

BEST PRACTICE MURSTEN

30-10-2018

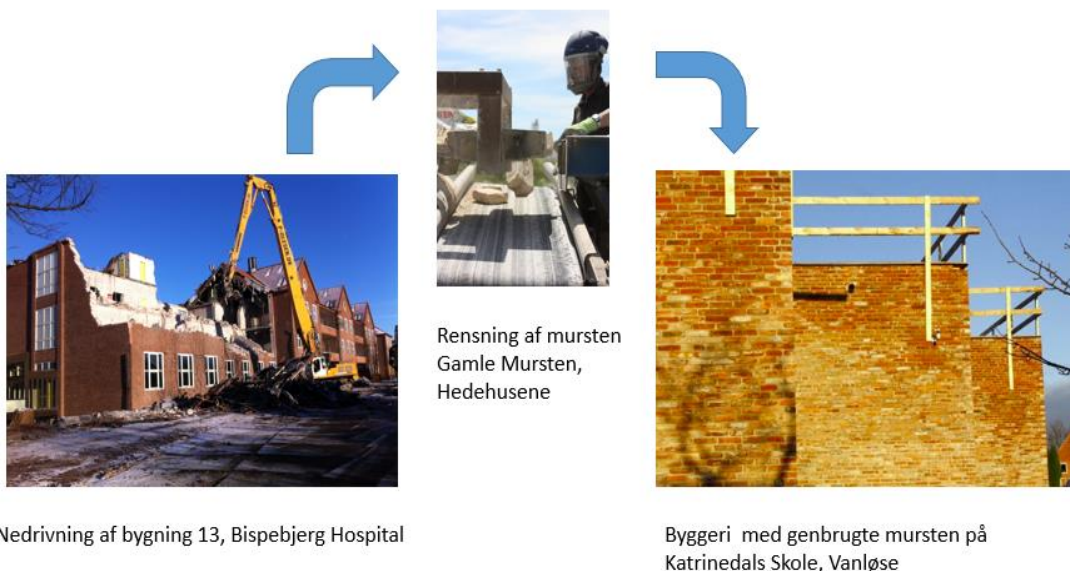


Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	3
2. Værdikæde og processer.....	3
3. Nedrivning.....	4
3.1 Forundersøgelser.....	4
3.2 Projektering og udbud af nedrivning.....	6
3.3 Miljøsanering.....	6
3.4 Selektiv nedrivning.....	7
3.5 Affaldshåndtering.....	8
4. Transformation.....	9
4.1 Forberedelse til genbrug.....	9
4.2 Rensning af mursten.....	9
4.3 Kvalificering af mursten.....	10
5. Byggeri.....	12
5.1 Forundersøgelser.....	12
6. Litteratur.....	14

1. Indledning

Denne best practice beskrivelse har til formål at give praktisk vejledning til bygherrer, rådgivere, entreprenører m.fl. om genbrug af mursten. I de seneste undersøgelser og rapporter om genbrug af mursten er der givet en alsidig og detaljeret beskrivelse af forholdene omkring nedrivning af murværk, rensning og genbrug af mursten. Der er overvejende enighed om, at genbrug af mursten er bæredygtig.



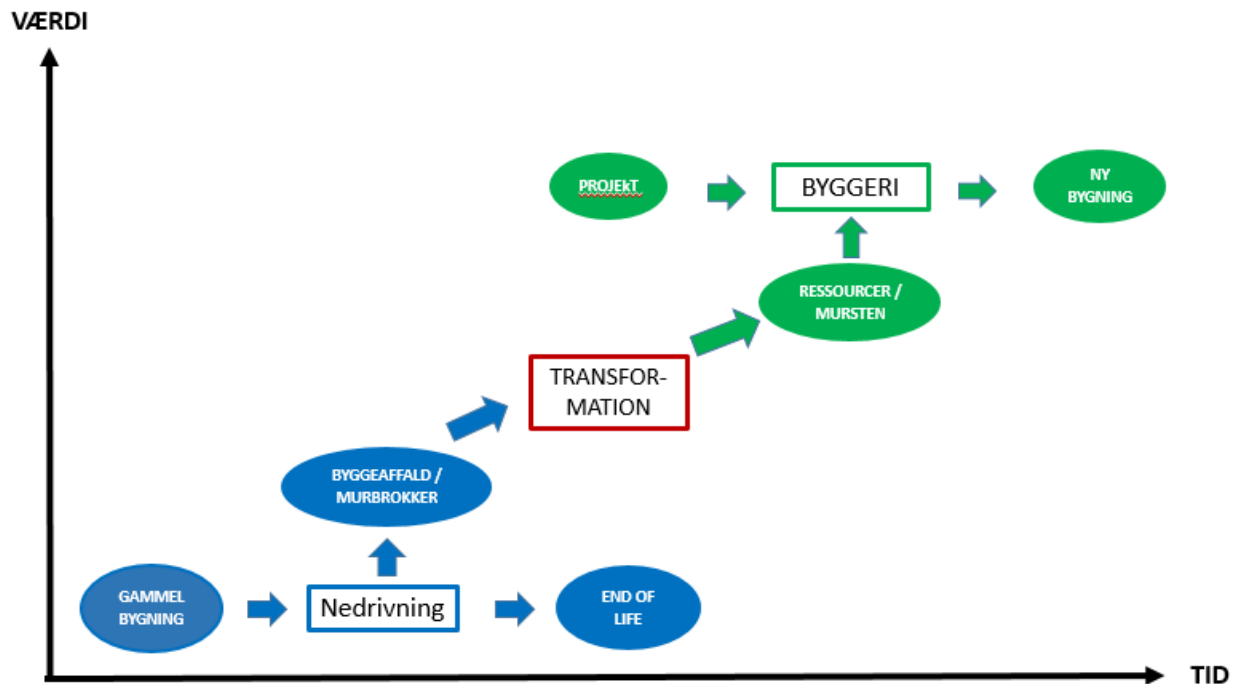
Mursten indgår som den største del af affaldsfraktionen tegl. Genbrug af mursten betragtes som højeste niveau i affaldshierarkiet med hensyn til kvalitet i genbrug/genanvendelse.

Tabel 1. Forskellige kvaliteter af genbrug og genanvendelse af mursten, nævnt i kvalitetsmæssig orden fra toppen, jf. Miljøprojekt nr. 1919 [1]

Kvalitets-niveau	Materiale	Anvendelse
1. Højeste	Genbrug af murværk	Genbrugte hele murværksfelter, overliggere etc.
2. Højeste	Genbrug af mursten	Rensede mursten til nybyggeri eller reparation af murværk.
3. Mellemste	Genanvendelse af knust murværk	Nedknusning af tegl og mørtel, brænding og hærdning til nye mursten, KTS-sten, (kalk-tegl-sand-sten).
4. Mellemste	Genanvendelse af knuste mursten	Nedknuste materialer til overfladebelægninger, stier, evt. blandet med knust beton og asfalt.
5. Mellemste	Genanvendelse i produkt til grønne tage	Knust tegl anvendes i produkt til grønne tage, hvor evnen til at opsuge og afgive vand udnyttes.
6. Laveste	Genanvendelse af knuste teglmateriale som fyld	Fyld i ledningsgrave, fliseunderlag, kapillarbrydende dæk m.v., opfyld og landvinding.

2. Værdikæde og processer

Cirkulær økonomi, genbrug af mursten og andre byggematerialer tager afsæt i værdikæden for bygninger i to forskellige livsforløb, som vist i figur 1. I det ene livsforløb ser vi på afslutning af livsforløbet med nedrivning og end-of-life samt produktion af byggeaffald inkl. murbrokker. I det andet livsforløb ser vi starten af et projekt med byggeri, som afsluttes med ibrugtagning af ny bygning. Til byggeriet forbruges ressourcer, herunder genbrugte mursten.



Figur 1. Principskitse visende værdikæderne for henholdsvis gammelt og nyt byggeri og den cirkulære økonomi forbundet med værdiforøgelse og transformation af murbrokker i byggeaffald til genbrug af mursten i nyt byggeri.

Genbrug af mursten forudsætter en overordnet forståelse af det samlede system, bestående af de to livsforløb og transmissionen af affald til ressourcer og murbrokker til mursten. Hertil kommer et detaljeret kendskab til de tre vigtigste processer: Nedrivning, transformation og byggeri for så vidt angår genbrug af mursten.

Nærværende "Best practice" giver praktisk vejledning til processerne i værdikæden frem til selve byggeriet.

3. Nedrivning



3.1 Forundersøgelser

Forundersøgelser omfatter:

- Undersøgelse af de nærmere omstændigheder og vilkår for gennemførelse af projektet, herunder tjek af kommunens affaldsregulativ.
- Indhentning af tegninger og beskrivelser af det eksisterende byggeri samt besigtigelse og opmåling af bygningen i nødvendigt omfang.
- Kortlægning af ressourcer i bygningen omfattende opgørelse af mængder og fraktioner af materialer i bygningen og vurdering af de potentielle genanvendelsesmuligheder og håndtering af materialerne. Der henvises til InnoBYG Materialeatlas [2] og Miljøprojekt 2006 [3].

- Kortlægning af farlige stoffer, inkl. indledende screening af PCB, jf. Affaldsbekendtgørelsen [4], samt kortlægning af andre forurenende stoffer. Der henvises til SBI-anvisning 241 [5] og til DAKOFAs "Viden om" ark [6].
- Vurderinger af muligheder for håndtering af affald, herunder håndtering af teglaffald med henblik på genbrug af mursten, inklusiv logistisk, økonomisk og miljømæssig vurdering.
- Forslag til miljøsanering, nedrivningsmetoder, affaldshåndtering, genbrug/genanvendelse af mursten.
- Forslag til budget og tidsplan.

Der henvises til SBI-Anvisning 171 [7], afsnit 8.2.

Kortlægning af murværk med henblik på genbrug af mursten omfatter:

- Oplysning om årstal for byggeri:
 - Byggeri før 1950'erne er sandsynligvis muret med kalkmørtel og murstenene er let adskillelige. Senere byggeri er sandsynligvis muret med cementholdig mørtel, men ofte med et så lavt cementindhold, at murstenene kan adskilles og renses. Det anbefales at hugge i mørtlen og prøve frigørelse af stenene eventuelt suppleret med udtagning af prøve og laboratorieundersøgelse af mørtlen.
 - Byggeri opført eller renoveret fra 1950 til 1977 bør undersøges for PCB. Relevant for murværk er især anvendelsen af PCB-holdig fugemasse omkring vinduer og døre etc., hvorfra PCB kan have vandret ud i murværket. Dette gælder også vinduer skiftet i perioden.
- Opgørelse af de samlede mængder mursten egnet til genbrug. Dog skal forurenede og skadede sten ikke medregnes. Med mindre man er sikker på renheden, gælder dette sædvanligvis for følgende typer sten:
 - Sten i skorsten og i nærheden af skorsten med mulig forurening.
 - Sten umiddelbart over terræn eller fortov, dvs. 4-5 skifter / 25-30 cm sokkelhøjde, hvor der har været saltet eller der er sket fugtindtrængning.
 - Sten i kældre og fundamenter under terræn.
- Der bør foretages opgørelse af henholdsvis bagsten og facadestenen, idet der kan forekomme efterspørgsel af facadestenen alene.
- Konstruktionen i murværket skal undersøges, idet tykkelsen og typen af murværket afhænger af alder og bygnings størrelse. Det skal undersøges om murværket er massivt eller med hulmur, og om hulumuren er med faste binderkolonner, dvs. muret sammen, eller med trådbindere. Ligeledes skal isolering i hulumuren undersøges.
- Kvaliteten af mursten skal undersøges. Flere metoder kan anvendes, herunder metoden til bedømmelse af teglstens egenskaber ved hjælp af skærvfarven [8], strykningsmetoden m.m. Se faktaboks 1 for en oversigt over flere testmetoder. Evt. markering af teglværkets navn på stenen bør noteres.

Vurdering af genanvendelsespotentialet sker ud fra følgende betragtninger:

- Mængden af mursten. Store mængder ensartede sten er nemmere at afsætte end mindre mængder sten. Til støtte for vurdering af den potentielle mængde af genbrugte mursten kan man som udgangspunkt regne med en mængde på ca. 50% af den samlede vægtmæssige mængde murværk, idet der tages hensyn til fradrag af mørtel, 20 – 25%, samt fradrag af mursten, der skades under miljøsanering, nedrivning, håndtering på nedrivningsstedet, transport til modtageanlæg, samt sten, der skades under renseprocessen. 50% vægtmæssig mængde svarer til 200-250 hele sten pr. ton, afhængig af stenedes vægt, som ligger på 2,0 – 2,5 kg pr. sten, hele sten pr. ton. Halve sten (kopper) skal også medregnes i den egnede mængde sten til genbrug.
- Eventuel konkret efterspørgsel til nyt byggeri eller reparation af eksisterende byggeri.
- Kvaliteten af murstenen og særlig historisk/kulturel værdi af murstenene.
- De geografiske og logistiske forudsætninger for genanvendelse af mursten, herunder afstande til anlæg, der modtager mursten til rensning, evt. midlertidig oplægning af mursten.
- Vurdering af alternative genanvendelsesmuligheder, som angivet i tabel 1, ud fra en sammenlignende vurdering af de økonomiske og miljømæssige fordele og ulemper.

3.2 Projektering og udbud af nedrivning

Projektering omfatter undersøgelser og valg af:

- Nedrivningsmetoder og teknik, inkl. design, risikoanalyse m.v.
- Metoder til miljøsanering af de forskellige typer forurening.
- Metoder til håndtering og bortskaffelse af affald, herunder genbrug/genanvendelse af mursten. Ved større mængder og særlige udfordringer gennemføres logistisk, økonomisk og miljømæssig sammenlignende analyser af de forskellige mulige løsninger. Der henvises til eksempelvis beregninger i København Kommunes rapport om genbrug af mursten på Katrinedals Skole [9].

Der henvises i øvrigt til SBi-Anvisning 171 [7], afsnit 8.2.

Det har hidtil været kutyme, at bygherren overlader projektering og valg af metoder til nedrivningsentreprenøren. Med hensyn til genbrug af mursten er spørgsmålet om hvem der har ansvar for projektering mindre afgørende. Det vigtigste er, at der følges op på kortlægningen med supplerende information og præcisering af de nærmere vilkår for nedrivningen, som sikrer den størst mulige mængde sten til rensning og genbrug og den mest økonomisk fordelagtige afsætning af genbrugte sten til nybyggeri.

Det er desuden vigtigt, at afsætningsmulighederne for genbrugte sten undersøges i god tid før nedrivning. Det anbefales, at bygherren på et så tidligt tidspunkt som muligt før udbud af nedrivningsprojektet undersøger afsætningsmulighederne for genbrugte mursten. Hvis bygherren i sit udbud vælger at overlade projekteringen og afsætning af mursten til entreprenøren, er det meget vigtigt, at tilbudsgiveren får tilstrækkelig tid til at undersøge markedet og muligheder for afsætning af mursten inden afgivelse af tilbud. Spørgsmål om afsætning af mursten til genbrug kan stilles aktører som nævnt i oversigt over leverandører, faktaboks nr. 2 i afsnit 5 Byggeri.

Projektering af nedrivning af murværk med henblik på genbrug bør omfatte:

- Opgørelse af murværk, som påregnes nedrevet med henblik på genbrug af mursten.
- Opgørelse af murværk, som påregnes genanvendt til andre formål, jf. tabel 1.
- Valg af metoder til nedrivning af murværk med henblik på genbrug af mursten.
- Valg af afsætning af murværk med henblik på genbrug af mursten, herunder valg af metoder til sortering, håndtering og rensning af mursten.
- Valg af afsætning af mursten til genbrug, evt. direkte afsætning til anden bygherre eller afsætning til modtageanlæg med henblik på videresalg af sten til genbrug.

Udbuddet omfatter arbejdsbeskrivelser og særlige betingelser for arbejdets udførelse i overensstemmelse med valg og beslutninger under projekteringen. Arbejdsbeskrivelser for nedrivning af murværk med henblik på genbrug af mursten bør som minimum indeholde:

- Krav til skånsom nedrivning af murværk, herunder krav til fx nedrivning af sten i hånden, krav til afdækning af maskiner og nedfaldsområde med gummimåtter for at skåne sten samt krav om ikke at køre med bæltmaskiner i murbrokker m.v.
- Krav til sortering af sten og midlertidig oplægning på nedrivningspladsen, herunder evt. krav om sortering af bagsten og facadesten.
- Krav om kopsten skal genbruges eller ikke genbruges.

Se detaljerede anvisninger under afsnit 3.4 Selektiv nedrivning.

3.3 Miljøsanering

Genbrug af mursten forudsætter, at stenene er uforurenet, dvs. fri for miljøproblematiske stoffer. Lettere forurenede mursten kan genbruges/genanvendes i henhold til Restproduktbekendtgørelsen [10].

Vurdering af murstenenes egnethed til genbrug/genanvendelse er derfor afhængig af forureningens karakter og påvirkning af stenene. Facadesten uden puds eller maling kan normalt betragtes som uforurenede, når det er fastlagt, at der ikke er sket forurening med PCB, som kan vandre ud i murværket fra PCB-holdig fugemasse. Pudsede malede vægge kan være forurenede med PCB og bly og andre stoffer i malingen. I tilfælde af lettere forurening af pudsede malede vægge, kan forureningen sidde i pudsen alene og væggene er uforurenede. Dette kan kun afgøres ved prøveudtagning og laboratorieundersøgelse.

Selvom bagstene i en hulmursvæg er konstateret forurenede, kan facadestenen godt være uforurenede. Genbrug af disse facadesten kræver separat nedrivning af facadesten.

Opmærksomheden henledes på, at det er vigtigt, at genbrugte sten og deres renhed er sporbar og dokumenteret. Det anbefales derfor, at kvalitetssikringsdokumenter fra miljøsanering og nedrivning følger med afsætning af mursten til genbrug.

3.4 Selektiv nedrivning

Det er i dag almindelig praksis, at nedrivning gennemføres som selektiv nedrivning i henhold til NMK 96 - Nedbrydningsbranchens MiljøKontrolordning [11] og den tilknyttede KSN 96 - KvalitetsSikring for Nedbrydere [12]. NMK 96 går ud på, at nedrivning udføres i tre faser:

- a) Afklædning af objekt.
- b) Nedrivning af konstruktion (tagkonstruktion og råhus).
- c) Rydning af grund.

Dvs., før nedrivning af murværk skal bygningen ikke blot være miljøsaneret, men også afklædt for døre, vinduer, inventar, fliser, tapet evt. puds m.v. Alle indre og ydre murstensvægge bør være helt afklædt og lige til at rive ned uden risiko for at blande murværket sammen med andre materialer eller forurenende stoffer.

Nedrivning med maskiner

- Nedrivning af 1-2 etages bygninger udføres med sortergrab på gravemaskine, typisk 25-30 t, med passende lang arm og grabbe murværket fra top eller med gravemaskine med skovl og trække facaderne ned udefra.
- Nedrivning af 3 etagers og højere bygninger kræver ofte en højere arbejdsplads med kørsel i brokker indvendigt som kælderopfyld eller udvendigt oplagte brokker. Det er vigtigt at skåne brokkerne mest muligt ved udlægning af køreplader til aflastning af tryk for maskiner eller anden form for afdækning.
- Ved højere bygninger bør de anvendes maskiner med lang-arm.
- Ved afdækning af skovl/grabbe, nedfaldsplads, container m.v. med gummimåtter kan skader på mursten under nedrivning og læsning reduceres.
- I nogle tilfælde, når der er tale om dobbeltstens hulmur, er det muligt at adskille bagsten fra facadesten.
- Opsamling af sten bør ske i containere i stedet for læsning og transport med sættevogn.
- Størst mulig begrænsning af spild af sten.
- Der er behov for tid til nedrivning af sten til genbrug. Korte tidsfrister for nedrivning er ofte barrierer for udtagning af sten til genbrug.

Nedrivning af murværk med hydraulisk hammer er ikke velegnet til nedrivning af murværk med henblik på genbrug.

Efterhånden som nedrivning af murværket skrider frem opsamles mursten, sorteres og oplægges i midlertidige depoter med henblik på rensning eller på transport til modtageanlæg.

Nedrivning med håndkraft

I tilfælde, hvor der ønskes særlige hensyn til genbrug af mursten, kan nedrivning udføres ved håndkraft, jf. nedenstående eksempel.

1. Murstenene nedtages en for en.
2. Murstenen løsnes fra murværket nænsomt, evt. med små slag med træskaffet af en hammer.
3. Murstenen renses for mørtel til ren tegl.
4. Murstenene lægges (ikke smides) på europaller med 3 pallerammer.
5. Mursten med mindre skader lægges i selvstændige kasser.
6. Halve sten lægges ligeledes i selvstændige kasser.
7. Sten lægges i kasserne; de skal ikke stå på kant.
8. Pallerne placeres således, at de nemt kan nås med pallegaffler.
9. Stenene fragtes til opmagasineringsplads anvist af Bygherren.

Eksempel 1. Nedrivning ved håndkraft.

For at sikre det størst mulige antal mursten til genbrug gives følgende supplerende anvisninger for nedrivning af industribygninger, parcelhuse, landbrugsejendomme og offentlige byggerier:

- Murværket skal neddeles til enkelte sten, højst to sammenhængende. I tilfælde af massivt murværk og ringe adskillelse under nedrivning kan neddeling ske ved løft af brokker og nedfald på hårdt underlag.
- Hvis der er kælder og det er nødvendigt at fylde den op for at kunne nedrive bygningen indefra, bør man anvende de indvendige skillevægge til fyld. Læsning af både facademursten og bagmursten sker udefra.
- Hvis der er mellemdæk, trækkes murværket ud og læsses, inden der køres videre i brokkerne. Hvis dette ikke er muligt, bør indsatsen rettes mod nedrivning og læsning af facaderne.
- Indvendige skillevægge samt mursten fra lofter anvendes ikke til genbrug.
- Murværk med bagsten af porebeton/gasbeton og cementsten adskilles og murstenene frasorteres.
- Forurenede mursten fra skorstene m.v. skal frasorteres.
- Molersten og ler sten frasorteres evt. med henblik på anden nyttiggørelse, dog kan mindre mængder accepteres, hvis det ikke kan skilles.
- I tilfælde af behov for ramper til nedrivningsmaskine for at nå op til den øverste del af bygningen, anvendes indvendige skillevægge eller i nødstilfælde, facader med mange åbninger, som indeholder flest halve sten grundet åbninger i murværket. Koncentrer indsatsen om gavlene, hvor der ikke er åbninger.
- Mursten i alle størrelser kan anvendes til genbrug
- Mursten i kældre og facader op til 4-5 skifter/25-30 cm sokkelhøjde over terræn/fortov frasorteres til evt. anden nyttiggørelse.
- Belægningstegl kan anvendes, såfremt de er lagt løst i sand eller jord.

3.5 Affaldshåndtering

På grundlag af kortlægning af materialer, anmeldes og håndteres byggeaffaldet i de respektive fraktioner i overensstemmelse med det kommunale affaldsregulativ. Tegl og murbrokker søges genbrugt/genanvendt til højeste kvalitetsniveau, jf. tabel 1.

Håndtering af murbrokker med henblik på genbrug sker enten ved:

- Nedrivning og direkte læsning af brokker på lastvogn og kørt til modtager til rensning, eller
- Nedrivning, opsamling, sortering af hele og halve sten (kopper), oplægning, evt. containere, og transport til modtager til rensning, eventuelt rensning på stedet.

Håndtering af murbrokker på nedrivningspladsen indgår som element i transformation-processen, som vist i Figur 1.

4. Transformation



Substansen i cirkulær økonomi i forbindelse med genbrug af mursten handler om transformation af affald (murbrokker) til ressourcer (genbrugte mursten), som kan substituere nye mursten.

4.1 Forberedelse til genbrug

Transformationen starter med håndtering af murbrokker på nedrivningsstedet, idet det kan være afgørende for transformationens succes, at nedrivning og håndtering af murbrokkerne på stedet sker målbevidst med henblik på genbrug af mursten, herunder sortering af halve og hele sten og frasortering af andre affaldsfraktioner, beton, træ, jern, knuste sten m.v. efterfulgt af oplægning i depot, læsning i containere eller læsning på lastvogn til rensning af sten for mørtel.

4.2 Rensning af mursten

Mursten renses ved håndkraft eller i særligt renseanlæg, afhængig af om der er en konkret plan for genbrug eller stenen påregnes markedsført og afsat lejlighedsvist.

Rensning af mursten ved håndkraft

I tilfælde af, at en bygherre ønsker genbrug af mursten til reparation eller nybyggeri i nærheden af nedrivningspladsen og der ikke er tale om større mængder, kan rensning af mursten ved håndkraft være hensigtsmæssigt. Det forudsætter, at der er plads til depoter af sten før og efter rensning, og at der er passende faciliteter til rensning.

Rensning ved håndkraft udføres på følgende måde:

1. Murbrokker adskilles til enkelte sten, hele sten og kopper.
2. Større mørtelvedhæftninger bankes af med en murhammer.
3. Stenen tjekkes for skader, fejlbrænding og form. Mursten med fejl frasorteres.
4. Stenene finrenses, ved fortsat bearbejdning med murhammer, ved anvendelse af en ru metalgenstand, fx gammel radiator eller elefantrist, eller slibning med carbidværktøj, se fotos nedenfor.
5. Stenene stables på paller, beregnet til murestillads.

Rensning ved håndkraft er mandskabskrævende og belastende for arbejdsmiljø. Prisen for rensning afhænger af rensesiden, som kan variere fra 30-125 sten i timen pr. mand, jf. Miljøprojekt nr. 2012 [13] og [14], afhængig af mørtel og vedhæftning. Generelt vurderes, at prisen for håndrensede sten ligger betydeligt over prisen for nye sten.

For at sikre en ensartet kvalitet af rensning af mursten anbefales, at der før start af rensning opstilles en eller flere referencer af rensede sten.



Foto 1: Rensning af mursten med Carbide Vinkel slibebræt, forsøg hos Gamle Mursten (Fotos Erik K. Lauritzen)

Maskinrensning af mursten

Der findes leverandører, som har specialiseret sig i at modtage, rense og forhandle genbrugte mursten. Priserne for rensning og for rensede sten svinger kraftigt og afhænger bl.a. af kvaliteten af det leverede materiale. Da kvaliteten ofte er svingende og i høj grad afhænger af den netop beskrevne proces ved nedrivning, varierer afregningsmodellerne også. Ved aflevering af sorterede sten og mindre brokker uden restaffald kan nedrivningsentreprenøren opnå betaling for stenene. Ved meget lav kvalitet, hvor der er iblandet store dele restaffald, vil leverandøren typisk forlange betaling for at modtage materialet. I leverancen kan også indgå, at virksomheder, der leverer mursten til oparbejdning kan tage nedknust materiale – til vejfyld med mere – med tilbage, og derved ikke er nødsaget til at nedknuse de hele sten.

4.3 Kvalificering af mursten

Efter rensning af sten betragtes forberedelse til genbrug som afsluttet. Murstenene har opnået status som end-of-waste og kan nu betragtes som ressource. Afsætning af genbrugte sten og substitution af nye sten kræver imidlertid, at stenene har opnået en teknisk kvalitet, der sidestiller dem med nye sten. Desuden skal deres end-of-waste status med hensyn til renhed dokumenteres.

Teknisk kvalitet

Genbrug af mursten i nyt byggeri forudsætter, at murstenene opfylder de samme krav til egenskaber som styrke, densitet, holdbarhed m.v., som må stilles til nye mursten til samme anvendelse i henhold til Bygningsreglementet (BR 15). Der er ikke krav om, at genbrugte byggematerialer, der anvendes som direkte genbrug uden at gennemgå en fabrikerings- eller fremstillingsproces, skal CE-mærkes i henhold til Byggevareforordningen. Når der ikke foreligger et CE-mærke og en tilhørende ydeevnedeklaration, er det nødvendigt i hvert enkelt tilfælde af genbrug af mursten, at deres kvalitetsmæssige egenskaber testes og dokumenteres med hensyn til formålet med anvendelsen. Faktaboks 1 viser en oversigt over testmetoder, der er egnede for genbrugte mursten. Se i øvrigt også rapporten "Genbrug af byggesten – dokumentation" [15].

I de fleste tilfælde ønskes genbrug af mursten som ydre skalmur i facader med bærende betonkonstruktion. Skal genbrugte sten anvendes i bærende konstruktioner, stilles der, udover krav til styrkeegenskaberne af murstenene, også krav til mørtel, vedhæftning m.v. og der må gennemføres prøvning af murværkets bæreevne med den valgte mørtel.



Foto 2: Undersøgelser af teknisk tilstand af murværk (Foto tv.: Udtagning af sten fra fritstående mur i kollegiebygning fra 1950, hvor det viser sig, at mørtlen endnu ikke er færdighærdnet. Foto th.: Nedrivning af formur i parcelhus fra 1950'erne opmuret med maskinsten og svag kalkmørtel for dels at se tilstanden af bagmur samt vurdere egnethed for energiforbedring af hulmuren. (Fotos Teknologisk Institut)

For at sikre dokumentation af ydeevnen for genbrugte mursten og øge efterspørgslen og afsætningen har virksomheden Gamle Mursten i samarbejde med ETA-Danmark indført CE-mærkning af selskabets produktion af genbrugte sten. Hermed overflødiggøres behov for særskilt teknisk dokumentation for murstenene leveret fra Gamle Mursten. CE-mærkningen gælder for virksomhedens produktion af sten og ikke andre mursten.

Man skal dog som bruger fortsat sikre sig, at de deklarerede egenskaber i ydeevnedeklarationen (DoP – declaration of performance) for CE-mærkede sten opfylder de krav, som der stilles i det aktuelle byggeri. Dette gælder såvel nye som genbrugte sten, da et CE-mærke ikke er et kvalitetsstempel eller en national godkendelse af krav til byggeri, men derimod en deklaration af en ydeevne for bestemte egenskaber.

Tekniske specifikationer og prøvningsmetoder for genbrugte mursten.

Teknologisk Institut har foretaget en kortlægning af prøvningsmetoder, som er egnede til test af genanvendte mursten. I flere tilfælde kan samme metoder, som anvendes til nye sten, bruges. EN-metoder er fælleseuropæiske prøvningsmetoder, som kan købes hos Dansk Standard.

- Format (størrelse) og tolerance på format: EN 772-16
- Trykstyrke: EN 772-1
- Densitet (har betydning for lydisolering og beregning af murværkets egenlast): EN 772-13
- Vandoptagelse og minutsug (har betydning for valg af mørtel): EN 772-21
- Frostfasthed: Ingen entydig metode, men kan vurderes ud fra måling af "poretal", jf. Murkatalog 2001, Norsk Anvisning M1. Kan understøttes med vurdering af brændingsgrad, strygningsmetode mv.

Faktaboks 1. Oversigt over de vigtigste testmetoder for genbrugte mursten

Sporbarhed og renhed

Ud over den tekniske kvalitet er det vigtigt at dokumentere de genbrugte stens miljømæssige kvalitet, dvs. at de er uforurenede med miljøproblematiske stoffer. I den sammenhæng bør man kende til murstenenes oprindelse. Der gives endnu ingen standard for en attestation af materialers sporbarhed og renhed, men det er en klar forudsætning for afsætning af mursten til genbrug, at leverandøren af de genbrugte sten, fx nedrivningsentreprenør, affaldshåndteringsanlæg, eller renseanlæg kan redegøre for oprindelse og renhed.

5. Byggeri

Byggeri med genbrugssten kan opdeles i faserne:



Forundersøgelserne skal afklare behovet for genbrugssten og består i en række overvejelser og afklaringer, som er uddybet i afsnit 5.1. Faserne Projektering og udbud samt Muring med genbrugssten er mere komplekse. En detaljeret vejledning omkring disse faser falder uden for rammerne af nærværende ”best practice”, udgivet af VHGB. En overordnet guide til det videre forløb findes i afsnit 5.2 Projektering og udførelse, med henvisning til, hvor yderligere vejledning kan findes.

5.1 Forundersøgelser

Behov for genbrugssten, jf. NIRAS rapport vedr. barrierer og muligheder for genbrug af mursten [14], afklares dels ud fra den konkrete byggeopgave, dels ud fra bygherrens ønsker i forhold til grøn profil. Nedenstående er ikke en egentlig tjekliste, men kan anvendes til inspiration ved at nævne nogle forhold, som kan indgå i overvejelserne.

- Reparation af facader og bygninger, hvor det er ønskeligt, at reparationerne falder sammen med det oprindelige murværk.
- Bygherrens ønske om demonstration af bæredygtighed, grøn tænkning og samfundsansvar (CSR - Corporate Social Responsibility).
- Ved anvendelse af genbrugte sten opnås en reduktion af CO₂ sammenlignet med muring med nye sten, hvilket er en fordel ved et energirigtigt byggeri. Metoder til beregning af besparelse af CO₂ fremgår af Miljøprojekt nr. 1512 [16].
- Genbrug af mursten tæller i certificering af byggeriet i henhold til fx DGNB.
- Bygherrens ønsker om noget gammeldags og rustikt. Det gælder fx indretning af lokaler, butikker, restauranter m.v. Genbrugte sten har et andet udtryk end tilsvarende nye ”rustikke” sten.
- Bygherre og arkitekts ønske om et særligt æstetisk udtryk.
- Ved muring med genbrugssten vil der typisk opstå et særligt farvespil med mange farvetoner og varierende forbandt med løber og kop.

Forundersøgelser af konstruktion af murværk i nyt byggeri omfatter:

- Undersøgelser af muligheder for at fremskaffe den ønskede type sten og sammenligning af priser, udseende, kvalitet mellem nye og genbrugte sten.
- Undersøgelse af mulige leverandører og forestående nedrivningsprojekter, som kan matche behovet for sten med hensyn til ønskede mængder i rette tid.

Under design af et muret byggeri vurderes og træffes beslutninger om murværkets funktion, udseende, skifter m.v. Valg af murværk sker traditionelt på grundlag af teglindustriens varesortiment. Markedet for genbrugssten er endnu ikke integreret i de danske byggemarked, og det kræver kendskab til det mindre antal specialiserede firmaer, som leverer genbrugssten, herunder nedrivningsfirmaer, forretninger for genbrugte byggevarer og selskabet Gamle Mursten, som har specialiseret sig i stordrift af rensning af mursten til genbrug. Da de færreste bygherrer og rådgivere har erfaringer i byggeri med genbrugte mursten, og der ikke findes sammenfattende vejledninger (se dog BYG-ERFA bladet om genbrug af mursten [18]) og beskrivelser er det vigtigt, at de tidligt i forundersøgelserne skaffer sig den nødvendige viden på området ved at henvende sig til leverandører af genbrugte mursten og rådgivere på området. I Faktaboks 2 giver forslag til søgning af leverandører af genbrugte mursten.

De virksomheder, der har specialiseret sig i at samle og forhandle genbrugsbyggevarer, kan både være forhandlere af en bestemt type genbrugsvarer, som fx mursten, eller forhandlere af et bredt sortiment af forskellige typer genbrugsbyggevarer. Der findes også nedrivningsvirksomheder/entreprenører, der forhandler genbrugsbyggevarer. Bl.a. kan man på [BOLIUS hjemmeside](#) finde en oversigt over forskellige steder, hvor man kan købe genbrugsmaterialer. En anden mulighed er at søge efter relevante virksomheder i [affaldsregisteret](#), der omfatter alle virksomheder der må håndtere affald.

Faktaboks 2. Forslag til søgning af leverandører af genbrugte mursten.

5.2 Projektering, udbud og udførelse

Projektering, udbud og udførelse med genbrugte mursten skal omfatte alle almindelige forhold ved projektering af murværk og udførelse, men der skal være særlig opmærksomhed på en række forhold (udover dem, der tidligere er nævnt, som fx forsyningssikkerhed med genbrugte mursten).

Det gælder bl.a. følgende forhold:

- Kvalitetsmæssige egenskaber af murstenene testes og dokumenteres med hensyn til formålet med anvendelsen
- Murværkets eksponeringsklasse - som bør være MX3.1 eller lavere, med mindre der foreligger en ydeevnedeklaration (kun for CE-mærkede sten) til højere eksponering, eller der på anden vis er dokumentation for holdbarheden.
- Valg af mørtel og dokumentation af mørtlens vedhæftning.
- Modtagekontrol af mursten på byggeplads.
- Valg af egnet forbandt, idet murstenenes format typisk varierer mere end normalt.
- Forventningsafstemning til udfald af murværk, fx ved prøvemur.

Der findes endnu ikke en samlet vejledning på området, men et BYG-ERFA blad om genbrug af mursten er udgivet [18], ligesom nogle leverandører giver anvendelsesvejledning for egne leverancer.

6. Litteratur

1. NIRAS et al. (2017) Affaldsforebyggelse i byggeriet – Forprojekt, Miljøprojekt 1919, Miljøstyrelsen, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/02/978-87-93529-66-3.pdf>
2. Oberender, A. & Butera, S. (2016) Materialeatlas over byggematerialers genbrugs- og genanvendelsespotentiale, Et InnoBYG-projekt, <https://issuu.com/www.innobyg.dk/docs/materialeatlas>
3. Smith, K.H. et al. (2018) Ressourcekortlægning af bygninger, Miljøprojekt 2006, Miljøstyrelsen, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/04/978-87-93710-05-4.pdf>
4. Affaldsbekendtgørelsen – Bekendtgørelse nr. 1309 af 18/12/2012 om affald
5. Andersen, H.V. (2015) SBI anvisning 241 - Undersøgelse og vurdering af PCB i bygninger, 2. udgave 2015, <https://sbi.dk/anvisninger/Pages/241-Undersoegelse-og-vurdering-af-PCB-i-bygninger-2.aspx>
6. DAKOFA (2017) "Viden om" Den gode kortlægningsrapport, https://d1pdf7a38rpik8.cloudfront.net/fileadmin/user_upload/documents/Netvaerk/Bygge_Anlaeg/Viden_om_-_DAKOFA_-_hvad_boer_den_gode_kortlaegningsrapport_indeholde_2.pdf
7. Lauritzen, E.K. & Jakobsen, J.B. (1991) SBI-anvisning 171 – Nedrivning af bygninger og anlægskonstruktioner
8. Hansen, H. (1992) Kriterier for genanvendelse af teglsten. En metode til bedømmelse af teglstens egenskaber ved hjælp af skærvfarven, Teknologisk Institut, Murværk
9. Københavns Kommune (2017) Genbrug af mursten - Erfaringer fra nedrivning af bygning 13 på Bispebjerg Hospital og genbrug af mursten til nybyggeri på Katrinedals Skole i Vanløse, udarbejdet i samarbejde med Lauritzen Advising, Sweco, P. Olesen, Gamle Mursten, Teknologisk Institut, Februar 2017
10. Restproduktbekendtgørelsen – Bekendtgørelse nr. 1672 af 15/12/2016 om anvendelse af restprodukter, jord og sorteret bygge- og anlægsaffald
11. NMK 96 (1996) Nedbrydningsbranchens MiljøKontrolordning - Brancheaftale om selektiv nedbrydning m.v. indgået mellem Miljø- og Energiministeren og Entreprenørforeningens Nedbrydningssektion og tiltrådt af Boligministeriet
12. KSN 96 (1996) KvalitetsSikring for Nedbrydere – Eksempler på kvalitetssikring for nedbrydere
13. Lauritzen, E.K. (2018) Udvikling af teknologi og metoder til nedrivning af murværk med henblik på genbrug af mursten, Miljøprojekt nr. 2012, Miljøstyrelsen, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/05/978-87-93710-14-6.pdf>
14. NIRAS (2015) Barrierer og muligheder for genbrug af mursten, Trafik- og Byggestyrelsen, December 2015
15. Køster, A. & Ehtesham, A. (2017) Genbrug af byggesten – dokumentation af væsentlige egenskaber, <https://www.teknologisk.dk/ydelser/murvaerk-og-tegltage/genbrugte-mursten-og-tagsten-proevning-og-raadgivning/22658,10?cms.query=genbrug+af+mursten>

16. Møller, J. et al. (2013) LCA af genbrug af mursten, Miljøprojekt 1512, Miljøstyrelsen, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2013/11/978-87-93026-60-5.pdf>
17. Jørgensen, J.J. & Pedersen, J.K. (2016) Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten, Miljøprojekt nr. 1904, Miljøstyrelsen.
18. BYG-ERFA (2018) – Genbrug af mursten -begrænsninger og anvendelsesmuligheder, erfaringsblad (21) 180626, <https://byg-erfa.dk/genbrug-af-mursten>