

Notat

Vanndampgjennomgang

Vurdering av to målestandarder og anbefalte grenseverdier

VERSJON

2

DATO

2014-09-25

FORFATTER

Sivert Uvsløkk

OPPDRAGSGIVER(E)

Norsk Forening for Betongrehabilitering

OPPDRAGSGIVERS REF.

Ane Hagtvedt

PROSJEKTNR

102007806-6

ANTALL SIDER:

8

SAMMENDRAG

To prøvestandarder, NS-EN ISO 7783:2011 og NS-EN ISO 12572:2001, for måling av vanndampgjennomgangstall etter "koppmetoden" er gjennomgått for å sjekke om de gir like resultater for like produkter.

NS-EN ISO 7783:2011 er i hovedsak i samsvar med NS-EN ISO 12572:2001, men den førstnevnte inneholder noen feil når det gjelder beregning av resultatene. Fordi feilene "opphever" hverandre er sannsynligheten for at NS-EN ISO 7783:2011 gir feil resultater liten.

Formlene i NS-EN ISO7783:2011 for omregning til S_d -verdier og motstandstall, μ -verdier, gir verdier som gjelder ved normalt barometertrykk, dvs. ved havnivå. Formlene er for øvrig korrekte og i overensstemmelse med formlene i NS-EN ISO 12572:2001.

EN 1504-2 inneholder grenseverdier for klassifisering av "dampåpne" og "damptette" overflatebehandlinger. Disse grenseverdiene avviker betydelig fra tilsvarende grenseverdier som brukes av SINTEF Byggforsk og byggebransjen når det gis enkle råd og anbefalinger om materialbruk i golv, yttervegger og tak og ved utarbeiding av Teknisk Godkjenning for innvendige og utvendige sperresjikt.

UTARBEIDET AV

Sivert Uvsløkk

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Ola Skjølsvold

SIGNATUR**PROSJEKTNOTAT NR**

102007806-6

GRADERING

Fortrolig

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	3
2	NS-EN ISO 7783:2011 og NS-EN ISO 12572:2001, sammenligning av formler	3
2.1	NS-EN ISO 7783:2011	3
2.2	I NS-EN ISO 12572:2001	4
3	Formler for omregning til S_d-verdi (ekvivalent luftlagstykkelse)	5
4	Vurdering av kravene i EN 1504-2 opp mot andre kriterier	6
4.1	Kommentarer	7
4.1.1	"Dampåpen"	7
4.1.2	"Damp tett"	8
5	Kontrollregning av resultater fra tidligere oppdrag iht begge standarder	8

BILAG/VEDLEGG

1 Innledning

Vi viser til en bestilling pr. e-post datert 8.mai 2014 fra Norsk Forening for betongrehabilitering ved Ane Hagtvedt. I e-posten blir SINTEF Byggforsk bedt om å gjennomgå to prøvestandarder for måling av vanndampgjennomgangstall og en produktstandard for overflatebehandlinger for å bidra til å avklare noen fukttekniske spørsmål.

I den nevnte e-posten er oppgaven formulert slik:

- Gjennomgang av formlene i EN 7783 og EN 12572 for å se om samme prøving av samme produkt gir samme verdier
- Kontroll av formler for omregning til lufttykkelse
- Vurdering av kravene i EN 1504-2 mot andre krav til tetthet
- Kontrollregning av resultater fra tidligere oppdrag iht begge standarder
- Utarbeidelse av et notat

2 NS-EN ISO 7783:2011 og NS-EN ISO 12572:2001, sammenligning av formler

Begge disse standardene beskriver hvordan en skal måle vanndampgjennomgangsegenskapene til materialer ved hjelp av "koppmetoden". Prøvingen gjennomføres ved at prøven først monteres som et lokk på en boks som inneholder en saltløsning eller et tørremiddel som holder ønsket konstant RF i boksen. Prøven forsegles til boksen. Boksen settes deretter i et rom eller kammer med en annen konstant RF. Vanndampstrømmen som da vil oppstå gjennom prøven finnes ved å måle boksens vektendring pr. tid ved gjentatte veiinger.

I "Scope" til NS-EN ISO 7783:2011 står det at standarden er et supplement til NS-EN ISO 12572:2001 og at innholdet så langt det har vært mulig er hentet fra NS-EN ISO 12572:2001.

NS-EN ISO 7783:2011 er hovedsakelig i overensstemmelse med NS-EN ISO 12572:2001, men det er noen forskjeller mellom de to standardene både når det gjelder målebetingelsene og definisjon og beregning av resultatet fra prøvingen. Gjennomgangen viser også at det etter min vurdering er enkelte feil i begge standardene. Dette blir behandlet i avsnittene 2.1, 2.2 og 3.

2.1 NS-EN ISO 7783:2011

I NS-EN ISO 7783:2011 er det definert to alternative prøvebetingelser, tørrkopp og våtkopp. I begge tilfellene skal det være en relativ luftfuktighet (RF) på 50 % og en lufttemperatur på 23 °C i rommet der boksene står. Ved tørrkopp skal det være 3 % RF i boksen, mens det ved våtkopp skal være 93 % RF i boksen. Det gir en forskjell i vanndamptrykk over prøven på henholdsvis 1400 Pa og 1207 Pa.

Standarden åpner ikke for å gjennomføre målingen ved andre kombinasjoner av temperatur og RF i boksen og i rommet.

Som resultat fra prøvingen brukes begrepet "Water-vapour transmission rate" med symbolet V og enheten $[g/(m^2 d)]$. "Water-vapour transmission rate", V , beregnes ved å beregne vektendringen i gram pr. døgn og dividere den med prøvearealet i m^2 . Vektendringen av en boks forutsettes å være lik massen av vanndampen som transporteres inn eller ut av boksen gjennom prøven.

Det er også oppgitt formler for omregning til relative enheter som S_d – verdi ("diffusion – equivalent air layer thickness") i kap. 8.3 og motstandstall, μ , ("Water-vapour resistance factor") i kap. 8.4. Disse formlene er ikke helt korrekte noe som blir forklart nærmere i avsnitt 3.

Formel (2) for beregning av "Water-vapour transmission rate", V , inneholder et ledd, p/p_0 , for å korrigere resultatet hvis barometertrykket (p) i laboratoriet avviker fra normalt barometertrykk (p_0). Den aktuelle formelen er skrevet slik:

$$V = 24 \times p/p_0 \times G/A \quad \text{NS-EN ISO 7783:2011} \quad (2)$$

der:

- p = barometertrykket der målingen er utført [Pa]
- p_0 = normaltrykk ved havnivå, 101325 Pa (1013,25 hPa)
- G = massestrøm gjennom prøven pr. tidsenhet [g /h].
- A = prøveareal [m²]

Etter min vurdering er det feil å korrigere "Water-vapour transmission rate", V , for avvikende barometertrykk. Korreksjonsleddet p/p_0 er sannsynlig vis kommet med ved en misforståelse. Det er nærmere forklart i avsnitt 3.

Formel (3) i standarden, for beregning av barometertrykket ved målelaboratoriet gir imidlertid også en feil. Oppgitt formel er skrevet slik:

$$p = p_0 - h/8,5 \quad \text{NS-EN ISO 7783:2011} \quad (3)$$

der

- h = høyde over havet der målingen er gjort [m]
- p_0 = normaltrykk ved havnivå, 101325 Pa

Hvis en bruker barometertrykket p beregnet etter formel (3) blir korreksjonsleddet, p/p_0 , alltid tilnærmet lik 1,00 og derfor uten betydning. Det skyldes at formel (3) er riktig bare når trykkene er oppgitt i hPa, (1 hPa = 100 Pa), mens det under formelen står at de skal oppgis i Pa. For at formel (3) skal gi riktig trykk må trykkene oppgis i hPa, ikke i Pa.

Feilene i formlene (2) og (3) "opphever" altså i dette tilfellet hverandre slik at resultatet "Water-vapour transmission rate", V , likevel blir riktig.

For å bruke resultatet, "Water-vapour transmission rate", V , i beregninger må verdien regnes om ved å dividere på damptrykkforskjellen over prøven ved målingen. Det krever at en kjenner hvilken damptrykkforskjell det var over prøven ved målingen. Det er nødvendig også for å kunne sammenligne med resultater oppgitt i andre, mer "normale" enheter.

2.2 I NS-EN ISO 12572:2001

I NS-EN ISO 12572:2001 er det definert fire standard prøvebetingelser, A, B, C og D med alternative kombinasjoner av temperatur og RF i boksen og i rommet hvor boksen står. I tillegg kan en velge andre prøvebetingelser når det er hensiktsmessig og partene er enige om dette.

Her oppgis resultatet som "Permeance" med symbolet W og enheten [kg/(m² s Pa)]. "Permeance" beregnes ved å beregne vektendringen og dividere den med prøvearealet, tiden og damptrykkforskjellen over prøven. Her brukes SI-enhetene kg, sekund, m² og Pa (Pascal).

Standarden definerer flere avledede enheter, blant annet "Water vapour resistance" med symbolet Z som er det inverse av "Permeance". $Z = 1/W$ [(m² s Pa)/kg].

Det er også oppgitt formler for omregning til relative enheter som S_d – verdi ("diffusion – equivalent air layer thickness") i kap. 8.7 og motstandstall, μ , ("Water-vapour resistance factor") i kap. 8.6.

Disse formlene er korrekte bortsett fra at formel (7) for beregning av luftens vanndamppermeabilitet, δ_a , gir verdi med "feil" enhet, [kg/(m h Pa)] i stedet for [kg/(m s Pa)]. Luftens vanndamppermeabilitet inngår i formlene for beregning av S_d – verdi og motstandstall, μ . Diagrammet i figur 2 i standarden viser imidlertid vanndamppermeabilitet med riktig enhet.

3 Formler for omregning til S_d -verdi (ekvivalent luftlagstykkelse)

S_d - verdi er en relativ enhet for permeans og vanndampmotstand til et materialsjikt og oppgis i meter eller millimeter. Målt diffusjon gjennom materialsjiktet blir sammenlignet med teoretisk diffusjon gjennom stillestående luft. Et materialsjikt med en S_d -verdi på for eksempel 0,5 m har samme permeans og vanndampmotstand som et 0,5 m tykt lag med stillestående luft.

I NS-EN ISO 12572:2001 kan S_d - verdien beregnes etter formel (9b) i kap. 8.7:

$$S_d = \delta_a Z \quad \text{NS-EN ISO 12572:2001} \quad (9b)$$

der

δ_a = luftens vanndamppermeabilitet [kg/(m s Pa)]
 Z = materialsjiktets vanndampmotstand [m² s Pa / kg]

I NS-EN ISO 7783:2011 beregnes S_d - verdien etter formel (8) i kap. 8.3:

$$S_d = (\delta_a \times \Delta p_v) / V \quad \text{NS-EN ISO 7783:2011} \quad (8)$$

der

δ_a = luftens vanndamppermeabilitet [kg/(m s Pa)]
 Δp_v = vanndamptrykkforskjellen over prøven [Pa]
 V = "Water-vapour transmission rate",
 x = gangetegn

Luftens vanndamppermeabilitet, δ_a , varierer med luftens tetthet som igjen varierer tilnærmet lineært med barometertrykket. Ettersom barometertrykket varierer med høyden over havet vil altså også S_d -verdien til et og samme produkt variere med høyden over havet. Ved en høyde over havet på for eksempel 850 m vil barometertrykket være ca. 10 % lavere og luftens vanndamppermeabilitet ca. 10 % høyere enn ved havnivå. S_d -verdien til et materialsjikt blir derfor ca. 10 % høyere ved en høyde på 850 m over havet enn når det samme materialsjiktet er ved havnivå.

Det er høyden over havet der produktet skal brukes som påvirker S_d -verdien. Høyden over havet der målelaboratoriet er lokalisert har minimal betydning.

Ved koppmåling på forholdsvis dampette materialer blir resultatet ofte ikke korrigeret for diffusjonsmotstanden til luftlaget mellom saltløsningen og prøvens underside og heller ikke for overgangsmotstanden i luften på oversiden av prøven ettersom disse motstandene er små i forhold til materialsjiktets dampmotstand. For svært dampåpne materialer derimot, som vindsperrer, bør det korrigeres

for disse ekstra motstandene over og under prøven slik at oppgitt verdi gjelder fra overflate til overflate av produktet. Ved denne korreksjonen må en bruke permeabiliteten til luften i laboratoriet, dvs. ved den høyden over havet der målelaboratoriet er lokalisert.

Det er imidlertid feil å korrigere motstanden til selve prøvematerialet slik det feilaktig angis i avsnitt 8.1.2 og formlene (2) og (3) i NS-EN ISO7783:2011.

I NS-EN ISO7783:2011 blir luftens vanndamppermeabilitet behandlet som en konstant størrelse, uavhengig av atmosfæretrykket, noe som er feil. Det er luftens vanndamppermeabilitet som skulle vært korrigert for avvikende barometertrykk, med leddet (p/p_0) i stedet for "Water-vapour transmission rate", V , i formel (2). Se avsnitt 2.1 foran.

Formlene i NS-EN ISO7783:2011 gir derfor S_d -verdier og motstandstall, μ -verdier, som gjelder ved normalt barometertrykk, dvs. ved havnivå. Formlene er for øvrig korrekte og i overensstemmelse med formlene i NS-EN ISO 12572:2001.

Denne feilen i NS-EN ISO7783:2011 har imidlertid begrenset praktisk konsekvens. Det er bare når en bruker S_d -verdier som inngangsverdier ved "nøyaktige" beregninger av vanndampdiffusjon i konstruksjoner "høyt til fjells" at det strengt tatt er nødvendig å ta hensyn til at S_d -verdien øker med høyden over havet.

Ved sammenligning av forskjellige materialer og ved sammenligning med krav og kriterier bør en alltid bruke verdier som gjelder ved normalt barometertrykk. Når ikke noe annet er opplyst kan en gå ut fra at oppgitte S_d -verdier og motstandstall, μ -verdier, er beregnet for normalt barometertrykk.

4 Vurdering av kravene i EN 1504-2 opp mot andre kriterier

I denne produktstandarden for *Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner* er det definert tre klasser, I, II og III når det gjelder "Permeability to water vapour". Det er likelydende grenseverdier for "impregnation" (Table 4) og "coatings" (Table 5).

I tabell 1 nedenfor er karakteristikkene, klassene og grenseverdiene for de tre klassene i EN 1504-2 gjengitt. I tabell 2 er tilsvarende grenseverdier som brukes av SINTEF Byggforsk i forskjellige sammenhenger når det gis enkle råd og anbefalinger om materialbruk i golv, yttervegger og tak og ved utarbeiding av Teknisk Godkjenning for innvendige og utvendige sperresjikt.

Tabell 1

Klassifisering etter NS-EN 1504-2:2004

Karakteristikk	Class	Grenseverdi
Permeable to water vapour	I	$S_d < 5$ m
Not dense against water vapour and not permeable to water vapour, e.g. in-door paintings	II	$5 \text{ m} \leq S_d < 50$ m
Not permeable to water vapour	III	$S_d > 50$ m

Tabell 2

Klassifisering brukt i Anvisninger og andre publikasjoner i SINTEF Byggforsk

Karakteristikk	Grenseverdi
Dampåpen	$S_d < 0,5$ m
Dampbrems	$0,5 \text{ m} \leq S_d < 10$ m
Damptett (grenseverdi for dampsperrer i vanlige, tørre bygninger)	$S_d > 10$ m

Tabell 3

Eksempel på beregnet vanddamptransport avhengig av S_d - verdi

Vanddampmotstand, S_d -verdi, m	Vanddamptransport, g/m ² døgn	Vanddamptransport, kg/m ² år
0,05	392	143
0,5	39,2	14,3
5	3,92	1,43
10	1,96	0,715
50	0,392	0,143

Tabell 3 viser beregnet vanddamptransport gjennom et materialsjikt avhengig av S_d -verdien når temperaturen er + 23 °C og relativ luftfuktighet er henholdsvis 93 % RF og 50 % RF på hver side av materialsjiktet.

Verdiene gjelder ved normaltrykk ved havnivå.

Vanddamptrykket, og dermed vanddamptransporten, øker til ca. det dobbelte når temperaturen øker med 10 °C under ellers like forhold. På samme måte reduseres transporthastigheten til ca. det halve når temperaturen reduseres med 10 °C.

4.1 Kommentarer

4.1.1 "Dampåpen"

Grenseverdien: $S_d < 5$ m, for " Permeable to water vapour" i NS-EN 1504-2:2004 er en svært høy dampmotstand sammenlignet med grenseverdier som vanligvis brukes ved "klassifisering" av dampåpne materialsjikt i isolerte bygningskonstruksjoner som trenger uttørkingsevne.

I ytterkonstruksjoner mot det fri, som golv, yttervegger og tak, anbefaler SINTEF Byggforsk at isolasjonen beskyttes med et vindtett materialsjikt, en vindsperre eller en kombinerte vindsperrer og undertak, som er mest mulig dampåpen, dvs. produkter med lavest mulig S_d -verdi. Hensikten er å gi konstruksjonene god uttørkingsevne, først og fremst for å gi rask uttørking av byggfukt i byggefasen, men også for å sikre at konstruksjonene har god uttørkingsevne etter ev. oppfukning i driftsfasen.

I anvisninger i Byggforskserien (BKS) og i retningslinjene for utarbeiding av Teknisk Godkjenning for slike produkter er øvre grenseverdi for "tillatt" dampmotstand: $S_d \leq 0,5$ m.

For en del 10 - år siden var vanlig øvre grense for "dampåpne" produkter som vindsperrer $S_d \leq 2$ m. I driftsfasen var dette sannsynligvis uproblematisk for noenlunde feilfrie konstruksjoner i tørre bygg, men det ga vesentlig senere uttørking av byggfukt enn grenseverdien som brukes i dag, $S_d \leq 0,5$ m.

Teoretiske parameterstudier som ble gjort på 1990 – tallet viste at lav dampmotstand på kald side er et effektivt tiltak for å få raskere uttørking og redusert risiko for muggvekst ytterst i golv, vegger og tak mot det fri. Det gir derfor mer robuste og fuktsikre konstruksjoner. På 80 - og 90 – tallet kom det også mange nye rullprodukter med svært lav dampmotstand. Dette førte til at anbefalt grenseverdi for "dampåpne" materialsjikt ble endret fra 2 m til 0,5 m.

4.1.2 "Dampnett"

Innvendig for ytterkonstruksjoner mot det fri anbefaler SINTEF Byggforsk at det monteres en dampsperre. Dampsperran skal både være lufttett, for bl.a. å hindre at fuktig inneluft lekker ut og fukter opp konstruksjonene, og "dampnett" for hindre oppfukning av vanndamp som diffunderer innenfra og utover gjennom konstruksjonene.

Produkter som har S_d -verdi ≥ 10 m benevnes "dampnette" og er tilstrekkelig dampnette til å hindre skadelig oppfukning ved diffusjon i alle ytterkonstruksjoner i normale "tørre" bygninger som boliger og kontorbygg. Denne grenseverdien brukes som krav til produkter for generell bruk som dampsperre i slike bygninger. I tørre rom kan dampmotstanden være noe lavere uten at diffusjon fører til fuktproblemer forutsatt at den utvendige vindsperran er tilstrekkelig dampåpen.

Utvendig for flislimet i flisledde våtrom er det derimot viktig at det monteres et sperresjikt, en membran, med S_d -verdien på 10 m eller mer. Sementbaserte flislim kan være permanent fuktige og derfor gi et høyt vanndamptrykk og tilsvarende stor vanndampdiffusjon utover i veggen. Det skyldes at flislimet suger opp vann kapillært via fugene, dusjvann e. l. i våtsoner og fra eventuell overflatekondens utenom våtsonen. Både flislagte yttervegger og flislagte innervegger mot mulige kalde rom, som soverom, må derfor ha et dampnett sjikt med S_d -verdi ≥ 10 m for å være fuktsikre.

I fuktige bygg, som svømmehaller og produksjonslokaler med vannsøl og eller høy temperatur, må det brukes dampsperrer med høyere vanndampmotstand, S_d -verdi helst over 100 m. Det oppnår en for eksempel med 0,2 mm tykk PE-folie.

5 Kontrollregning av resultater fra tidligere oppdrag iht begge standarder

Ettersom de to målestANDARDENE, trass noen feil, har formler som i praksis gir lik beregning av S_d -verdi har vi ikke kontrollregnet tidligere måleresultater. I stedet har vi beregnet vanndamptransport gjennom materialsjikt med noen alternative S_d -verdier ved samme betingelser som beskrevet for "våtkopp" i NS-EN ISO 7783:2011. Resultatene er vist i Tabell 3.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no