i resten av huset eller hvis varmeovner ikke er slått av.

For loftslemmer er åpningstapet minimalt da slike blir lite benyttet, men til gjengjeld bør lemmen være tett i lukket stilling.



4 Dører

For dører vil U-verdi, tetthet og bruk ha innvirkning på energiforbruket. Beregning av varmetap kan skje på samme måte som for vinduer. Eksempelene for vinduer kan derfor også overføres til dører. I forbindelse med småhus er åpningstiden for dørene normalt ikke av særlig stor betydning for energiforbruket, men det er mulig å redusere tapene ved konstruktive endringer. Ved større bygninger med mange personer gående inn og ut er det nødvendig å ta hensyn til åpningstapene. I mange tilfeller foretas ingen beregning, men det velges inngangspartier som reduserer åpningstapene. Dette kan samtidig redusere problemene med trekk nær inngangen.

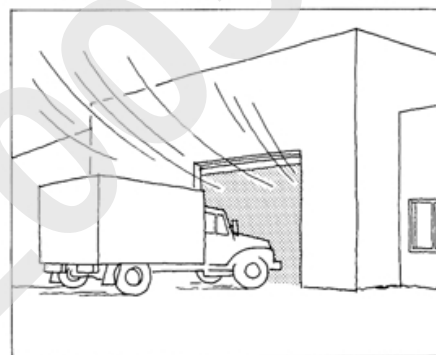
41 Tetthet og U-verdi

Konklusjonene for vinduer kan også overføres til dører. Den mest betydningsfulle faktoren er U-verdien. Tettheten kan være dårligere enn for vinduer, idet ytterdører utsatt for vær og vind og stor temperaturdifferanse lett kan bli utette som følge av krumning. Dette kan unngås ved å benytte en kvalitetskontrollert dør og unngå plassering av døren ytterst i veggflaten.

42 Planløsning og konstruktive forhold

For dører vil det i mange tilfeller lønne seg å redusere varmetapene som følge av åpninger ved bruk av kon-

struktive løsninger. Den enkleste løsningen vil normalt være å bygge et vindfang slik at det blir to dører mellom inne og ute. Dette vil redusere varmetapet når døren åpnes. Det forutsettes at begge dører ikke står åpne samtidig. For større bygninger hvor det kommer mange mennesker kan det velges mer kompliserte løsninger, f.eks. automatikk som åpner og lukker døren. Andre muligheter er bruk av svingdører eller bruk av varmluftsgardiner. For disse løsningene bør det foretas beregninger av økonomi sett i forhold til varmetap og bruksforhold og i forhold til enklere løsninger. Energisparing ved soneoppvarming og automatisk regulering av romtemperatur er omtalt i byggdetaljblad A 552.108.



5 Porter

Ved valg av porter vil U-verdi, tetthet og åpningstap få betydning for energiforbruket. De etterfølgende beregningene er utført på grunnlag av formlene i avsnitt 2 som bygger på målinger beskrevet i [622].

51 Eksempel

Det er valgt å regne på en 3,0 m bred og 4,0 m høy port plassert i en bygning i Trondheim. Tettheten er antatt å være noe dårligere enn for vinduer, men dette vil avhenge av porttype og konstruksjon. Åpningstiden er satt til 20 timer pr. måned, tilsvarende ca. 1 time pr. arbeidsdag. Det er regnet med en bygning med normal innnetemperatur.

Bredde	3,0 m	
Høyde	4,0 m	
U-verdi	2,0 W/m ² K	
Tetthet	4,0 m ³ /m ² h 50 Pa	
Åpningstid	20 tim/mnd	
Innetemperatur	20 °C	
q port	0,34 m ³ /m ² s	
Varmestrøm	6,2 kW/m ²	
Utetemperatur	4,9 °C	
Vindhastighet	3,5 m/s	
Vindtrykk	7,7 Pa	
Transmisjonstap	3174 kWh/år	264 kWh/m ² år 14 %
Ventilasjonstap	580 kWh/år	48 kWh/m ² år 3 %
Åpningstap	17999 kWh/år	1500 kWh/m ² år 83 %

Resultatet viser at 83 % av varmetapet skyldes åpnings-
tap. Dette er derfor den helt avgjørende faktoren. På
samme måte som med vinduer er U-verdien viktigere
enn tettheten. Men det skal tilføyes at det bare i
begrenset utstrekning er foretatt målinger av lufttettheten
for porter, så det er mulig at en del konstruksjoner
kan ha langt dårligere tetthet enn i dette eksemplet. I
tabell 51 er betydningen av en lang rekke faktorer vist.
En økning av vindhastigheten fra 2 til 10 m/s viser at
energiforbruket praktisk talt fordobles. Samtidig får
ventilasjonstapet større betydning slik at det ved
10 m/s blir nesten like stort som transmisjonstapet.
Åpningstapets andel av det totale energiforbruket er
praktisk talt konstant.

Variasjoner i årsmiddeltemperaturen har stor betydning
for det totale energiforbruket, men har til gjen-
gjeld liten innflytelse på fordelingen mellom de for-
skjellige varmetapene.

Variasjon i porthøyden har innflytelse på åpningstapet.
Tapet øker med høyden. Både transmisjonstap og ven-
tilasjonstap er konstante i kWh/m² år. De minste høy-
dene her kan benyttes til vurdering av åpningstapene i
forbindelse med vinduer og dører. Dette tapet kan i
noen tilfeller inngå i bygningens normale luftskifte.

Variasjoner i innetemperaturen har stor betydning for
det totale varmetapet, mens forholdet mellom de for-
skjellige bidragene nesten ikke endrer seg.

Variasjoner i åpningstiden vil bare påvirke åpningsta-
pet, mens de øvrige størrelsene er konstante. Ved korte
brukstider er portens U-verdi av betydning idet trans-
misjonstapet utgjør 25 % ved 10 timer/måned. For hver
10 timer ekstra åpningstid vil energiforbruket stige
med 750 kWh/m² år. Ved 60 timer/måned eller 3 timer
åpningstid pr. arbeidsdag utgjør åpningstapet hele
93 %.

Tabell 51

Transmisjons-, ventilasjons- og åpningstap som følge av endringer i vindhastighet, ute/innetemperatur, porthøyde, åpningstid og klima i forhold til
eksempel

	Vindhastighet m/s	Transmisjons- tap %	Ventila- sjonstap %	Åpnings- tap %	I alt kWh/m ² år
	2,0	17 %	1 %	82 %	1587
	3,5	15 %	3 %	83 %	1813
	6,0	12 %	5 %	83 %	2200
	8,0	11 %	6 %	83 %	2517
	10,0	9 %	7 %	83 %	2840
Utetemperatur °C					
	-2,0	13 %	2 %	85 %	2983
	2,0	14 %	3 %	84 %	2274
	4,9	15 %	3 %	83 %	1813
	8,0	16 %	3 %	82 %	1351
Porthøyde m					
	1,0	20 %	4 %	76 %	1296
	2,0	18 %	3 %	79 %	1510
	2,5	17 %	3 %	80 %	1596
	3,2	16 %	3 %	82 %	1704
	4,0	15 %	3 %	83 %	1813
	5,0	14 %	2 %	84 %	1935
	6,0	13 %	2 %	85 %	2045
Innetemp. °C					
	20,0	15 %	3 %	83 %	1813
	17,5	15 %	3 %	82 %	1438
	15,0	16 %	3 %	81 %	1087
	12,5	17 %	3 %	79 %	761
Åpningstid timer/mnd.					
	10,0	25 %	5 %	71 %	1063
	20,0	15 %	3 %	83 %	1813
	30,0	10 %	2 %	88 %	2563
	40,0	8 %	1 %	91 %	3313
	50,0	7 %	1 %	92 %	4063
	60,0	5 %	1 %	93 %	4813
Sted	Vindhast. m/s				
Trondheim	3,5	16 %	3 %	81 %	1087
Oslo	2,1	19 %	2 %	79 %	826
Bergen	3,5	18 %	3 %	79 %	712
Nesbyen	1,0	20 %	1 %	80 %	1067
Tromsø	3,7	15 %	3 %	82 %	1390
Varde	9,0	10 %	7 %	83 %	2323
Kautokeino	3,1	15 %	2 %	83 %	2044

For de angitte stedene er beregningene gjennomført for et normalår. Resultatene er bare av rådgivende karakter da en korrekt beregning bør skje med en beregning av åpningstapet måned for måned på grunn av åpningstapets store betydning. Resultatene viser at åpningstapet alltid er viktigst med transmisjonstapet som nr. to. Bare for Vardø med stor vindhastighet er tettheten av nesten samme betydning som U-verdien.

52 Konklusjoner

Porter må oppfylle forskriftenes krav til U-verdi og tetthet. Men rent energimessig viser resultatene for portene at åpningstapet utgjør 80–90 %. Det er derfor økonomisk å se på mulighetene for å redusere dette tapet. Besparelser vil være helt avhengig av endrede bruksvaner som kortere åpningstider og lavere innetemperatur. Spesielt åpningstiden er viktig slik at bruk av dør i stedet for port til mindre transport vil være fordelaktig. Dessuten bør det undersøkes om det er mulig å bygge luftsluser ved laste- og lossesteder med stor trafikk. Dette gir samtidig et bedre arbeidsmiljø.

6 Referanser

- 61 Bladet er skrevet av Anker F. Nielsen og redigert av Jan Chr. Krohn.
Redaksjonen avsluttet september 1986.

62 Litteratur

- 621 Porthåndboken. En handbok för val av portsystem. Ingejörvetenskapsakademien. Transportforskningskommisjonen. Stockholm 1975. Meddelande nr. 80.
- 622 NIELSEN, Tommy. Porthuller. Måling og beregning af varmetab gennem åbne porte. Teknologisk Instituts Forlag, København 1984.