



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Sådan testes kvaliteten af mursten

Lars Peter Salmonsén, Teknologisk Institut





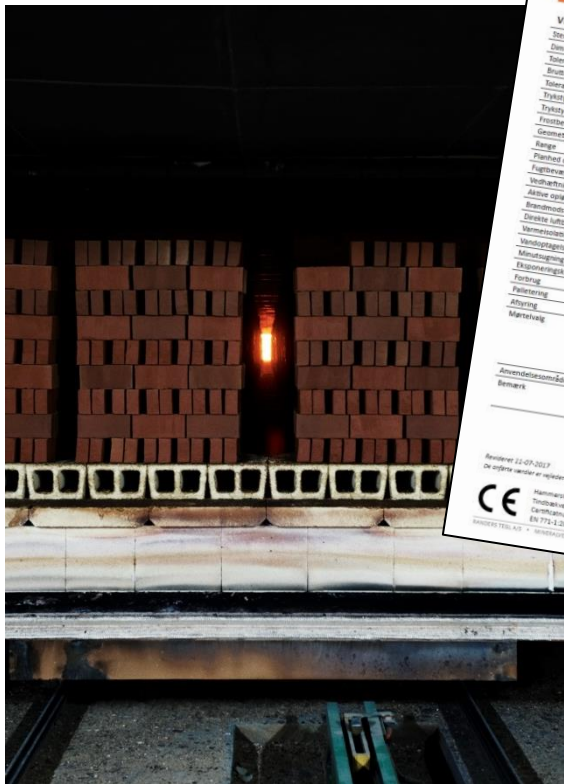
- Forskellen på at bygge med nye og gamle sten
 - Teglproduktion i dag og tidligere
 - Produktionens indflydelse på teglets kvalitet
 - Påvirkning fra brug og nedrivning
- Skærpede krav i moderne byggeri
- CASE: CF-kasernen i Kolding
 - Hvordan blev murstenenes kvalitet dokumenteret
 - Hvilke anbefalinger kunne gives
- Tjekliste ved genbrug af mursten

Når du bygger med nye mursten



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Moderne produktionsudstyr giver et meget ensartet produkt
- Datablad og CE-mærkning med alle væsentlige parametre
- Online mørtelvælger til rådighed



RT 532 UNIKA	
VILLANOVA BLØDSTRØGEN	
Sortetype / kategori	
Dimensioner	HD1
Tolerance	12
Fladefærdighed	D12
Tyktolerance	1,850 kg/m ³
Trykstyrke, liggeflade midtst, min.	22 (samlet 4 x 4 mm, bredde x 3 mm, højde x 2 mm)
Trykstyrke, liggeflade normaliseret, min.	D1 Minimumsværdi ±20%
Frostbestandighed	28 N/mm ²
Genomsigt	20 N/mm ²
Range	F2
Planhed og parallelitet	Gruppe 1 i henhold til EN 3996-1-1
Ligtorværdier	NFO
Isolering	NFO
Active opvarmingsværdi	NFO
Brændværdi	0,15 N/m ³ (tabelværdi, EN 396-2, annex C)
Denne luftåren isolations	50
Membran	A1 (indeholder < 1,0% organisk materiale)
Vandtætheds midtst	NFO
Minutværdi midtst	NFO
Ekspansionskoeff. (midtst)	12,0-14,0 µg/g °C
Fasthed	2,0-2,5 kg/m ²
Poliering	M44
Aftryk	53 str/m ²
Mærtevalg	80 mm
Udvælgelse	M4 aftrykstr. Randers Teglt's gjerdende vejledning
Udvælgelse	ens værdier for mindreværd og vandtætheds midtst og med trykstyrke og holdbarhed i overensstemmelse med teglens egenskaber og ekspansionskoeff. med trykstyrke Mærtevalg i Mærtevalglisten eller spjæt mærtevalg.
Udvælgelse	Tegl er et naturmateriale og der kan forekomme variationer i farve og struktur. Se derfor prøver eller referenceteglbøger med de aktuelle teglproduktioner.
Udvælgelse	Udvælgelse

Revideret 22-07-2017

De angivne værdier er vejledende. De præcise værdier for en bestemt leverance kan fås ved henvendelse til Randers Teglt A/S.



Hammerværdi: Teglløs
Midelværdi: 16, 850 Dure
Certifikatnummer: 0773-CFR-A1399
EN 771-2:2012

RANDERS Tegl A/S • HEDERSTED • DK-8660 AALBØS • TLF 86 12 2844 • FAX 86 10 90 86 • CVR 26 64 02 34 • WWW.RANDERSTEGL.DK



Når du genbruger gamle mursten



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Andre produktionsvilkår

- Typisk brændt i kulfyrede ringovne
- Lokale variationer i brændingstemperatur
- Flere kvaliteter af sten i samme brænding
- Sortering i fuldbrændte og lavere brændte sten, til forskellig brug.



Påvirkning fra brug og nedrivning

- Salte fra opstigende grundfugt kan give problemer med mørtlens hærdning når stenen genbruges
- Mørtelrester og støv på liggeflader kan påvirke vedhæftningsstyrken



Skærpede krav i moderne byggeri



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Omkring 1960 påbegyndes isolering af facademure. Det stiller større krav til murstenenes frosthæthed, da formuren bliver koldere og mere fugtig.
- Slankere konstruktioner med adskillelse af for- og bagmur kræver større bøjningstrækstyrke af murværket
- Konstruktioner med mindre tagudhæng giver større eksponering for vejrliget
- Større vinduespartier betyder større opfugtning af dele af murværket



Case:

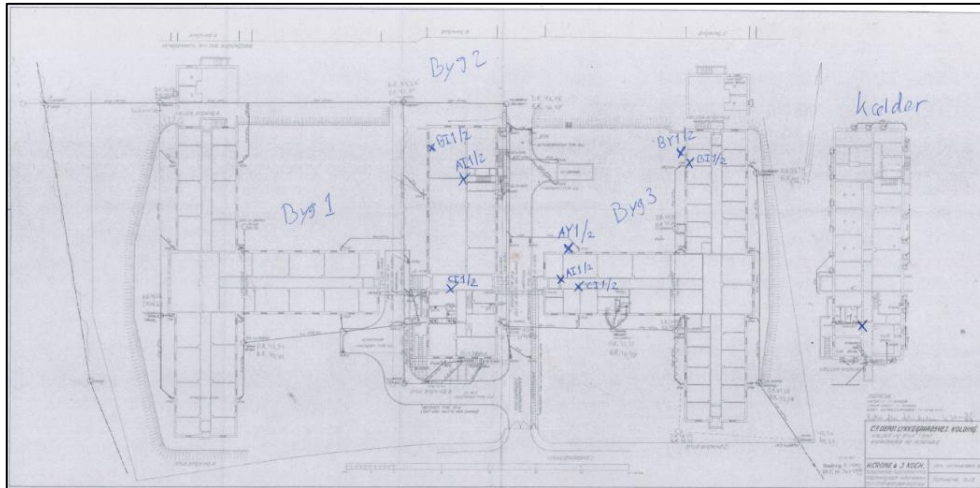
CF-kasernen i Kolding

Udgangspunkt for vurderingen



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- 18 sten indleveret af rekvirenten
- Kort og fotos der viser hvor prøverne er udtaget
- Det er oplyst at bygninger er opført i 1943-1944



1. Visuel vurdering af tilsendte prøver



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Alle anvendte sten er gule strengpressede sten, som kan have lav frostfasthed
- Teglmaterialet er ensartet hvad angår struktur, homogenitet, skærvfarve og form
- Varierende indhold af savsmuld
- Brændingstemperaturer vurderes til mellem 1020 og 1060 °C for samtlige prøver
- Stor variation i sættemærker og kulpåbrænding peger på, at der er anvendt sten fra hele ringovnnens tværsnit
- God klang indikerer lav forekomst af revner (også ikke-synlig revner)

Vurdering

Stenene stammer alle fra samme teglværk og periode, og der er ikke tegn på sortering i fuldbrændte og lavere brændte sten. Det kan derfor forsvares at betragte stenene som en normalfordelt stikprøve.

2. Prøvning af tilsendte prøver



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Dimensioner

- Murstenenes format blev dokumenteret, da har betydning for forbandtet.
- Man må forvente større tolerancer ved genbrugssten end ved nye sten – det stiller større krav til mureren

Densitet og trykstyrke

- Densiteten blev dokumenteret, da den benyttes ved beregning af egenlast og lydforhold
- Trykstyrken blev dokumenteret, da den indgår i beregning af murværkets bæreevne
- Der er ikke nogen generel minimumsværdi for trykstyrken. Kravet afhænger af hvilken belastning konstruktionen kræver af stenen
- Trykstyrken er desuden et led i vurdering af kvaliteten, da lav trykstyrke relaterer til forhold i produktionen

2. Prøvning af tilsendte prøver



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Vandoptagelse og minutsugning

- Vigtige parametre for valg af opmuringsmørtel og evt. supplerende mursten
- Værdierne varierer mere end for nye mursten – dels pga. større variation i brændingsgrad, dels pga. mørtelrester og støv på stenenes liggeflader
- Dette kan betyde lavere vedhæftningstyrke mellem tegl og mørtel

2. Prøvning af tilsendte prøver



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Frostfasthed

- Frostsprængninger sker når trykket fra krystallisation af is i murstenens luftporer overstiger materialets trækstyrke
- Frostfastheden afhænger både af råmaterialet, strygningsmetoden og brændingsgraden
- Lav frostfasthed er et hyppigt problem for især gule, strengpressede mursten
- Frostfasthedstest er tidskrævende
- I stedet bestemte vi murstenenes porefyldningstal, som er et hurtigere og billigere mål for frostfastheden.

$P_f \leq 0,8$:	Tilfredsstillende frostmodstandsevne for udendørs anvendelse i facader i norsk klima
$0,8 \leq p_f \leq 0,9$:	Usikker frostmodstandsevne
$P_f \geq 0,9$:	Normalt ikke tilfredsstillende frostmodstandsevne for udendørs anvendelse i facader i norsk klima



Eksempel på frostsprængning af lavtbrændte røde maskinsten.

2. Prøvning af tilsendte prøver



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Modstandsevne mod saltpåvirkning

- Typisk problem for rødt tegl
- Ikke relevant for CF-kasernen



2. Prøvning af tilsendte prøver



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Bestemmelse af saltindholdet

- Et højt saltindhold kan være kritisk for mørtlens hærdning
- Saltindholdet kan bestemmes vha. en hygroskopisk fugtmåling
- Vi havde en enkelt prøve fra kælderen til rådighed
- Prøvens saltindhold var ikke kritisk i sig selv, men indikerede at der var noget galt.

Foreløbig anbefaling:

Nærmere undersøgelse hvis mursten fra kælder og nær terræn ønskes genbrugt



Første faresignaler i kælderen



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Massive afskalninger af puds og/eller maling
- Dette er typiske tegn på fugt- og evt. saltbelastning af murværket



Tegn på omfattende saltbelastning



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Overflader glimter af salte
- Stedvis vækst af natriumsulfatdecahydrat
- Stedvis forvitring pga. poretryk fra krystallisation af salte
- Målte koncentrationer op til 5%

Endelig anbefaling: Terrænnære mursten fra kasernen er ikke egnede til genbrug!



Tjekliste ved genbrug af mursten



TEKNOLOGISK
INSTITUT

1. Kort besigtigelse/screening før nedrivning
 - Er murstenene overhovedet værd at genbruge?
 - Hvis der er potentiale for genbrug udtages prøver til dokumentation af kvaliteten
2. Laboratorieprøvning af teglets kvalitet
 - Trykstyrke
 - Frostfasthed (afhængig af tegltypen)
 - Modstandsdygtighed overfor krystallisation af salte
 - Saltindhold
3. Bestemmelse af yderligere parametre til projektering og mørtelvalg
 - Densitet, vandoptagelse og minutsug
4. Evt. test af mørtelvalg
 - Er der høje krav til murværkets bøjningsstyrke kan der foretages prøveopmuring eller fugeknækkerforsøg
5. Modtagekontrol på byggeplads
 - Speciel opmærksomhed på murstenenes fugtindhold og støv på murstenenes liggeflader