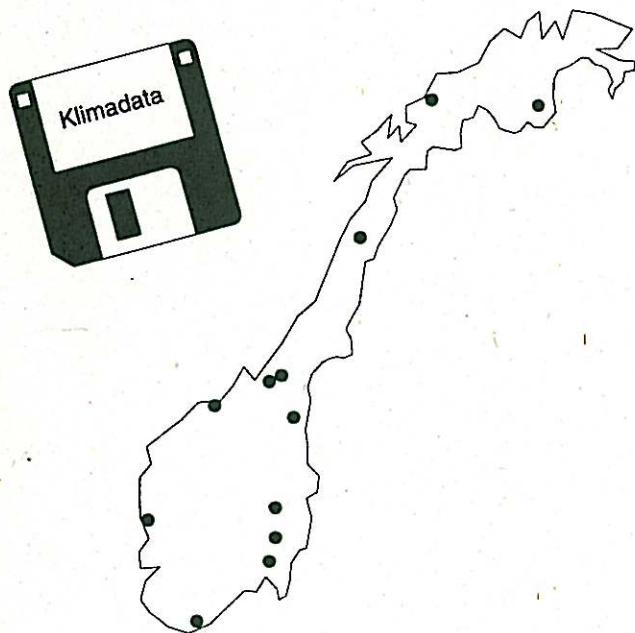


Stig Geving og Sven Erik Torgersen

Klimadata for fukt- beregninger

Referanseår for 12 steder i Norge og klima-
data for konstruksjoner mot grunnen



BYGGFORSK
Norges byggforsk-
ningsinstitutt

NTNU
Institutt for bygg-
og anleggsteknikk

Stig Geving og Svein Erik Torgersen

Klimadata for fukt- beregninger

Referanseår for 12 steder i Norge og klima-
data for konstruksjoner mot grunnen

Prosjektrapport 227 – 1997

Prosjektrapport 227

Stig Geving og Svein Erik Torgersen

Klimadata for fuktberegninger

Referanseår for 12 steder i Norge og klimadata for konstruksjoner mot grunnen

ISSN 0801-6461

ISBN 82-536-0594-3

100 eks. trykt av
S. E. Thoresen as
Resirkulert papir:
omslag Cyclus 200 g
innmat Fortuna 100 g

© Norges byggforskningsinstitutt 1997

Adr.: Forskningsveien 3B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 00
Faks: 22 69 94 38/salg: 22 96 55 08
Trondheimsavdelingen
adr.: Høgskoleringen 7
7034 TRONDHEIM
Tlf.: 73 59 33 90
Faks: 22 59 33 80

Emneord:

Fukttransport
Yttervegg
Tak
Golv på grunnen
Klimadata
Fuktberegninger

FORORD

Denne rapporten handler om arbeid som er gjennomført i det strategiske teknologiprogrammet «Fukt i bygningsmaterialer og konstruksjoner». Programmet gjennomføres i perioden 1993 – 1997 i et samarbeid mellom Norges byggforskninginstitutt (Byggforsk) og Institutt for bygg- og anleggsteknikk, Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Programmet er i hovedsak finansiert av Norges forskningsråd, med tillegg av egeninnsats og investeringsmidler fra de utførende institusjonene.

Programmet er organisert i følgende prosjekter:

0. Generelt prosjektarbeid og ledelse
1. Litteraturundersøkelse
2. Fuktmekanikk
3. Beregningsprogrammer
4. Materialelegenskaper
5. Verifisering
6. Dr.ing.-studier
7. Internasjonalt samarbeid

Arbeidet i denne rapporten er utført i prosjekt 3 «Beregningsprogrammer».

Trondheim/Oslo, oktober 1997

Stig Geving

Svein Erik Torgersen

INNHold

	FORORD	3
1	INNLEDNING	5
2	REFERANSEÅR FOR FUKTBREGNINGER	6
2.1	Bakgrunn	6
2.2	Grunnlagsdata data fra Det Norske Meteorologiske Institutt	6
2.3	Metode for valg av referanseår for fuktberegninger	7
2.4	Referanseår for 12 steder i Norge	10
3	KONSTRUKSJONER MOT GRUNNEN. KLIMADATA FOR FUKTBREGNINGER	14
3.1	Bakgrunn	14
3.2	Beregningsforutsetninger	14
3.3	Golv på grunnen i terrengnivå	15
3.4	Kjeller	17
3.5	Jordtemperaturer for andre steder i landet. Omregning	21
4	REFERANSER	23
	VEDLEGG	
	– Månedsgjennomsnitt for MDRYs	25
	– Diskett med 12 timesbaserte MDRY i nøytralformat, separat vedlegg	

1 INNLEDNING

Fuktskader i bygninger og bygningskonstruksjoner er et velkjent problem for byggebransjen. For utvendige konstruksjoner er det anslått at ca. 75 – 90% av alle bygningskader i større eller mindre grad er forårsaket av fukt. Dårlige fukttekniske løsninger er en dominerende årsak til tradisjonelle fuktskader. Fukt kan forårsake problemer som f.eks. råte, muggvekst, korrosjon, emisjon av skadelige stoffer og frostskafer, og vil derfor kunne påvirke både den strukturelle sikkerheten, bestandigheten, utseendet til bygningskonstruksjoner og helsemessige aspekter i bygninger.

Med denne bakgrunnen er det klart at behovet for metoder og regnetekniske hjelpemidler til å foreta fuktmessig evaluering av nye og eksisterende konstruksjoner er stort. I løpet av de senere årene er det blitt tilgjengelig mange beregningsprogrammer for fuktteknisk analyse av bygningskonstruksjoner. En gjennomgang og presentasjon av generelle prinsipper for fuktteknisk analyse av bygningskonstruksjoner vha. beregningsprogrammer er gitt i (Geving, 1997). I (Hens, 1996) presenteres en oversikt over 37 eksisterende beregningsprogrammer. Disse programmene har forskjellig kompleksitet og gyldighetsområde. De mest avanserte kan simulere de kombinerte prosessene av dampdiffusjon, kapillær væsketransport, damptransport ved luftkonveksjon (tvungen og naturlig) og varmetransport ved konduksjon, stråling, latent varme og entalpitransport i to dimensjoner. De kommersielt tilgjengelige beregningsmodellene er derimot vanligvis mer forenklede modeller, som f.eks. MATCH (Pedersen, 1990), 1D-HAM (Hagetoft, 1993) og WUFI (Künzel, 1995) som alle er en-dimensjonale modeller.

For å gjøre en slik fuktteknisk beregning av en utvendig bygningskonstruksjon behøves klimadata som representerer det geografiske området hvor den aktuelle bygningen er lokalisert. I denne rapporten presenteres derfor klimadata til fuktberegninger på times- og månedsbasis, fremskaffet for 12 forskjellige steder i Norge. I tillegg presenteres spesielle klimadata på månedsbasis for konstruksjoner mot grunnen, som f.eks. kjellervegger og plate-på-mark-konstruksjoner.

2 REFERANSEÅR FOR FUKTBREGNINGER (MDRY)

2.1 Bakgrunn

For å gjøre fukttekniske beregninger av en utvendig bygningskonstruksjon trenger vi klimadata for det geografiske området der den aktuelle bygningen befinner seg. Slike klimadata gis vanligvis i form av såkalte «referanseår». Et referanseår er en oppsummering av det utvendige klimaet for et spesielt sted eller region, vanligvis gitt som en datafil med timeverdier for de viktigste klimaparametrene. Referanseår brukes i mange forskjellige forbindelser. I bygnings-simulering har det vanligste bruksområdet hittil vært i forbindelse med energiberegninger. For energiberegninger er det viktig at referanseåret representerer det «gjennomsnittlige» klimaet, inkludert dimensjonerende perioder. De fleste metodene for å lage såkalte «Test Reference Year» (TRY) og «Design Reference Year» (DRY) har reflektert dette synspunktet (Skartveit m.fl., 1994).

Selv om mye arbeid har vært lagt ned i produksjon av disse energi-fokuserte TRYs og DRYs, er det ingen selvfølge at de kan brukes til fuktregninger av bygningskonstruksjoner. I forbindelse med fuktregninger bør referanseåret representere en mer kritisk belastning på konstruksjonen enn «gjennomsnittsåret», for å kunne gi det ønskede sikkerhetsnivået mot fuktskader. Det konstruerte eller valgte referanseåret for et sted eller region kalles «Moisture Design Reference Year» (MDRY).

2.2 Grunnlagsdata fra Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI)

Metoden for å velge MDRY (Moisture Design Reference Year) som er blitt benyttet i denne rapporten (se kap 2.3), baserer seg på at klimadata for mange år for et sted vurderes, og ett av disse årene velges ut som MDRY. Det behøves derfor pålitelige klimadata for så mange år som mulig fra det aktuelle stedet. Vi har valgt å bruke målte klimadata fra 12 av DNMI's klimastasjoner. Dataene fra DNMI er såkalte hovedobservasjoner som tas kl. 07, 13 og 19 norsk normaltid. Noen få stasjoner gjør også målinger kl. 01. Ved valg av aktuelle steder i Norge er det forsøkt gjort et utvalg som skal dekke de aktuelle klimavariasjonene i Norge på en best mulig måte. Tabell 2.2 viser hvilke klimastasjoner data er anskaffet fra, og hvilke år utvelgelsen av MDRY er gjort for.

Tabell 2.2

De 12 klimastasjonene data er anskaffet fra og hvilke år utvelgelsen av MDRY er gjort for

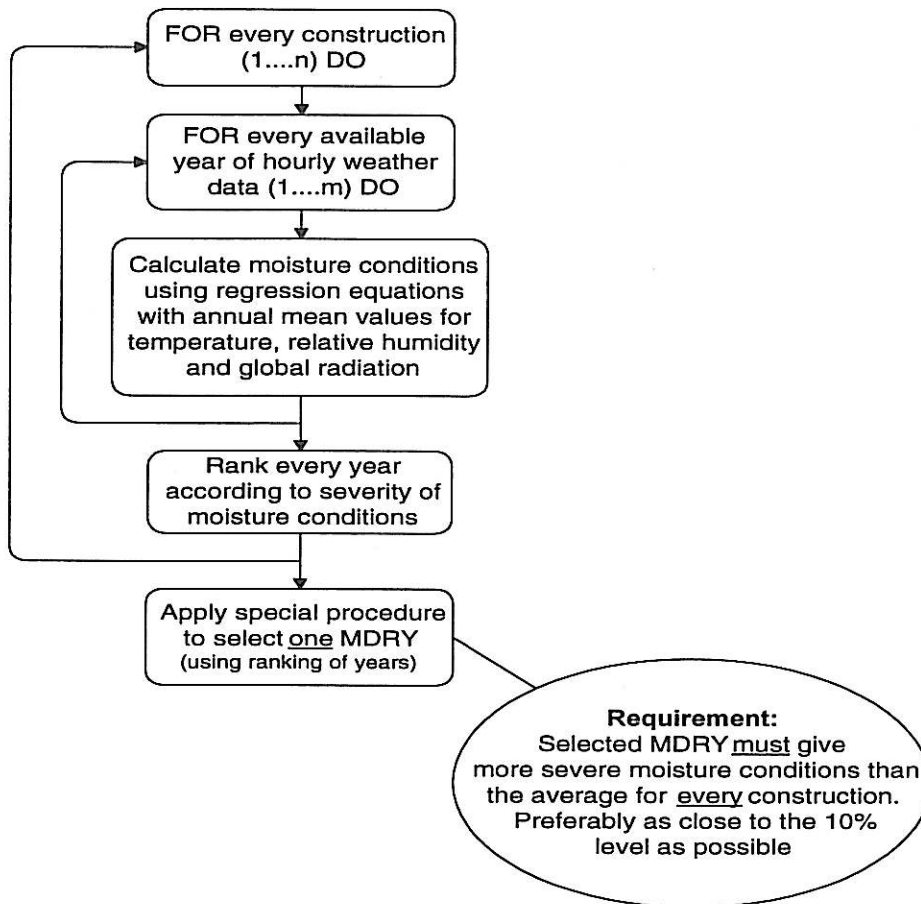
Stasjoner	Stasjonsnr.	År	Breddegrad (grader min)	Lengdegrad (grader min)
Karasjok	9725	1965 – 94	69.28	25.30
Tromsø	9045	1965 – 94	69.39	18.55
Mo i Rana (Nerdal)	7940	1967, 1969 – 85, 1988	66.16	13.59
Værnes	6910	1965 – 94	63.27	10.56
Trondheim (Tyholt)	6817	1966 – 81	63.25	10.26
Røros	1040	1965 – 94	62.34	11.23
Kristiansund N	6426	1961 – 75	63.07	7.45
Bergen	5054	1975 – 94	60.23	5.20
Kise på Hedmark	1255	1961 – 80	60.46	10.48
Gardermoen	0478	1965 – 94	60.12	11.04
Oslo (Blindern)	1870	1975 – 94	59.56	10.43
Kristiansand (Kjevik)	3904	1965 – 94	58.12	8.04

2.3 Metode for valg av referanseår for fuktberegninger

Et referanseår kan bestå av konstruerte datasett, som f.eks. datasett fra hele måneder som settes sammen til et fullt år. I forbindelse med data til fuktberegninger foretrekker man derimot å bruke reelt observerte datasett for et helt år, dvs. problemet med å finne en MDRY er å identifisere hvilket år som er kritisk mht. fuktberegninger.

Ett av de vanskeligste problemene med å spesifisere en MDRY for et sted er at forskjellige typer konstruksjoner oppfører seg fuktmessig forskjellig når de utsettes for forskjellige typer klimabelastninger. Kritisk forhold for en type konstruksjon er kanskje lav utetemperatur gjennom vinteren, mens det for en annen konstruksjon kan være små mengder solstråling i løpet av våren og sommeren. Dette betyr at et klimaår som er kritisk for én konstruksjon kanskje ikke er kritisk for en annen. Som utvalgskriterium har vi valgt å finne et referanseår som er relativt kritisk for flest mulige konstruksjoner. Metoden som ble brukt for å velge ut MDRYs, er beskrevet nærmere i (Geving, 1997). En kort beskrivelse gis i det følgende.

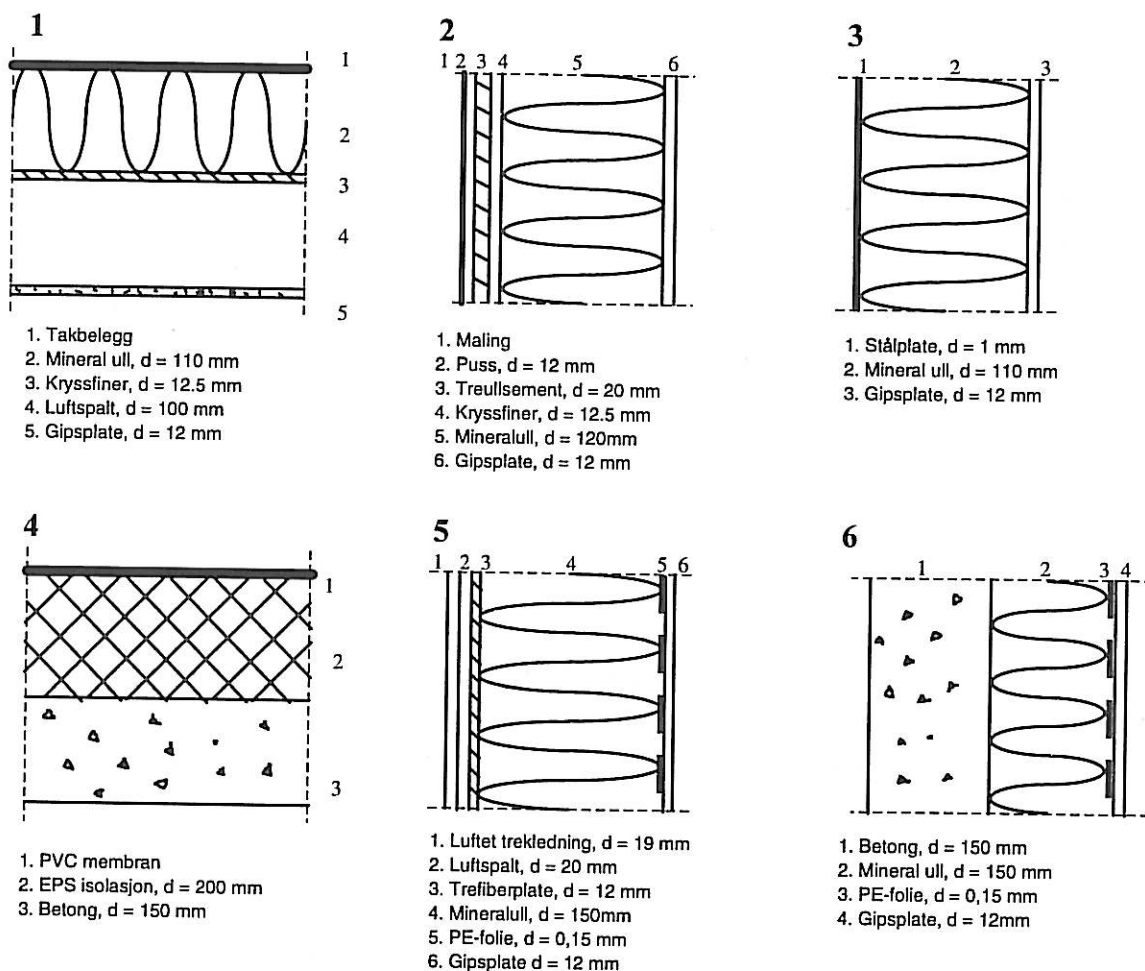
Metoden bruker fuktforholdene i noen godt definerte konstruksjoner som kriterium for valg av en MDRY med returperiode på omtrent 10 år. En slik MDRY vil representere en «kritisk» fuktbelastning på konstruksjonen som opptrer omtrent én gang hvert tiende år. Et år med en returperiode på nøyaktig 10 år kalles også for et «10 % år». Tilsvarende vil et år med en returperiode på 20 år kalles et «5 % år» og en returperiode på 100 år for «1 % år». Med mange år med tilgjengelige klimadata på timesbasis beregnes fuktforholdene i flere typer konstruksjoner vha. et pålitelig fuktberegningsprogram. Hvert år beregnes separat, slik at det er mulig å vurdere effekten på fuktforholdene av et spesifikt år. Ved å evaluere resultatene for hver undersøkt konstruksjon er det mulig å velge en MDRY. I denne rapporten er derimot et mer forenklet konsept brukt, hvor det faktumet at det er en sterk korrelasjon mellom fuktforholdene i en konstruksjon og årlige gjennomsnittsverdier for uteluftas relative fuktighet og temperatur er benyttet. Det vil si at man kan unngå å bruke beregningsprogrammer, og heller kan benytte forenklede regresjonsligninger for å vurdere effekten på fuktforholdene av et spesifikt år. Se ellers (Geving, 1997) for flere detaljer. Konseptet for metoden er illustrert i figur 2.3 a.



Figur 2.3 a

Illustrasjon av metode for å velge en timesbasert MDRY for et spesifikt sted

Utvelgelsen av MDRY er basert på bruk av to forskjellige fuktkriterier, beregnet vha. Regresjonsligninger, hvor de variable er årlige gjennomsnittsverdier for lufttemperatur, relativ fuktighet og globalstråling. De to fuktkriteriene er: 1) «MC-Avg» og 2) «MC-Max». «MC-Avg» representerer det gjennomsnittlige totale fuktinnholdet (kg/m^2) av hele konstruksjonen i løpet av et år, og «MC-Max» representerer det maksimale fuktinnholdet i det eventuelle hygroskopiske laget utenfor isolasjonen, eller den ytterste delen av isolasjonen i løpet av beregningsperioden. De aktuelle konstruksjonene som hver av disse kriteriene evalueres for, er vist i figur 2.3 b.



Figur 2.3 b

De seks konstruksjonstypene som er brukt i utvelgelsen av MDRY. Materiallagene er nummerert utenfra.

Det er flere begrensninger heftet til gyldigheten og bruken av MDRYs, utvalgt etter overnevnte metode:

1. Slagregnets virkning på konstruksjonene er ikke vurdert i utvelgelsen av MDRY, dvs. at den valgte MDRY trolig ikke er kritisk mht. slagregnsbelastning.
2. Den valgte MDRY bør ikke brukes for konstruksjoner med et damp tett utvendig lag, når innvendig luftfuktighet samtidig er gitt som konstant relativ fuktighet over året.
3. Det bør bemerkes at den valgte MDRY også i visse andre spesialtilfeller ikke nødvendigvis vil representere et kritisk år mht. fuktbelastning. Eksempler på dette er ved beregning av kondens på utvendig overflate og ved vurderinger av effekt av sommerkondensasjon (fukt fra utvendig flate som drives innover i konstruksjonen pga. sterk solstråling).
4. Det må også bemerkes at metoden for valg av MDRY bare er evaluert for en-dimensjonale tilfeller og tilfeller uten luftstrømning.

2.4 Referanseår for 12 steder i Norge

Timesbaserte MDRYs

Tabell 2.4 a viser hvilke år som er valgt som MDRY for de 12 stedene i Norge vha. metoden beskrevet i kapittel 2.3. En diskett som inneholder de 12 timesbaserte MDRYs i et nøytralformat, er gitt som vedlegg til rapporten. I tabell 2.4 b vises formatet til klimafilene på nøytralformat. Siden de timesbaserte klimafilene bygger på hovedobservasjoner fra DNMI (3 – 4 målinger i døgnet), er lineær interpolasjon benyttet mellom tidspunktene kl. 07, 13, 19 og 01. Global-, diffus- og direkte solstråling er estimert ut fra verdier for skydekkefaktor. Se ellers (Geving, 1995) for detaljer om bearbeiding til timesdata og strålingsdata. Vindretning er interpolert etter en spesiell metode slik at korrekte retninger oppnås. I DNMI's målinger er nedbør målt to ganger i døgnet (kl. 07 og 19). Det vil si at nedbør målt kl. 07 har falt i perioden kl. 19 – 07, mens nedbør målt kl. 19 har falt i perioden kl. 07 – 19. I de timesvise klimafilene er derfor nedbørsmengden målt kl. 07, fordelt jevnt over tiden kl. 20 – 07, mens nedbørsmengde målt kl. 19, er fordelt jevnt over tiden kl. 08 – 19.

Metoden for å velge MDRY som beskrevet i kapittel 2.3, er basert på at det velges ut et år som har en returperiode så nært som mulig 10 år for flest mulig konstruksjoner. Det aksepteres imidlertid at den valgte MDRY for enkeltkonstruksjoner kan ha en returperiode ned mot 2 år (i praksis vil dette gjelde maksimalt én eller to av de seks konstruksjonene vist i figur 2.3 b). Som en tilleggsinformasjon vises derfor i tabell 2.4 c og 2.4 d anslått returperiode som de forskjellige MDRY gir for de seks konstruksjonene.

Tabell 2.4 a

MDRY for 12 steder i Norge, hvilket år det tilsvarer og hvilket navn klimafilen (som finnes på vedlagt diskett) har fått.

Stasjoner	Stasjonsnr.	År	filnavn
Karasjok	9725	1976	karasj_m.dry
Tromsø	9045	1971	tromso_m.dry
Mo i Rana (Nerdal)	7940	1979	moiran_m.dry
Værnes	6910	1968	vaerne_m.dry
Trondheim (Tyholt)	6817	1971	trondh_m.dry
Røros	1040	1985	roeros_m.dry
Kristiansund N	6426	1961	kris_N_m.dry
Bergen	5054	1991	bergen_m.dry
Kise på Hedmark	1255	1972	kise_m.dry
Gardermoen	0478	1972	garder_m.dry
Oslo (Blindern)	1870	1991	oslo_m.dry
Kristiansand (Kjevik)	3904	1967	kris_S_m.dry

Tabell 2.4 b

Format til MDRY klimafilere i nøytralformat

Nr	Parameter	Enhet	Frekv.	Form
1	Nasjonalt stasjonsnummer		h	15
2	År		h	15
3	Måned		h	13
4	Dag (i mnd)		h	13
5	Time		h	13
6	Luftrykk ved stasjonsnivå	mb x 10	h	16
7	Lufttemperatur	°C x 10	h	15
8	Relativ fuktighet	%	h	14
9	Vindretning	°	h	14
10	Vindhastighet	m/s x 10	h	14
11	Skydekke	0-80	h	13
12	Globalstråling	W/m ²	h	14
13	Diffus stråling	W/m ²	h	14
14	Direkte stråling (hor. flate)	W/m ²	h	14
15	Nedbør	mm x 100	h	14
16	Minimumstemperatur siste 12 timer	°C x 10	7 & 19	15
17	Maximumstemperatur siste 12 timer	°C x 10	7 & 19	15
18	Snødybde	cm	7	14

Tabell 2.4 c

Returperiode som de forskjellige MDRY gir for de seks konstruksjonene. De gitte tallene er bare ment som en veiledning. Gjelder for utvelgelseskriterium «MC-Avg»

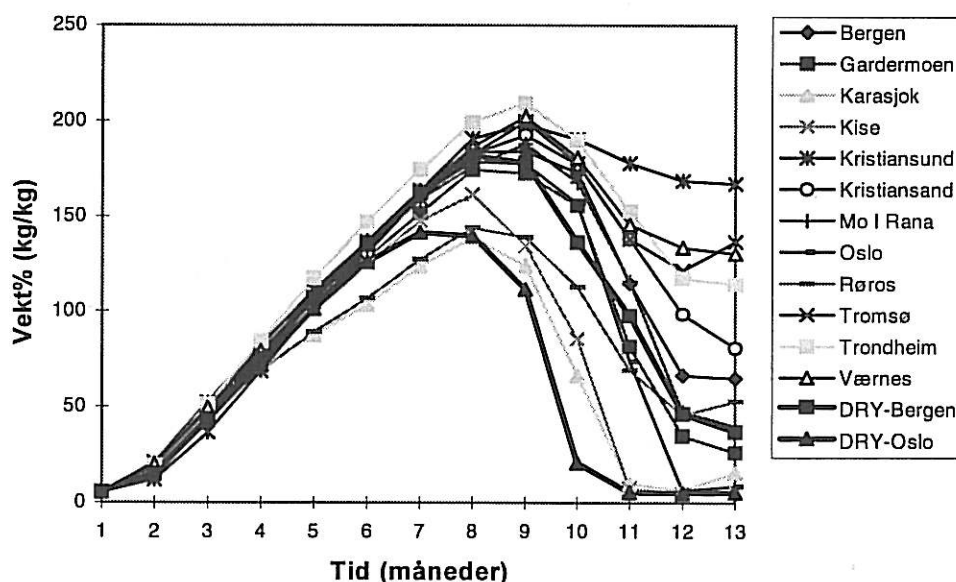
	Returperiode (år)					
	Konstr. 1	Konstr. 2	Konstr. 3	Konstr. 4	Konstr. 5	Konstr. 6
Karasjok	5	8	15	3	10	10
Tromsø	8	4	15	10	15	15
Mo i Rana	19	19	19	19	19	19
Værnes	10	30	30	5	30	30
Trondheim	15	15	15	15	15	15
Røros	10	30	30	30	10	6
Kristiansund N	14	14	14	14	14	14
Bergen	18	9	7	10	8	6
Kise	20	20	7	20	20	20
Gardermoen	15	8	10	15	15	10
Oslo	9	4	6	11	11	13
Kristiansand	10	10	10	8	10	10

Tabell 2.4 d

Returperiode som de forskjellige MDRY gir for de seks konstruksjonene. De gitte tall er bare ment som en veiledning. Gjelder for utvelgelseskriterium «MC-Max»

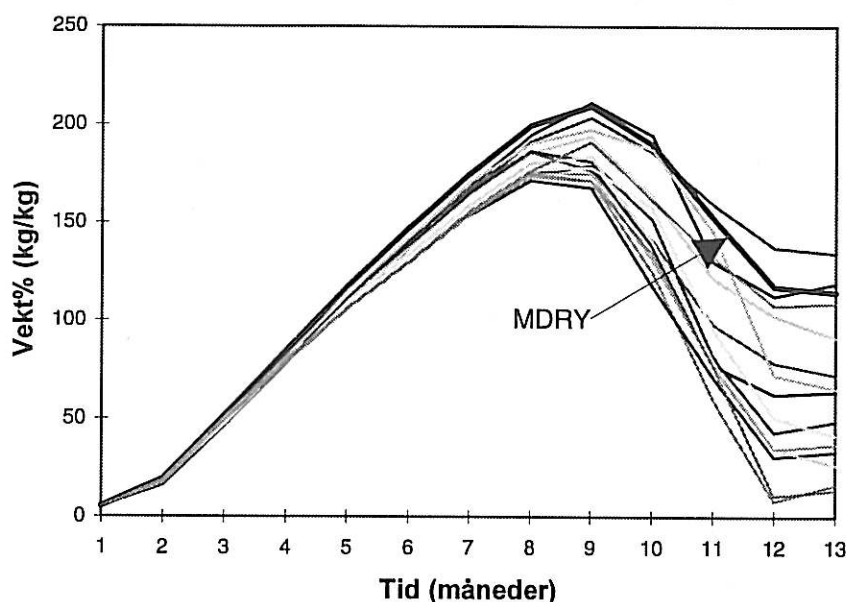
	Returperiode (år)					
	Konstr.1	Konstr. 2	Konstr. 3	Konstr. 4	Konstr. 5	Konstr. 6
Karasjok	30	15	30	30	30	10
Tromsø	30	8	30	30	15	15
Mo i Rana	19	19	19	19	19	19
Værnes	30	30	30	30	30	30
Trondheim	15	15	15	15	15	15
Røros	15	30	30	30	5	5
Kristiansund N	2	14	4	5	14	14
Bergen	13	11	7	10	8	6
Kise	3	7	5	5	20	20
Gardermoen	3	6	6	8	5	8
Oslo	5	3	5	5	6	4
Kristiansand	5	8	8	8	10	10

Figur 2.4 a viser et eksempel hvor fuktberegninger for en konstruksjon er sammenlignet for de 12 valgte MDRYs. Det kan observeres en forholdsvis stor forskjell mellom de forskjellige MDRYs. I tillegg er to beregninger (for Oslo og Bergen) gjort med DRY-klimafilere til energiberegninger, se (Skartveit m.fl.,1994). For disse beregningene kan det observeres at DRY-klimafilene gir fuktforhold som er mindre kritisk enn ved tilsvarende MDRY. Figur 2.4 b viser et eksempel hvor fuktberegninger for samme konstruksjon er sammenlignet for 15 forskjellige år for Trondheim. Den valgte MDRY for Trondheim gir for denne beregningen fuktforhold som er forholdsvis kritiske, sammenlignet med de andre årene.



Figur 2.4 a

Beregnete verdier for fuktinnhold i ytterste 10 mm av EPS-isolasjon for konstruksjon 4 (se fig. 2.3 b). Sammenligning av MDRYs for de 12 stedene i Norge. DRY-klimafilere (for energiberegninger) for Oslo og Bergen er også vist. Beregningene er gjort vha. Fuktberegningsprogrammet MATCH (Pedersen, 1990). Beregningsperiode er oktober – september. Andre inputdefinisjoner er gjort ifølge metode for valg av MDRY (Geving, 1997).



Figur 2.4 b

Beregnete verdier for fuktinnhold i ytterste 10 mm av EPS-isolasjon for konstruksjon 4 (se figur 2.3 b). Sammenligning av 15 år (1966 – 1980) for Trondheim. Beregningene er gjort vha. fuktregningsprogrammet MATCH (Pedersen, 1990). Beregningsperiode er oktober – september. Andre input-definisjoner er gjort ifølge metode for valg av MDRY (Geving, 1997).

Månedsgjennomsnitt for MDRYs

Månedsgjennomsnitt for lufttemperatur, relativ fuktighet, globalstråling og nedbør er generert for de samme stedene og årene som vist i tabell 2.4 a. Månedssnitt for temperatur, relativ fuktighet og nedbør er beregnet etter DNMI's prosedyrer, se (Geving, 1995), mens globalstråling regnes som middel av alle døgnsommer. Utskrift av disse verdiene er gitt i Vedlegg 1 for alle de 12 aktuelle stedene. Det må bemerkes at selv om beregningene i forbindelse med utarbeidelse av disse gjennomsnittsverdiene er kvalitetssikret, gis ingen garanti for korrektheten av verdiene. En enkel sjekk mot statistikk fra DNMI indikerer at temperatur (og trolig også RF) er helt korrekt beregnet, mens horisontalt regn trolig er underestimert noe (96 – 98 %). Dette skyldes trolig en systematisk avrundingsfeil i beregningene.

I tillegg beregnes en månedlig «slagregnsindeks» for hver av de fire himmelretningene, dvs. antall mm regn som treffer en vertikal vegg i en sektor på 90° i løpet av en måned. Ved beregning av slagregnsindeksen for en himmelretning benyttes en variant av en formel for slagregnsintensitet r_v (mm/h) på en vertikal fasade (Lacy, 1977):

$$r_v = 0.22 \cdot v \cdot r_h^{0.88} \quad (1)$$

hvor v er vindhastigheten (m/s) med retning i en 90° sektor mot veggen og r_h er nedbørsintensiteten på en horisontal flate (mm/h). Dette beregnes for hver time for hver av himmelretningene og summeres opp for hver måned. Det må bemerkes at selv om denne slagregnsindeksen trolig gir et forholdsvis godt bilde av den totale slagregnsmengden og fordelingen, så må de numeriske verdiene ikke tas for annet enn veiledende anslag av slagregnsmengdene og den relative fordelingen av slagregn for himmelretningene.

3 KONSTRUKSJONER MOT GRUNNEN. KLIMADATA FOR FUKT- BEREGNINGER

3.1 Bakgrunn

Varme- og fuktforholdene i konstruksjoner mot grunnen er svært kompliserte og dermed også vanskelige å beregne. Forholdene er tre-dimensjonale og tidsavhengige. En rekke materialparametre og randbetingelser inngår.

Mange har bare tilgang til en-dimensjonale beregningsprogrammer av typen MATCH (Bygge- og Miljøteknik, 1991) som kan utføre tidsavhengige beregninger av fukt- og varmetransport.

Beregning av konstruksjoner mot grunnen med slike en-dimensjonale programmer kan gjøres dersom temperaturvariasjonen i jorden under golvkonstruksjonen eller utenfor veggkonstruksjonen er kjent.

I dette avsnittet presenteres resultatene av temperaturberegninger som er utført med et to-dimensjonalt beregningsprogram for tidsavhengig varmetransport, HEAT2 (Blomberg, 1997). De beregnede temperaturene presenteres som månedsmiddeltemperaturer og kan benyttes som klimadata i fuktbergningsprogrammer som f.eks. MATCH.

Klimafil for MATCH (uteklima) kan lages med programmet Snitklim (Blom, 1995). De beregnede månedsmiddeltemperaturene for jordtemperaturen i et aktuelt punkt under eller utenfor konstruksjonen leses inn sammen med de tilsvarende månedsmidlene for relativ fuktighet i grunnen (normalt regnes 100 % hele året).

3.2 Beregningsforutsetninger

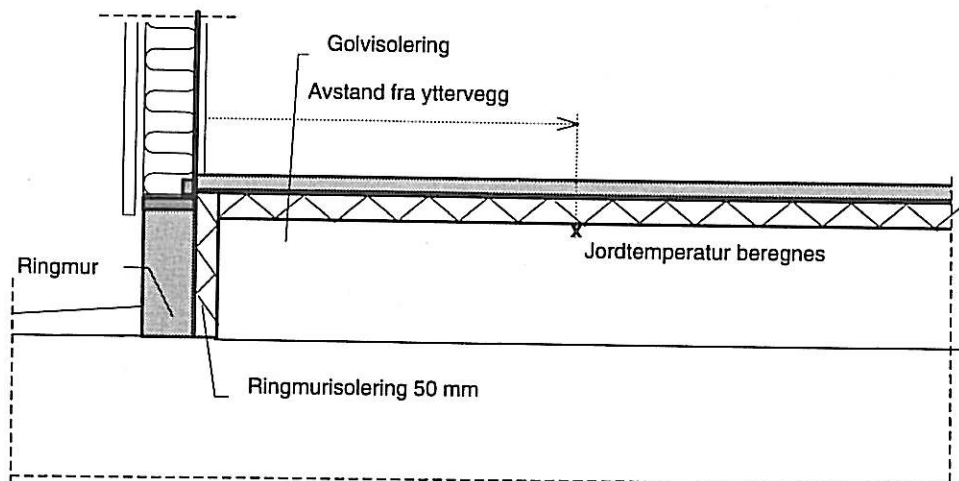
Temperaturberegningene med HEAT2 er gjennomført for golv på grunnen og kjeller/underetasjer med ulike U-verdier. Beregningene er gjort for Oslo-klima, dvs. for et år som består av midlere månedsmidler, et såkalt normalår. Dette året er lagt inn som en sinusfunksjon i programmet. Grunnens varmeledningsevne er $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Varmeisolasjonen er klasse 36. Innetemperatur er $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Bredden på huset er 8 m. Jordområdets utstrekning utenfor konstruksjonen og under konstruksjonen er 20 m (2,5 x husbredden).

Det er også vist hvordan jordtemperaturer for Oslo kan regnes om til tilsvarende jordtemperaturer for et annet sted med et annet temperatorklima.

3.3 Golv på grunnen i terrengnivå

Konstruksjonen og beliggenhet av punkter under isolasjonen der temperaturene er beregnet, er vist i figur 3.3 a. Tabellene 3.3 a – 3.3 d angir temperaturer for forskjellige tykkelser av golv-isoleringen.



Figur 3.3

Golv på grunnen med angivelse av beregningspunkter for jordtemperatur

Tabell 3.3 a

Golv på grunnen med 50 mm golvisolasjon

Temperatur i grunnen under golvisolasjonen

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Avst. fra vegg, m													
0,1	7,3	7,0	7,7	9,3	11,2	13,0	14,3	14,7	14,0	12,5	10,6	8,8	10,9
0,3	8,3	7,9	8,4	9,7	11,3	13,0	14,2	14,6	14,1	13,0	11,3	9,7	11,3
0,5	9,2	8,8	9,1	10,1	11,5	12,9	14,0	14,5	14,3	13,3	11,9	10,5	11,7
0,7	10,0	9,5	9,7	10,5	11,7	12,9	14,0	14,5	14,3	13,6	12,5	11,2	12,0
0,9	10,6	10,2	10,3	10,9	11,9	13,0	13,9	14,4	14,4	13,8	12,9	11,8	12,3
1,25	11,6	11,2	11,1	11,5	12,2	13,0	13,8	14,3	14,5	14,1	13,5	12,7	12,8
1,75	12,6	12,2	12,0	12,2	12,6	13,2	13,8	14,3	14,5	14,4	14,0	13,5	13,3
2,25	13,2	12,9	12,7	12,7	13,0	13,4	13,8	14,2	14,5	14,5	14,4	14,0	13,6
2,75	13,7	13,4	13,2	13,2	13,3	13,5	13,9	14,2	14,5	14,6	14,6	14,3	13,9
3,25	14,0	13,8	13,6	13,5	13,5	13,7	13,9	14,2	14,5	14,7	14,7	14,6	14,0
3,75	14,1	14,0	13,8	13,6	13,6	13,7	14,0	14,2	14,5	14,7	14,7	14,7	14,1
4,25	14,2	14,1	13,9	13,7	13,7	13,8	14,0	14,2	14,5	14,7	14,8	14,7	14,2

Tabell 3.3 b

Golv på grunnen med 100 mm golvisolasjon

Temperatur i grunnen under golvisolasjonen

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Avst. fra vegg, m													
0,1	5,7	5,3	5,9	7,5	9,6	11,6	13,0	13,4	12,8	11,2	9,2	7,2	9,4
0,3	6,5	6,0	6,5	7,8	9,6	11,4	12,7	13,2	12,8	11,5	9,8	8,0	9,6
0,5	7,3	6,8	7,1	8,1	9,6	11,2	12,5	13,0	12,8	11,8	10,3	8,8	9,9
0,7	8,0	7,4	7,6	8,4	9,7	11,1	12,3	12,9	12,8	12,0	10,8	9,4	10,2
0,9	8,6	8,0	8,1	8,7	9,8	11,0	12,1	12,7	12,8	12,2	11,1	9,9	10,4
1,25	9,5	9,0	8,9	9,2	10,0	11,0	11,9	12,5	12,7	12,4	11,6	10,7	10,8
1,75	10,5	9,9	9,7	9,8	10,3	11,0	11,7	12,3	12,6	12,5	12,1	11,5	11,1
2,25	11,1	10,7	10,4	10,4	10,6	11,1	11,6	12,1	12,5	12,5	12,4	12,0	11,4
2,75	11,5	11,2	10,9	10,8	10,9	11,2	11,6	12,0	12,4	12,6	12,5	12,3	11,6
3,25	11,8	11,5	11,2	11,1	11,1	11,3	11,6	12,0	12,3	12,5	12,6	12,5	11,8
3,75	12,0	11,7	11,5	11,3	11,2	11,3	11,6	11,9	12,3	12,5	12,6	12,6	11,9
4,25	12,1	11,8	11,6	11,4	11,3	11,4	11,6	11,9	12,3	12,5	12,7	12,6	11,9

Tabell 3.3 c

Golv på grunnen med 150 mm golvisolasjon

Temperatur i grunnen under golvisolasjonen

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Avst. fra vegg, m													
0,1	4,8	4,4	5,0	6,6	8,7	10,8	12,2	12,7	12,1	10,5	8,5	6,4	8,6
0,3	5,6	5,1	5,5	6,8	8,7	10,5	11,9	12,5	12,1	10,8	9,0	7,2	8,8
0,5	6,3	5,7	6,0	7,1	8,6	10,3	11,6	12,2	12,0	11,0	9,4	7,8	9,0
0,7	7,0	6,4	6,5	7,3	8,6	10,1	11,3	12,0	11,9	11,1	9,8	8,4	9,2
0,9	7,5	6,9	6,9	7,6	8,7	10,0	11,1	11,8	11,8	11,2	10,2	8,9	9,4
1,25	8,4	7,8	7,7	8,0	8,8	9,8	10,8	11,5	11,7	11,4	10,6	9,6	9,7
1,75	9,3	8,7	8,5	8,6	9,1	9,8	10,5	11,2	11,5	11,4	11,0	10,3	10,0
2,25	9,9	9,4	9,1	9,1	9,3	9,8	10,4	10,9	11,3	11,4	11,2	10,8	10,2
2,75	10,3	9,9	9,6	9,5	9,5	9,8	10,3	10,8	11,2	11,4	11,3	11,1	10,4
3,25	10,6	10,3	9,9	9,7	9,7	9,9	10,3	10,7	11,0	11,3	11,4	11,2	10,5
3,75	10,8	10,5	10,2	9,9	9,9	10,0	10,2	10,6	11,0	11,3	11,4	11,3	10,6
4,25	10,8	10,6	10,3	10,0	9,9	10,0	10,2	10,6	11,0	11,3	11,4	11,4	10,6

Tabell 3.3 d
Golv på grunnen med 200 mm golvisolasjon

Temperatur i grunnen under golvisolasjonen

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Avst. fra vegg, m													
0,1	4,0	3,5	4,2	5,8	8,0	10,1	11,7	12,2	11,5	9,9	7,8	5,7	7,9
0,3	4,8	4,2	4,7	6,0	7,9	9,8	11,3	11,9	11,5	10,1	8,3	6,4	8,1
0,5	5,5	4,9	5,2	6,2	7,8	9,5	10,9	11,6	11,4	10,3	8,7	7,1	8,3
0,7	6,2	5,5	5,6	6,5	7,8	9,3	10,6	11,3	11,2	10,4	9,1	7,6	8,4
0,9	6,7	6,1	6,0	6,7	7,8	9,2	10,3	11,1	11,1	10,5	9,4	8,1	8,6
1,25	7,6	6,9	6,7	7,1	7,9	8,9	10,0	10,7	10,9	10,6	9,8	8,8	8,8
1,75	8,4	7,8	7,5	7,6	8,1	8,8	9,6	10,3	10,6	10,6	10,2	9,5	9,1
2,25	9,0	8,5	8,1	8,1	8,3	8,8	9,4	10,0	10,4	10,5	10,3	9,9	9,3
2,75	9,4	9,0	8,6	8,5	8,5	8,8	9,3	9,8	10,2	10,4	10,4	10,1	9,4
3,25	9,7	9,3	9,0	8,7	8,7	8,9	9,2	9,7	10,1	10,4	10,4	10,3	9,5
3,75	9,8	9,5	9,2	8,9	8,8	8,9	9,2	9,6	10,0	10,3	10,5	10,4	9,6
4,25	9,9	9,6	9,3	9,0	8,9	9,0	9,2	9,6	10,0	10,3	10,5	10,4	9,6

3.4 Kjeller

Konstruksjonen og beliggenheten av punkter utenfor kjellerveggen og under golv der temperaturer er beregnet, er vist i figur 3.4. Tabellene 3.4 a – 3.4 f angir beregnede temperaturer. Temperaturer er beregnet for tre typiske kjellerkonstruksjoner:

1. Vegger med U-verdi 0,8 og uisolert golv
2. Vegger med U-verdi 0,3 og golv isolert med 50 mm isolasjon
3. Vegger med U-verdi 0,22 og golv isolert med 100 mm isolasjon

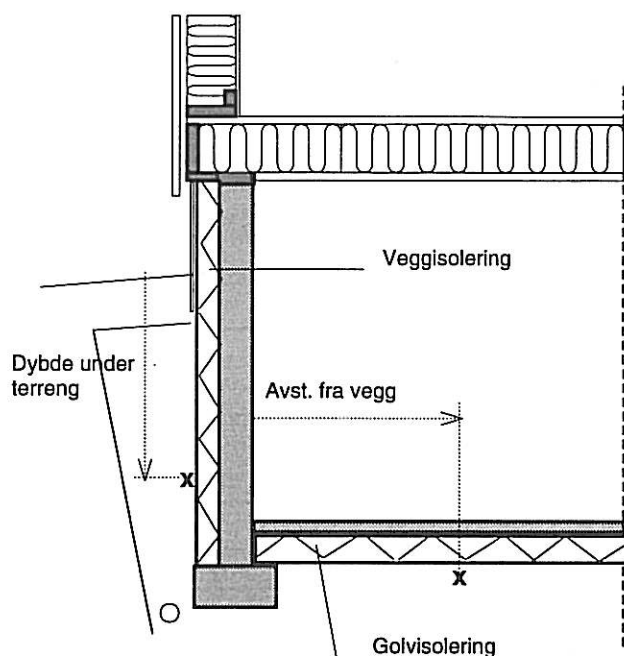


Fig. 3.4
Kjellerkonstruksjon med angivelse av beregningspunkter for jordtemperatur

Tabell 3.4 a
Kjellervegg med U-verdi 0,8 og uisolert kjellergolv

Temperatur i grunnen utenfor vegg

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Dybde under terreng, m													
0,15	0,2	1,0	3,7	7,9	12,2	15,6	17,2	16,5	13,7	9,6	5,2	1,8	8,7
0,35	2,2	2,6	4,9	8,4	12,3	15,4	17,0	16,6	14,3	10,8	6,9	3,8	9,6
0,55	3,8	4,0	5,8	8,9	12,3	15,2	16,8	16,6	14,8	11,8	8,4	5,5	10,3
0,75	5,3	5,2	6,7	9,3	12,3	15,0	16,5	16,6	15,1	12,6	9,5	6,9	10,9
0,95	6,5	6,3	7,5	9,7	12,4	14,8	16,3	16,5	15,4	13,2	10,6	8,1	11,4
1,15	7,6	7,3	8,2	10,1	12,4	14,6	16,1	16,4	15,6	13,7	11,4	9,2	11,9
1,35	8,7	8,3	8,9	10,5	12,5	14,5	15,9	16,3	15,7	14,2	12,2	10,2	12,3
1,55	9,7	9,2	9,7	10,9	12,7	14,4	15,7	16,2	15,8	14,6	12,9	11,1	12,7
1,75	10,7	10,2	10,5	11,4	12,9	14,4	15,6	16,1	15,9	14,9	13,5	12,0	13,2
1,96	11,7	11,2	11,3	12,0	13,2	14,4	15,5	16,0	15,9	15,3	14,2	12,9	13,6

Tabell 3.4 b
Kjellervegg med U-verdi og uisolert kjellergolv

Temperatur i grunnen under kjellergolvet

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Avst. fra vegg, m													
0,07	15,4	15,1	15,1	15,3	15,8	16,4	17,0	17,3	17,3	17,1	16,6	16,1	16,2
0,23	16,5	16,3	16,2	16,4	16,7	17,1	17,5	17,8	17,8	17,7	17,4	17,0	17,0
0,44	17,3	17,1	17,1	17,2	17,4	17,7	17,9	18,1	18,2	18,1	18,0	17,7	17,7
0,72	17,9	17,8	17,7	17,8	17,9	18,1	18,3	18,4	18,5	18,5	18,4	18,2	18,1
1,07	18,3	18,2	18,2	18,2	18,3	18,4	18,5	18,6	18,7	18,7	18,6	18,5	18,4
1,53	18,6	18,6	18,5	18,5	18,6	18,6	18,7	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,7
2,13	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,9	18,9	18,9	19,0	19,0	19,0	18,9
2,91	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	19,0	19,0	19,0	19,0	19,1	19,1	19,1	19,0
3,93	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1

Tabell 3.4 c
Kjellervegg med U-verdi 0,3 og kjellergolv med 50 mm golvisolering

Temperatur i grunnen utenfor veggen

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Dybde under terreng, m													
0,15	-1,8	-1,1	1,9	6,3	11,1	14,8	16,6	15,9	12,9	8,4	3,7	0,0	7,4
0,35	-0,4	0,0	2,5	6,4	10,7	14,3	16,1	15,7	13,3	9,4	5,1	1,5	7,9
0,55	0,9	1,0	3,1	6,5	10,4	13,8	15,6	15,6	13,5	10,1	6,2	2,9	8,3
0,75	2,2	2,0	3,7	6,7	10,2	13,3	15,2	15,4	13,7	10,8	7,3	4,2	8,7
0,95	3,3	3,0	4,3	6,8	10,0	12,9	14,8	15,1	13,8	11,3	8,2	5,3	9,1
1,15	4,4	3,9	4,9	7,1	9,9	12,5	14,4	14,8	13,9	11,7	9,0	6,3	9,4
1,35	5,4	4,8	5,5	7,4	9,8	12,2	14,0	14,6	13,9	12,1	9,7	7,3	9,7
1,55	6,4	5,8	6,2	7,7	9,8	12,0	13,6	14,3	13,9	12,4	10,3	8,2	10,1
1,75	7,4	6,8	7,1	8,2	10,0	11,8	13,3	14,0	13,8	12,7	11,0	9,2	10,4
1,96	8,5	7,8	7,9	8,7	10,1	11,6	12,9	13,7	13,6	12,9	11,6	10,1	10,8

Tabell 3.4 d

Kjellervegg med U-verdi 0,3 og kjellergolv med 50 mm golvisolering

Temperatur i grunnen under kjellergolvet

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Avst. fra vegg, m													
0,07	10,7	10,2	10,0	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	13,8	13,5	12,8	12,0	11,9
0,23	11,4	10,9	10,8	11,0	11,6	12,3	13,1	13,7	13,9	13,7	13,2	12,5	12,3
0,44	12,1	11,6	11,5	11,6	12,0	12,6	13,3	13,8	14,0	14,0	13,6	13,1	12,8
0,72	12,7	12,3	12,1	12,2	12,5	12,9	13,5	13,9	14,2	14,2	14,0	13,6	13,2
1,07	13,2	13,0	12,8	12,8	13,0	13,3	13,7	14,1	14,3	14,4	14,3	14,0	13,6
1,53	13,7	13,6	13,4	13,4	13,5	13,7	13,9	14,2	14,5	14,6	14,6	14,4	13,9
2,13	14,2	14,1	14,0	13,9	13,9	14,0	14,2	14,4	14,6	14,7	14,8	14,8	14,3
2,91	14,5	14,4	14,4	14,3	14,3	14,4	14,5	14,6	14,8	14,9	15,0	15,0	14,6
3,93	14,6	14,7	14,6	14,6	14,6	14,6	14,7	14,8	14,9	15,0	15,1	15,1	14,8

Tabell 3.4 e

Kjellervegg med U-verdi 0,22 og kjellergolv med 100 mm golvisolering

Temperatur i grunnen utenfor vegg

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Dybde under terreng, m													
0,15	-2,3	-1,7	1,3	5,9	10,7	14,5	16,3	15,6	12,6	8,1	3,3	-0,5	7,0
0,35	-1,1	-0,8	1,8	5,8	10,2	13,8	15,7	15,4	12,9	8,9	4,5	0,9	7,3
0,55	0,1	0,1	2,2	5,7	9,7	13,2	15,1	15,1	13,0	9,5	5,5	2,1	7,6
0,75	1,2	0,9	2,6	5,7	9,3	12,6	14,5	14,8	13,1	10,1	6,4	3,2	7,9
0,95	2,3	1,7	3,1	5,7	9,0	12,0	14,0	14,4	13,1	10,5	7,2	4,2	8,1
1,15	3,2	2,5	3,5	5,8	8,7	11,5	13,4	14,0	13,0	10,8	7,9	5,1	8,3
1,35	4,1	3,3	4,0	5,9	8,4	11,0	12,9	13,6	12,9	11,0	8,5	6,0	8,5
1,55	5,0	4,0	4,5	6,0	8,3	10,6	12,3	13,1	12,7	11,2	9,0	6,7	8,6
1,75	5,8	4,8	5,0	6,2	8,1	10,2	11,8	12,6	12,4	11,3	9,4	7,4	8,8
1,96	6,7	5,6	5,5	6,5	8,0	9,7	11,2	12,1	12,1	11,3	9,8	8,2	8,9

Tabell 3.4 f
Kjellervegg med U-verdi 0,22 og kjellergolv med 100 mm golvisolering

Temperatur i grunnen under kjellergolvet

Måned	jan	feb	mars	april	mai	juni	juli	aug	sept	okt	nov	des	Års- middel
Utetemp. Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0
Avst. fra vegg, m													
0,07	9,0	8,6	7,9	7,7	8,1	8,9	9,9	11,0	11,7	12,0	11,7	10,9	9,8
0,23	9,6	9,2	8,6	8,4	8,6	9,3	10,1	11,0	11,7	12,0	11,9	11,3	10,1
0,44	10,2	9,8	9,3	9,0	9,2	9,6	10,3	11,1	11,7	12,0	12,0	11,6	10,5
0,72	10,8	10,4	10,0	9,7	9,7	10,0	10,6	11,2	11,7	12,1	12,1	11,9	10,9
1,07	11,4	10,9	10,6	10,3	10,3	10,5	10,9	11,3	11,8	12,1	12,2	12,1	11,2
1,53	11,9	11,4	11,2	11,0	10,9	11,0	11,2	11,5	11,9	12,2	12,3	12,3	11,6
2,13	12,3	11,8	11,7	11,5	11,4	11,4	11,5	11,8	12,0	12,3	12,4	12,5	11,9
2,91	12,6	12,1	12,0	11,9	11,9	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,5	12,6	12,2
3,93	12,8	12,3	12,3	12,2	12,2	12,1	12,1	12,2	12,3	12,4	12,6	12,7	12,3

3.5 Jordtemperaturer for andre steder i landet. Omregning

Jordtemperaturerne som er angitt i tabellene for forskjellige konstruksjonene, er for Oslo-klima. Her skal gis eksempel på en tilnærmet beregning av de tilsvarende jordtemperaturerne et annet sted (Bergen). Klimadata (normal måneds- og årsmiddeltemperatur) er hentet fra (Wol-
leng, 1979).

Tabell 3.5 a
Normalår Oslo og Bergen

	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	Åm	Amp.
Oslo	-5,3	-3,8	0,3	6,0	11,6	15,8	17,3	15,8	11,7	6,0	0,4	-3,8	6,0	11,3
Bergen	1,5	1,3	3,1	5,8	10,2	12,6	15,0	14,7	12,0	8,3	5,5	3,3	7,8	6,9

Amplituden, dvs. største utsving fra årsmiddeltemperaturen, for en tilnærmet sinuskurve som beskriver utemperaturforløpet er:

$$\text{Amp.} = (t_{\max} - t_{\min}) / 2$$

der t_{\max} og t_{\min} er henholdsvis høyeste og lavest månedsmiddeltemperatur (innsatt med fortegn). Forholdet mellom amplitudene (utsvingene) i Bergen og Oslo er:
 $6,9/11,3 = 0,61$

Jordtemperaturen under et golv på grunnen i Oslo med 200 mm isolasjon, 2,25 m fra yttervegg, finnes i den aktuelle tabellen ovenfor.

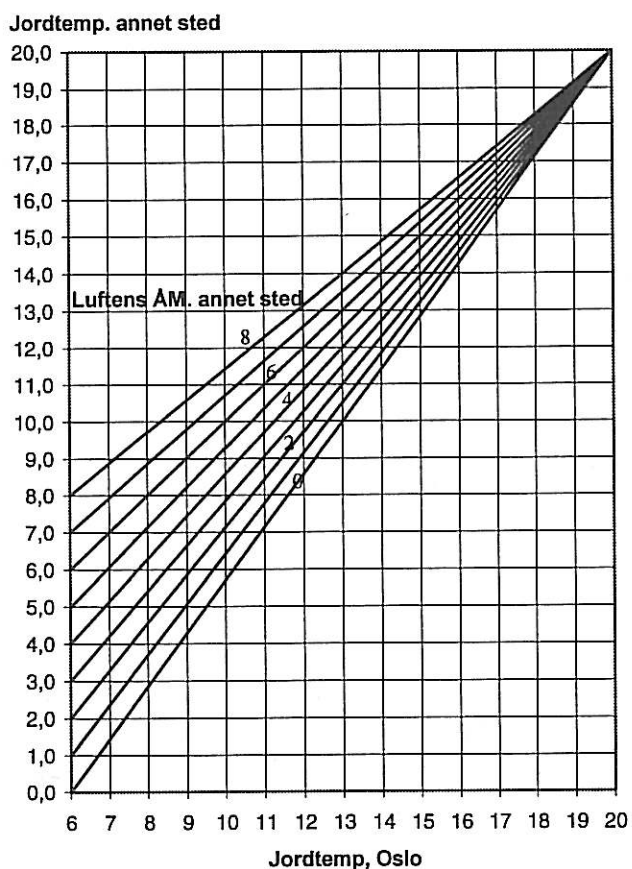
Utsvingene i Oslo er månedstemperatur minus årsmiddeltemperaturen. Vi regner at utsvingene i Bergen er mindre, tilsvarende forholdet mellom uteluftens amplituder, se ovenfor. Det vil si at utsvingene i Oslo multipliseres med 0,61. Jordtemperaturerne i Bergen er utsvingene i

Bergen pluss jordens årsmiddeltemperatur under golvet i Bergen. Denne årsmiddeltemperaturen finnes av diagrammet nedenfor (se stiplede linjer).

Tabell 3.5 b

Omregning av jordtemperaturer fra Oslo til Bergen

	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	Åm
Jordtemp Oslo	9,0	8,5	8,1	8,1	8,3	8,8	9,4	10,0	10,4	10,5	10,3	9,9	9,3
- utsving Oslo	-0,3	-0,8	-1,2	-1,2	-1,0	-0,5	0,1	0,7	1,1	1,2	1,0	0,6	
- utsving Bergen	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0,1	0,4	0,7	0,8	0,6	0,4	
Jordtemp Bergen	10,6	10,3	10,0	10,0	10,2	10,5	10,9	11,2	11,5	11,6	11,4	11,2	10,8



Figur 3.5

Omregning fra midlere jordtemperatur i Oslo til et annet sted i landet

4 REFERANSER

- Blom, P. 1995. *Klimadata for Match fuktbergningsprogram*. Arbeidsrapport 2. Fukt i bygningsmaterialer og konstruksjoner, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
- Blomberg, T. 1997. *HEAT2 versjon 2.6. Et PC-program for varmetransport i 2 dimensjoner*. Lund Tekniska Högskola, Institutionen för bygnadsteknik, Byggnadsfysikk
- Bygge- og Miljøteknik. 1991. *MATCH. Simuleringsprogram for fukttransport i bygningskonstruksjoner*. Bygge- og Miljøteknik, DK-2830 Virum, Danmark
- Geving, S. 1995. *Innsamling og bearbeiding av klimadata til fuktbergninger*. Arbeidsrapport nr. 3, Fukt i bygningsmaterialer og konstruksjoner, Institutt for bygg og anleggsteknikk, NTH (nå: NTNU), Trondheim
- Geving, S. 1997. *Moisture design of building constructions. Hygrothermal analysis using computer models*. Dr.ing.-avhandling, Institutt for bygg og anleggsteknikk, NTNU, Trondheim
- Hagentoft, C.-E. 1993. *PC-program 1D-HAM. Calculates the moisture conditions, the temperature and the heat flow in a wall with multi layers*. Report TVBH-7147, Lund University, Dept. of Building Physics, Sverige
- Hens, H. 1996. *Modelling. Final Report Task 1*. International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems, Annex 24 Heat, Air and Moisture Transport in New and Retrofitted Building Envelope Parts (HAMTIE). Laboratorium Bouwfysica, K.U.-Leuven, Belgia
- Künzel, H.M. 1995. *Simultaneous heat and moisture transport in building components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters*. IRB Verlag, Stuttgart, Tyskland
- Lacy, R. E. 1977. *Climate and building in Britain*, Building Research Establishment Report, HMSO, London, England
- Pedersen, C. R. 1990. *Combined heat and moisture transfer in building constructions*. Ph.D. Thesis 2nd Edition, Thermal Insulation Laboratory, Technical University of Denmark, Lyngby, Danmark
- Skartveit, A., H. Lund and J. A. Olseth. 1994. *The design reference year*. Report No. 11/94 Klima, Det norske meteorologiske institutt, Oslo
- Wolleng, T. 1979. *Håndbok 33. VVS-tekniske klimadata for Norge*, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo

VEDLEGG

MÅNEDSGJENNOMSNIITT FOR MDRYs

Tabell A.1 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Karasjok.

KARASJOK 1976								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-24	96.3	0.4	22.1	0	0	0	0
2	-11.4	92.1	10.8	3.1	0	0	0	0
3	-10.6	92.8	49.3	8.4	0	0	0	0
4	-2.3	88.6	123.2	5.6	0	0	0	0
5	6.2	79.6	168.2	18	0	1.1	0	0
6	8.7	75.7	197.5	28.4	0	1.5	0	0
7	12.7	79.2	195.5	68.8	1	1.4	0	0
8	11.4	77.3	148.2	25.8	0	0	0	0
9	2.9	86.7	65	23.6	0	0	0	0
10	-3.6	94.1	20.2	3	0	0	0	0
11	-11.3	92.2	1.6	28.1	0	0	0	0
12	-14.2	93.8	0	5	0	0	0	0
År	-3	87.4	81.7	240	1	4	0	0

Tabell A.2 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Tromsø.

TROMSØ 1971								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-4.4	87.9	0.3	136.1	0	1.7	8.6	12.8
2	-5.1	78.5	14.1	47	0	0	0	0
3	-5.2	79.5	56.1	85.7	0	0	0	0
4	-0.7	77.4	105.5	98	1.1	0	0	8.6
5	3.6	73.7	185.9	73.7	0	0	0	0
6	10.4	71.6	234.5	5.5	0	0	0	0
7	10.2	85	148.2	111.6	13.8	1	1.1	8.7
8	10.8	89.6	111.1	142.5	0.4	1.8	1.5	8.5
9	6.1	88.1	57	110.3	2.7	0	0	3.6
10	2.1	86.3	17	192.8	0	0	31.3	41.8
11	-3.4	87.4	1.6	102.8	0	0	0	0
12	-1.4	84.6	0	169.2	13.3	0	4.7	36.2
År	1.9	82.5	77.6	1275.3	31.3	4.5	47.2	120.2

Tabell A.3 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Mo i Rana.

MO I RANA 1979								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-7.9	85.5	2.7	69.4	0	5.8	3.8	0
2	-5.1	86.7	16.5	165	0.1	17	53.7	59.7
3	-1.1	76.2	58.5	73	0	0	0	0
4	2.1	79.8	112.2	29.3	0	0	0	0
5	5.8	82	149.1	157.3	0	5.1	55.9	18
6	11.1	84.2	187.7	100	0	1.7	13.4	0
7	13.9	84.8	172.6	38.7	0	0	0	0
8	13.2	83.1	139.9	125.6	0	2.4	10.8	35.2
9	7.5	89.3	55.8	241	0.5	0	9	87.9
10	2.5	83.7	30.5	82.2	0.1	0	0.6	1.3
11	0	85.6	5.1	92.3	0	0.5	2.7	0
12	-2.8	86.6	0.3	118.3	0	4.6	11.4	3.3
År	3.3	84	77.6	1292	0.7	37.1	161.5	205.4

Tabell A.4 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Værnes.

VÆRNES 1968								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-3.9	86.2	4.1	97.9	0	0	0	24.7
2	-2.1	87.5	18.3	72.7	0	0	0	0
3	0.4	84.5	59.9	70.6	0	0	0	0
4	4	81.6	116.5	42	0	0	0	0
5	6.9	77.3	166.7	40.2	0	0	0	0
6	13	77	199.8	55.9	2.3	0.9	0	5.3
7	13.6	77.1	185	14.2	0	0	0	0
8	12.9	76.7	156.1	17.4	0	0	0	0
9	10.9	75.3	91.2	38	0	0	0	0
10	3.8	85.2	31.5	131.9	0	0	0	17.7
11	-4.6	89.9	11.4	26.6	0	0	0	0
12	-1.5	81.2	2.5	34.1	0	0	0	0
År	4.5	81.6	86.9	641.6	2.3	0.9	0	47.7

Tabell A.5 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Trondheim.

TRONDHEIM 1971								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-0.9	88.5	5.9	49	0	0	0	0
2	-0.4	84.5	26.2	67.8	0	0	0	0
3	-2.2	86.3	56.4	107.6	0	0	6.8	43.5
4	3	83.1	125.7	29.7	0	0	0	0
5	9.6	84.7	180.2	69.8	0	0	0	0
6	10.9	87.5	172.1	97.1	0	0	2	16.5
7	13	89.5	171.7	90.8	0	0	0.8	8.7
8	12.8	85	146.1	64.3	0	0	0	0
9	8.8	93.1	76.9	142.7	11.3	9.6	0	7.5
10	4.8	92.2	33.8	162.2	0	0	0	0
11	-0.6	94	8.7	161.1	0	0	1.8	6.5
12	1.9	94.3	2.2	173.7	0	0	5.8	2
År	5.1	88.6	83.8	1215.7	11.3	9.6	17.1	84.8

Tabell A.6 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Røros.

RØROS 1985								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-13.4	92.2	5.4	38.9	0	0	0	0
2	-13.9	92.6	25.5	45.3	0	0	0	0
3	-5.4	86.5	64.1	13.5	0	0	0	0
4	-2.2	80.5	129.6	21.7	0	0	0	0
5	5.5	77.4	185	18.1	0	0	0	0
6	10.1	82.5	164.3	35.6	0	0	0	0
7	11.8	84.5	152.5	93	2.4	1.6	0	0
8	11	84.9	113.6	88.2	0.5	0	0	0
9	4.3	86.1	65.5	75.5	0	0	0	0
10	3.9	87.3	33.7	37.2	0	0	0	0
11	-9.3	91.4	10.9	35.8	0	0	0	0
12	-14.6	95.8	3.6	37.4	0	0	0	0
År	-1	86.8	79.5	540.2	2.9	1.6	0	0

Tabell A.7 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Kristiansund N.

KRISTIANSUND N 1961								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	1	82.5	6.9	56.7	0	0	0	0
2	4.1	84.5	19.9	100.1	0	1	9.6	8.4
3	3.7	90.3	39.2	218.5	0	0	41.6	58.6
4	4.8	82.5	136.6	58.5	0	6.8	5.2	5.3
5	8.2	88.7	146.3	63.1	0	0	0	0
6	10.9	90.1	169	99.5	0.9	0	0	3.8
7	12.7	92	126.3	94.9	0	0	0	0
8	12.9	88.2	136.6	77.3	7.3	0	0	8.7
9	12.3	87	72.2	87.8	0	1.9	10.3	14.7
10	11.4	80.7	38.9	62.5	0	0	6.8	7.5
11	6.5	82.7	8.9	72.3	0	0	0	0
12	1.1	86.5	2.5	148	0	2.4	44.2	49.5
År	7.5	86.3	75.3	1139.3	8.3	12.1	117.7	156.5

Tabell A.8 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Bergen.

BERGEN 1991								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	3.2	83.2	9.2	204.1	7	3.7	68.8	12.5
2	0.2	69.7	36.1	92	0	0	46.6	0
3	5.4	82.7	57.9	218.6	6.8	8.8	92.3	6.3
4	6.9	67.1	131	134	0	0	30.4	1.7
5	8.9	75.8	192	82.4	0	0	20	2.5
6	10.8	81.8	170.9	142.8	0	3.6	27.4	0
7	16.9	76.6	202.8	94	0	0	37	4.4
8	15.2	83.5	125.6	241.7	2.9	4.1	48.4	17.5
9	11.1	84.6	84.1	329.8	1	4.1	179.2	18.6
10	8	81.2	43.2	138.1	0	1.2	27.5	5.2
11	5.5	82.7	13.8	369.8	0.4	4.9	206.3	10.8
12	4.6	86.2	4.9	365.7	1.1	1.5	115.9	83.3
År	8.1	79.6	89.3	2412.9	19.2	31.8	899.7	162.7

Tabell A.9 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Kise.

KISE 1972								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-9.6	91	7.8	18	0	0	0	0
2	-7.5	94.9	27.9	25.4	0	0	0	0
3	-3.1	88.9	75.7	32.5	0	0	0	0
4	2.2	84.1	123	43.9	2	0.7	0	0
5	8.8	84.1	165.8	55.9	0	0	0	0
6	12.7	88.5	179.5	108	0.4	0	0	4.8
7	17.1	77.6	220	46	1.1	0	0	1.5
8	13.5	82.3	161.5	113.6	0	8.7	14.7	0
9	8.8	80.2	118.2	21.4	0	2.7	6.3	2.7
10	5	81	50.9	12	0	0	0	0
11	0.3	79.1	17.4	22.7	0	0	0	0
12	0	82.9	4.9	33.7	0	0	0	0
År	4	84.6	96	532.9	3.5	12.1	21	9.1

Tabell A.10 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Gardermoen.

GARDERMOEN 1972								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horisontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-9.1	80	8.6	36.3	0	0	0	0
2	-5.8	93.5	26.2	45.2	0	0	0	0
3	-2	85.1	66.1	63.1	0	0	0	0
4	2.8	75.9	116.3	75.2	0	4.2	18.5	0
5	9.5	74.6	168.2	87.8	0	0	0	0
6	13.2	80.3	186.3	108.1	0	0	18.9	0
7	16.8	73.2	214	71.5	4.4	5.3	0	0
8	13.4	76.6	162.3	125.5	0	3.5	21.2	0
9	8.3	77.7	112.6	36.1	0	0	16.2	0
10	4.8	84.7	49	19.6	0	0	0	0
11	-0.9	89.6	15.7	27.2	0	0	0	0
12	-0.2	97	4.9	76.4	0	0	21.7	0
År	4.2	82.4	94.2	772.1	4.4	13	96.6	0

Tabell A.11 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Oslo.

OSLO 1991								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horizontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-2.9	88.7	11.3	55.8	0	0	0	0
2	-4.1	73.6	38.5	23.2	0	0	0	0
3	1.7	82.6	58.2	62.5	0	0	9.9	0.8
4	5.4	65.4	136.8	22.6	0	0	0	0
5	10.6	50.5	229.1	1.3	0	0	0	0
6	11.6	77	154.1	95.3	2.2	0	0	2.5
7	18.2	71.1	218	41.9	0	0	0	0
8	16.5	71.1	160.5	31.9	0	0	0	0
9	11.2	69.1	114.8	85	0	0	17.9	0
10	6.3	79.9	42.7	45.9	0	0	0	0
11	2.3	87.9	14.8	113.8	0	3.4	12.2	0
12	0	80.9	8.6	20.3	0	0	0	0
År	6.4	74.8	99	599.4	2.2	3.4	39.9	3.3

Tabell A.12 Månedsgjennomsnitt for de viktigste klimaparametre for den valgte MDRY for Kristiansand.

KRISTIANSAND 1967								
Måned	Temp (°C)	RF (%)	Global stråling (W/m ²)	Horizontal regn (mm)	Slagregnsindeks for vertikal fasade			
					Nord (mm)	Øst (mm)	Sør (mm)	Vest (mm)
1	-3.6	87.1	14	68.1	8.6	12.4	14	0
2	0.2	89.8	29.9	125.9	5.7	31.7	15.9	0
3	4	83.5	85.6	101.6	0	8.9	10.2	0
4	4.9	74.7	145.7	87.5	1.2	0	4.4	4.9
5	8.8	81	154.2	105	1.4	4.8	0	0
6	13.1	70.2	249.1	51.1	0	0	5.5	7.3
7	15.3	73.1	200.3	78.8	0	3.8	12.3	1.5
8	15	79.2	177.6	131.6	0.7	13.5	14.9	0
9	12.4	82.3	110.1	194.5	0	34.7	61.9	8.4
10	8.6	80.1	48.2	281.9	3.8	6.1	116.5	75.7
11	5.7	84.8	17.2	279.6	9.7	110.8	37.8	13.8
12	-1	80.4	11.4	137	16.6	27	7.9	10.3
År	6.9	80.5	103.6	1642.6	47.6	253.7	301.4	121.9

