

Innhold

1.1 Oppfattelse av temperatur og komfort	8
1.2 Varmetap i bygninger	9
1.2.1 Varmekapasitet	9
1.2.2 Isolering mot varmetap	9
1.2.3 U-Verdi og transmisjonsvarmetap i ulike bygningskonstruksjoner	10
1.2.4 Byggets varmetapsramme	10
1.2.5 Materialets varmekonduktivitet	11
1.3 Beregning av bygningens effektbehov	12
1.3.1 Transmisjonstap	12
1.3.2 Ventilasjonstap	13
1.3.3 Infiltrasjonstap	13
1.4 Dimensjonerende temperaturer og tallverdier	14
1.4.1 Dimensjonerende innetemperatur for oppvarmede rom	14
1.4.2 Tabell for akkumulerte graddager og dimensjonerende utetemperatur	15

1.1 Oppfattelse av temperatur og komfort

Mennesket oppfatter komfort på ulike måter og nivåer. Undersøkelser viser svært store individuelle sprik i oppfattelsen av "riktig" temperatur. Det vil derfor være nødvendig å dimensjonere varmeanlegget slik at flest mulig oppnår det de til enhver tid oppfatter som temperaturkomfort. Likeledes er det viktig å være klar over at vannbåren gulvvarme overfører sin energi innenfor snevre grenser og at det kan stilles krav som gulvvarmesystemet ikke evner å klare.

I et gulvvarmesystem er det temperaturdifferansen mellom rommets temperatur og overflatetemperaturen på gulvet som bestemmer varmeavgivelsen til rommet. Dersom temperaturkravet den enkelte stiller til romluften tilsier at gulvoverflatetemperaturen må ligge over de anbefalte verdiene, er det nødvendig å vurdere tiltak med tilleggsvarme

fra radiatorer eller tilsvarende for å unngå skadevirkninger som for høy gulvtemperatur kan påføre gulvet.

Kroppen vår opplever temperatur forskjellig, men for å kunne forstå hva som egentlig er bestemmende for våre komfortkriterier er det viktig at vi ser på en del faktorer som påvirker dette forholdet.

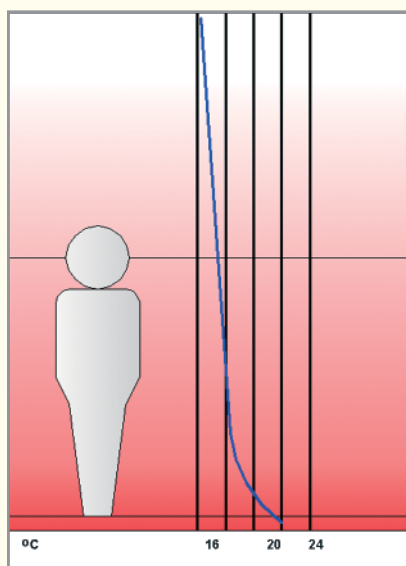
Kroppen vår avgir og blir tilført varme på ulike måter. Disse er:

- Strålningsvarme
- Konveksjonsvarme
- Ledningsvarme

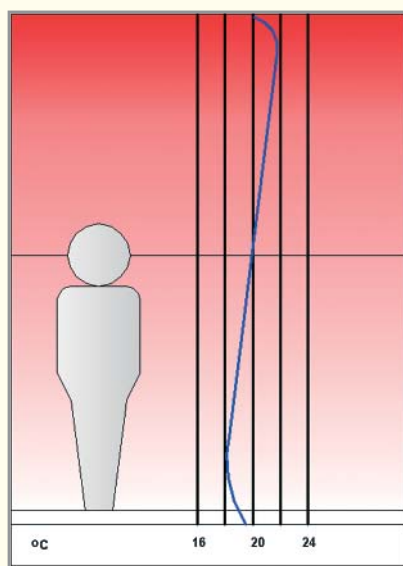
For alle andre varmesystem enn gulvvarme, kan man nærmest se bort fra ledningsvarme. Dette fordi ledningsvarmen er avhengig av direkte

kontakt mellom kropp og varmeflate. Foruten konveksjonsvarme er strålningsvarme kanskje viktigst av dem alle. Denne er avhengig av temperaturforskjellen mellom vegger, gulv, tak og kropp, og vil være av avgjørende betydning dersom temperaturforskjellen er stor nok.

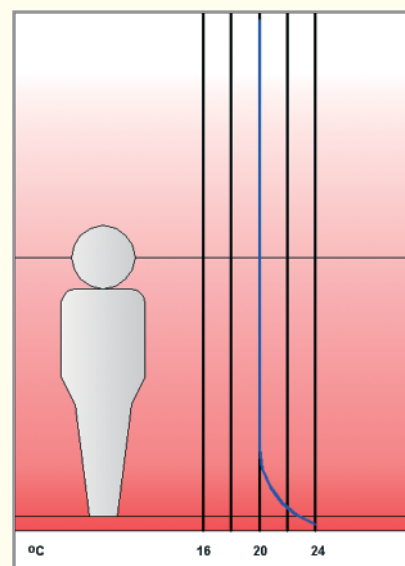
Omtrent 45 % av varmetapet fra kroppen utgjøres av strålningsvarme til omgivelsene. Dette betyr at overflatetemperaturen på vegger, tak og gulv er av vesentlig betydning for komfortfølelsen. Det er videre en sammenheng mellom overflatetemperaturen på flatene og nødvendig romluftstemperatur for å oppnå ønsket komfort.



Idealkurve



Radiatorkurve



Gulvvarmekurve

1.2 Varmetap i bygninger

Alle bygninger, uansett isoleringsgrad har et varmetap til omgivelsene. Hvordan dette varmetapet fordeler seg

er avhengig av bygningskonstruksjonens sammensetting, valg av materialkvalitet og isoleringsevne mot varmetap.

Det varmetapet vi har gjennom de ulike bygningsdelene samt ventilasjon og infiltrasjon må dekkes av et varmetilskudd.

1.2.1 Varmekapasitet

På samme måte som et materiale har en gitt evne til å lede varme, har det også en evne til å lagre varme.

Tunge materialer har ofte den beste evnen til å holde på (lagre) varmen. Evnen til å lagre varme kalles materialets varmekapasitet (c = spesifikk varmekapasitet). Varmekapasiteten har enheten: KJ/kgK. Byggematerialenes

varmekapasitet er avgjørende for hvor godt et hus holder på varmen. Varmekapasiteten angir hvor mye varme som må til for å heve temperaturen i materialet 1K.

Hus med tunge byggematerialer blir ofte betraktet som lite energiøkonomiske på grunn av at det blir vanskelig å få til en hurtig temperaturregulering. Om

vår/høst og sommer kan det derimot være en fordel med et "tungt" bygg, da det lagres varme i konstruksjonen fra solpåvirkning om dagen, som så avgis som varme i bygget om natten når utetemperaturen er lavere. Dette fører til en temperaturutjevning i bygget over døgnet.

HOVEDREGEL:

Tunge bygningskonstruksjoner med innvendige materialer av heltre -tømmer, mur eller betong, har lengre avkjølingstid når varmen slås av, men har også lengre oppvarmingstid på grunn av et større varmebehov for å oppnå ønsket romtemperatur.

1.2.2 Isolering mot varmetap

Generelt:

Ulike materialer har forskjellig varmegjennomgang. Enkelte materialer har god isoleringsevne, mens andre har heller dårlig evne til å redusere varmetapet i bygget.

Isoleringsevnen i et materiale, kjennetegnes ofte ved dets spesifikke

vekt, dvs at et lett materiale har bedre isoleringsevne enn et tyngre. Dette fordi et lett materiale ofte inneholder mye stillestående luft eller luftrom i porer eller lag i materialet, og kun en liten del med faste stoffer, som helt eller delvis er adskilt fra luftlaget. Så lenge vi har et materiale med mye stillestående luft, gir dette en relativt god varmeisolasjon.

Isolasjonsevnen i sammensatte materialer kjennetegnes ved dets U-verdi. De aller fleste kjente konstruksjoner av yttervegger, vinduer eller andre materialer er utprøvet og dokumenteres med dets U-verdi.

1.2 Varmetap i bygninger**1.2.3 U-Verdi og transmisjonsvarmetap i ulike bygningskonstruksjoner**

U-verdien gir uttrykk for den varmeledningsevne som en bygningsdel, eventuelt sammensatt av ulike materialer, har.

En bygningsdel i et bygg består gjerne i en kombinasjon av ulike materialer. Som eksempel kan vi ta en yttervegg, som består dels av tremateriale, isolasjon, papp, luftsikkert og fuktsperre (plastfolie).

Vi kan beregne U-verdien i en hver bygningsdel avhengig av dens

sammensetning, eller vi kan benyttes oss av verdier som er beregnet for ulike standardkonstruksjoner. Metoden for å beregne U-verdier er relativt arbeidskrevende, så vi vil i det etterfølgende benytte oss av standardverdier. Slike verdier finnes tilgjengelig i ulike publikasjoner. Metoden for beregning av U-verdier er blant annet beskrevet i Norsk Standard.

Minstekrav til U-verdier for ulike bygningsdeler er angitt i Byggeforskriftene.

Etter byggeforskriftenes "Teknisk forskrift til plan – og bygningsloven" paragraf §8,2 stilles det krav til et bygg's energibruk. Dette betyr at friheten til å utforme bygningen uten å ta hensyn til effektbehov og energiforbruk i er strid med gjeldende foreskrifter.

1.2.4 Byggets varmetapsramme

Varmetapsrammen beregnes for hele byggets utvendige flater, med bruk av U-verdiene som er oppgitt i nedenstående tabell. Resultatet av beregningen angir byggets netto effektbehov for å dekke

transmisjontapet

I følge bygningsloven skal et bygg ikke kunne overskride rammene for energibehov til oppvarming etter

U-verdier fremsatt i nedenstående tabell. Tabellen benyttes for å beregne varmetapsrammen for et bygg.

Største, gjennomsnittlige U-verdier for ytre bygningsdeler:

Bygningsdel	Innetemperatur og varmegjennomgangskoeffisient			
	$T \geq 20^{\circ}\text{C}$	$15^{\circ}\text{C} \leq T < 20^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C} \leq T < 20^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C} \leq T < 10^{\circ}\text{C}$
Yttervegger*	0,22	0,28	0,4	0,6
Tak, gulv på grunn og gulv mot det fri	0,15	0,2	0,3	0,6
Gulv mot uoppvarmet rom	0,3	0,4	0,5	0,6
Vinduer**	1,6	2,0	3,0	3,0
Glassvegger og glasstak	2,0	2,0	3,0	3,0

*) Yttervegger i uoppvarmet kjeller kan ha $U \leq 0,8$

**) Vinduer i yrkesbygg kan ha $U=2,0$ for $T \geq 20^{\circ}\text{C}$

"Tabellverdiene gjelder så fremt samlet areal av vinduer, glasstak og glassvegger samt ytterdører ikke overstiger 20% av bygningens nettoareal regnet inntil 10m

fra yttervegg for de oppvarmede delene av byggverket".

Det er gitt anledning til å benytte seg av

materialer i deler av bygget med dårligere egenskaper en angitt i tabellen, så fremt varmetapsrammen for bygget ikke overskrides.

1.2 Varmetap i bygninger

1.2.5 Materialets varmekonduktivitet

God eller dårlig isoleringsevne i et materiale, kan også vurderes ut fra materialets varmekonduktivitet λ (lamda). God isolasjonsevne kjennetegnes ved et lavt ledningstall.

Varmetransport gjennom et homogent materiale skjer som varmeledning, hvor mengden av varme er avhengig av materialets λ -verdi.

Tykkelse og totalt areal, samt temperaturforskjellen mellom varm og kald side.

Lambda -verdien benyttes for å beregne varmemotstand (R) og U-verdi for en sammensatt konstruksjon bestående av flere materialer, eller ved vurdering av nødvendig tykkelse for et materiale for å oppnå en ønsket varmemotstand.

Likeledes benyttes disse verdiene for å konstruere eller beregne et gulv's varmeledningsevne og krav til turvannstemperatur når gulvvarme skal installeres.

I nedenforstående tabell er det angitt ulike λ -verdier for noen typiske byggematerialer.

Det henvises til NS 3031 om beregning av U-verdier i bygningskonstruksjoner.

Varmekonduktivitet (λ) i ulike materiale

Materiale	Verdi	Enhet
Vann	0,60	W/mK
Is	2,2	W/mK
Snø	0,23	W/mK
Aluminium	220	W/mK
Glass	0,8	W/mK
Asfalt	0,80	W/mK
Betong	1,7	W/mK
Porebetong	0.08-0.12	W/mK
Gips	1.3	W/mK
Marmor	2.1-3.5	W/mK
Furu i fiberretningen	0.35	W/mK
Furu i vinkel mot fibre	0.14	W/mK
Gran i vinkel mot fibre	0.08	W/mK
Ekspandert polystyrén	0,04	W/mK
Bunden trefiber (sponplate)	0,14	W/mK
Skumplast (Polyuretanplater)	0,032	W/mK
Mineralull (A)	0,040	W/mK
Mineralull (B)	0,045	W/mK
Cellulosefiber	0,08	W/mK
Lettklinker - Løst granulat, gulv på grunn, drenert	0,13	W/mK
Lettklinker, element (Leca)	0,23	W/mK
Gulvbelegg	0,2	W/mK
Plastmembran	0,175	W/mK
Glaserte fliser	1,0	W/mK

1.3 Beregning av bygningens effektbehov

Bygningens samlede effektbehov til oppvarming er:

$$Q = \sum Q_t + Q_v + Q_i = (\text{Watt})$$

Hvor:

Q_t = Transmisjonstap i Watt

Q_v = Ventilasjonstap i Watt

Q_i = Infiltrasjonstap i Watt

For å kunne bestemme hvilken kjeleeffekt vi må ha i et varmeanlegg, må vi kjenne til hvilket effektbehov vi har på de kaldeste dagene. Vi må da kjenne til størrelsen på de dimensjonerende

forholdene i bygget og på stedet hvor bygget skal oppføres.

Bygningens effektbehov finner vi ved å multiplisere de ulike bygningsdelenes U-verdi og areal med temperaturdifferansen

mellom kald og varm side. I tillegg kommer bygningens infiltrasjons og ventilasjonstap.

1.3.1 Transmisjonstap

Transmisjonstapet i bygningen beregnes etter formelen:

$$Q_t = \sum (U\text{-verdi} \cdot \text{Areal} \cdot \Delta T) = (\text{Watt})$$

Hvor:

Q_t = Transmisjonstap i Watt

$U\text{-verdi}$ = $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

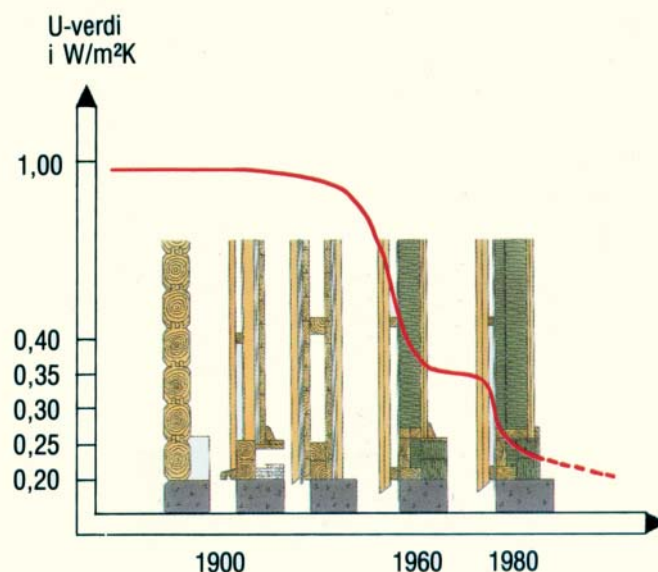
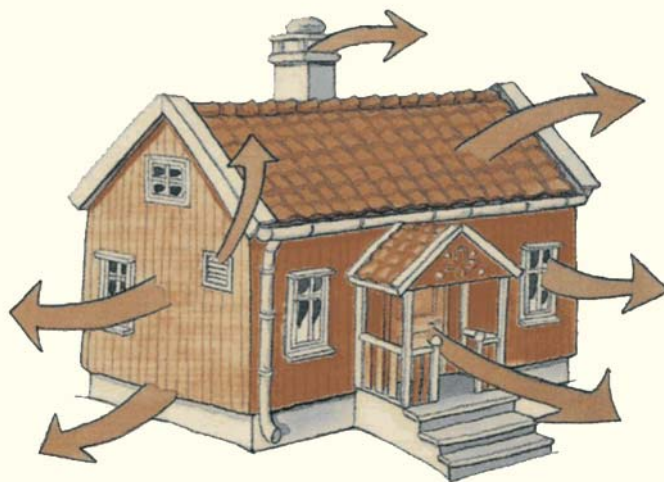
ΔT = Romtemperatur – DUT

DUT = Stedets dimensjonerende utetemperatur.

Romtemperaturen i et bygg er normalt forskjellig avhengig av de ulike rommenes bruksområde. Hvilken romtemperatur vi skal benytte oss av, kan

vi finne i NS 3031 eller i tabeller fra ulike publikasjoner hvor slike verdier er lagt til grunn. Dimensjonerende utetemperatur er stedbundet og justeres fortløpende ved

endringer i de meteorologiske dataene.



1.3 Bergning av bygningens effektbehov

Vi har ikke bare varmetap gjennom de ulike konstruksjonene i bygget. Ventilasjonen i bygget utgjør også en

energifaktor som vi må ta hensyn til. Hvor stort varmetap vi har p.g.a ventilasjonen avhenger av hvordan

ventilasjonsanlegget er utført, og hvor stort luftskifte vi har i bygningen.

1.3.2 Ventilasjonstap

I bygninger uten balansert, mekanisk ventilasjon vil en stor del av luftfornyelsen skje gjennom ventiler i ytterveggen, sprekker mellom viduer og dører, samt lekkasjer i bygningskonstruksjonen forøvrig.

I nye og eldre bygg uten mekanisk avtrekk, kan vi benytte en ventilasjonsgrad på ca 0,5-1 ganger romvolumet i luftskifte pr. time, som fordeles på de rom hvor frisklufttilførsel antas å skje.

Dersom mekanisk ventilasjon skal installeres er det ventilasjonskapasiteten (viftekapasitet) som bestemmer luftskiftet i boligen.

Hvor mekanisk ventilasjon skal monteres, må luftmengder og eventuell virkningsgrad på gjenvinningen være kjente størrelser.

Ventilasjonstapet i bygningen beregnes etter formelen:

$$Q_v = \frac{L_i \cdot (t_i - t_u)}{3,0 \cdot \eta_v} = (\text{Watt})$$

Hvor:

Q_v = Ventilasjonstap i Watt

L_i = Luftmengde i m³/t

t_i = Romtemperaturen

t_u = Uteluft-temperaturen ved DUT

η_v = Virkningsgrad på gjenvinner.

Uten gjenvinner settes denne verdien lik 1.

1.3.3 Infiltrasjonstap

Infiltrasjonstap kommer i tillegg til ventilasjonstapet og er tap som følge av utilsiktet ventilasjon. Alle bygg har en større eller mindre grad av

ukontrollerte luftlekkasjer. Graden av utilsiktet ventilasjon er relatert til hvor vidt bygningen ligger utsatt til for vær og vind eller ikke. Det skilles mellom

et bygg som ligger skjermet, fri eller utsatt til. Verdiene som oppgis i tabellen må oppfattes som orienterende og gjennomsnittlige.

Verdiene oppgis som faktor for økning i luftskiftet i rommet.

Beliggenhet	Bygningens avskjerming	Tillegg i antall luftskifte pr. time. Rommets kategori	
		Gunstig**	Ugunstig*
Innlandsområder og indre fjordstrøk med moderate vindforhold	Skjermet	0,0	0,0
	Fri	0,0	0,1
	Utsatt	0,1	0,2
Utsatte innlandstrøk, kyststrøk på Sørlandet og ved ytre Oslofjord, midtre kyststrøk på Vestlandet og i Nord-Norge	Skjermet	0,1	0,2
	Fri	0,2	0,3
	Utsatt	0,3	0,4
Ytre kyststrøk på Vestlandet og i Nord-Norge. Høyfjellstrøk	Skjermet	0,2	0,3
	Utsatt	0,3	0,5
	Fri	0,4	0,7

*) når rommet har vindu eller ytterdør i to eller flere forskjellig orienterte fasader eller vendt mot eventuell fremherskende hovedvindretning.

**) alle andre rom med ytterdør eller vindu.

1.4 Dimensjonerende temperaturer og tallverdier**1.4.1 Dimensjonerende innetemperatur for oppvarmede rom**

Tabellen nedenfor viser aktuelle temperaturer i oppvarmede rom i en bolig:

Romtype	Temperatur	Enhet
1. Boliger, hoteller og lignende		
1.1 Stuer, soverom, kjøkken, hobbyrom, ganger, trapperom i boliger og hoteller,	20	°C
1.2 Baderom	25	°C
1.3 Trapperom og felles korridorer i boligblokker. Disse rommene kan være uoppvarmet. Dette gjelder rom som er lite brukt. (branntrapperom)	15	°C
1.4 Vindfang kan være oppvarmet etter de krav som det er naturlig å stille til vindfangets funksjon.		
2. Kontorer, skoler, sykehjem og lignende		
2.1 Allminnelige forretningslokaler	20	°C
2.2 Klasserom, spesialrom, gymnastikksaler, forsamlingslokaler	20	°C
2.3 Trapperom og korridorer i skoler og forsamlingslokaler	15	°C
2.4 Korridorer i kontorbygninger	20	°C
2.5 Garderober og toalettavdelinger	20	°C
2.6 Sykerom	20	°C
2.7 Operasjonsstuer	25-30	°C
2.8 Røngten-, terapi- og behandlingsrom ¹⁾	25	°C
2.9 Skyllerom, kjøkken og lignende i sykehus	15	°C
1) For spesialrom bør det alltid konfereres nærmere om temperaturen.		
3. Industribygg		
3.1 Rom for lettere arbeid	20	°C
3.2 Rom for tyngre arbeid	10-18	°C
3.3 Støperier, smier, plateverksteder	10-18	°C
4. Forskjellige bygningstyper		
4.1 Kirker og utstillingslokaler	10-18	°C
4.2 Museer	15-20	°C
4.3 Teatre, kinoer, restauranter og kafeer	20	°C
4.4 Idrettshaller	18-20	°C

1.4 Dimensjonerende temperaturer og tallverdier

1.4.2 Tabell for akkumulerte graddager og dimensjonerende utetemperatur

GD = Graddager
 DUT = Dimensjonerende utetemperatur
 SONE = Geotermisk område for grunnvannstemperatur
 TEMP = Årsmiddeltemperatur

Sted	GD v/20°C	DUT	Sone	Temp.
Alvdal	5287	-35	A	1.4
Asker	3943	-21	C	5.4
Alta	5240	-22	A	1.7
Bardufoss	5165	-29	A	1.2
Bergen	2882	-10	C	7.8
Bjugn	3433	-13	B	5.0
Bodø	4096	-13	A	4.6
Brønnøysund	3619	-14	B	5.8
Modum	4120	-25	C	4.8
Bygland	3743	-21	B	5.7
Bø i Vesterålen	4073	-11	B	4.7
Dagali Hol Buskerud	5523	-26	A	1.0
Dalen Telemark	3942	-21	B	5.3
Dovre	6402	-30	A	-0.5
Dombås	5198	-28	A	1.7
Drammen	4128	-25	C	4.9
Drangedal	3778	-25	B	5.8
Eggemoen Jevnaker	4429	-27	B	3.9
Eidsberg Vestfold	3898	-21	C	5.4
Fauske	4291	-19	A	4.1
Flisa	4499	-30	B	3.7
Fornebu	3639	-19	C	6.4
Frøya	3324	-13	C	6.5
Førde	3572	-17	C	6.0
Gardemoen	4298	-25	C	4.3
Grimstad	3166	-18	C	7.4
Geilo	5506	-26	A	1.0
Grong N.Trøndelag	4330	-22	A	4.0
Gvarv Telemark	3995	-27	B	5.0
Hvam Skedsmo	4237	-26	C	4.4
Hamar	4384	-26	B	3.7
Halden	3871	-24	C	5.5
Hatfjelldal	5274	-31	A	1.5
Horten	3534	-18	C	6.5
Hisøy A.Agder	3131	-18	C	7.4
Indre Matre Hordaland	3018	-8	C	7.4
Ingøy Finnmark	5125	-10	A	3.0
Karasjokk	6404	-42	A	-1.5
Kautokeino	6603	-37	A	-2.0

1.4 Dimensjonerende temperaturer og tallverdier

Sted	GD v/20°C	DUT	Sone	Temp.
Karmøy	2833	-11	C	7.8
Kinn i S & F	2899	-9	B	7.6
Klepp	3026	-15	C	7.4
Kongsberg	4132	-23	B	4.8
Kongsmo V. Agder	3776	-14	C	5.4
Koppang-Øyest	5034	-29	A	2.1
Kragerø	3287	-19	C	7.2
Kristansand	3232	-20	C	7.2
Kristiansund	3210	-9	B	6.8
Kirkenes	5506	-30	A	0.9
Kamskogen i Kavm	4152	-15	B	4.4
Leikanger	3270	-14	B	7.0
Lillehammer	4647	-25	B	3.3
Lista Fyr	2962	-18	C	7.6
Luster	4348	-18	C	4.0
Lyngda i Nummedal	4408	-22	B	3.9
Lærdal	3558	-16	C	6.1
Mandal	3266	-19	C	6.9
Mehamn i Finnmark	5482	-21	A	2.0
Meløy i Nordland	3875	-14	A	5.2
Meråker	4362	-22	A	3.9
Modum	4120	-24	B	4.8
Modalen i Hordaland	3704	-14	B	5.7
Mo i Rana	4579	-20	B	3.4
Molde	3478	-18	C	6.1
Nyken i Nordland	3599	-9	B	5.9
Målselv	5474	-23	A	1.2
Narvik	4439	-27	A	3.8
Namsos	3904	-20	B	5.2
Nesbyen i Buskerud	4767	-28	B	2.9
Nordfjordeid	3516	-13	B	6.1
Nordli N.Trøndelag	5404	-33	A	1.1
Nordøyan Fyr N.Trønd.	3511	-13	B	6.0
Odda	5999	-23	A	0.6
Ona i M&R	3048	-8	B	7.2
Oslo Blindern	3774	-20	C	5.9
Oslo Tryvannshøgda	4453	-24	C	3.7
Porsanger	5279	-17	A	7.1
Rena Åmot	4896	-31	A	2.6
Rendalen	4786	-28	A	2.8
Rognan	4746	-22	B	2.9
Runde i M&R	2896	-8	B	7.6
Rustefjella	5811	-37	A	0.1
Rygge i Østfold	3779	-22	B	5.8
Røros	5654	-40	A	0.5
Røst	3746	-7	B	5.6
Råde i Østfold	3691	-21	C	6.0

1.4 Dimensjonerende temperaturer og tallverdier

Sted	GD v/20°C	DUT	Sone	Temp.
Sarpsborg	3658	-24	C	6.1
Sauda	3506	-19	B	6.2
Selbu S.Trøndelag	4135	-19	A	4.5
Skotterud	4178	-25	B	4.6
Siccajare	6726	-37	A	2.3
Sola	3000	-13	C	7.4
Stavanger	2945	-12	C	7.6
Steinkjer	3894	-19	B	5.2
Snåsa	4536	-27	A	3.4
Sunndal	4169	-20	B	4.4
Stokke i Vestfold	3820	-22	C	5.6
Stryn	3596	-19	B	6.6
Svene i Buskerud	4483	-27	B	3.7
Svolver	3692	-9	B	5.0
Tafjord i M&R	3104	-13	B	7.2
Tana	5686	-27	A	0.5
Tingvoll i M&R	3689	-19	B	5.7
Tjøme	3154	-17	C	7.5
Tonstad i V.Agder	3467	-18	C	6.4
Tromsø	4801	-12	B	2.9
Trysil	4992	-27	A	2.2
Trondheim	4003	-19	B	4.9
Tvedestrand	3156	-18	C	7.5
Tynset	5644	-38	A	0.4
Ullensvang	3282	-15	B	6.9
Vadsø	5682	-19	A	2.9
Vardø	5615	-20	A	1.6
Vangsnes i S&F	3262	-13	A	6.9
Vega	3570	-13	B	5.9
Vestvågøy i Nordland	3961	-10	B	5.0
Vinstra	4856	-30	B	2.7
Voss	3719	-23	B	5.6
Værnes	3846	-19	B	5.3
Levanger	3842	-19	B	5.3
Ørsta	3386	-13	B	6.5
Ørland	3563	-15	B	5.9
Ålesund	2936	-10	C	7.5
Åndalsnes	3446	-16	C	6.3
Ås	3903	-22	C	5.5

