

PROSPEKTERINGSMETODIK

FÖR ÅTERANVÄNDNING AV STÅLKONSTRUKTIONER



Wylliam Husson, Ove Lagerqvist

2020-05-29

Innehållsförteckning

1. Inledning	3
2. Prospektering – vad är värt att återbruka?	5
2.1 Allmänt	5
2.2 Metod för bedömning av återbruksscenarioer	5
2.3 Återbrukbarhetsbedömning - ett förslag.....	10
2.3.1 Principer	10
2.3.2 Inkomster, marknadsvärde och säljbarhet	12
2.3.3 Kostnader	12
2.3.4 Kvalitativ bedömning av genomförbarheten	14
2.3.5 Exempel.....	17
2.4 Alternativa källor av återbrukat stål	21
2.4.1 "Dött material"	21
2.4.2 Brandpåverkat stål.....	21
3. Regelverk – Får man återbruka stålkomponenter?	23
3.1 Allmänt	23
3.2 Harmoniserad standard, SS-EN 1090-1	24
3.3 Utförandestandard, SS-EN 1090-2	28
3.4 Dimensionering, SS-EN 1993 – Eurokod 3.....	31
3.5 Boverkets EKS.....	37
3.5.1 EKS 11, Avdelning A	37
3.5.2 EKS 11, Avdelning E, Kap. 3.1.1	39
3.6 Referensverk för tekniska beskrivningar, AMA.....	40
3.7 Sammanfattning och rekommendationer	42
4. Provningsprocedurer – Hur kan man säkerställa egenskaperna hos återbrukat stål? ..	45
4.1 Provningsprocedurer för nytt stål	45
4.2 Provningsprocedurer för återbrukat stål.....	46
4.2.1 Allmänt	46
4.2.2 Standardprocedur.....	50
4.2.3 Procedur A: tillgängliga kontrollintyg	52
4.2.4 Procedur B: äldre konstruktion	53
4.2.5 Procedur C: okänt ursprung	53
4.3 Provningsmetoder och utvärdering.....	55
4.3.1 Dimensioner och toleranser.....	55
4.3.2 Hårdhet (Oförstörande provning)	55
4.3.3 Hållfasthet (Förstörande dragprovning)	57
4.3.4 Seghet (Förstörande slagprovning)	60

4.3.5	Kemisk sammansättning (Oförstörande provning)	60
4.3.6	Kemisk sammansättning (Förstörande provning)	61
5.	Slutsatser	62
6.	Referenser	63

1. Inledning

Att återbruka konstruktionsstål är ett effektivt sätt att minska stålbyggandets klimatpåverkan.

Tillverkning av stål från järnmalm kräver stora mängder energi och ansvarar för betydande koldioxidutsläpp. Återvunnet stål innebär givetvis mindre utsläpp men ännu större besparingar är möjliga om komponenter återbrukas istället för att återvinnas, dvs att stålet inte behöver smältas mellan två användningscykler.

Även återbruk leder till utsläpp av växthusgaser genom en mer krävande demontering och ett eventuellt behov att rekonditionera komponenterna. Dessa utsläpp är dock mycket mindre än de som uppstår vid återvinning (1).

Enligt Vares (2) kan miljöfördelarna i form av besparade emissioner vara tre gånger så stora vid återbruk jämfört med återvinning av en stålhall.

Vi har tidigare analyserat möjligheter och hinder för återbruk (1) och identifierat sk integrerat återbruk som en lovande modell för ökat återbruk.

För att en återbruksmarknad ska uppstå behöver både tillgången och efterfrågan stimuleras.

Det finns en konstant efterfrågan på stålkomponenter i allmänhet och en större avsättning för återbrukade komponenter är möjlig om de kan likställas och ihopblandas med nya komponenter. Detta kräver att deras egenskaper säkerställs på ett sätt som uppfyller regelverkets krav.

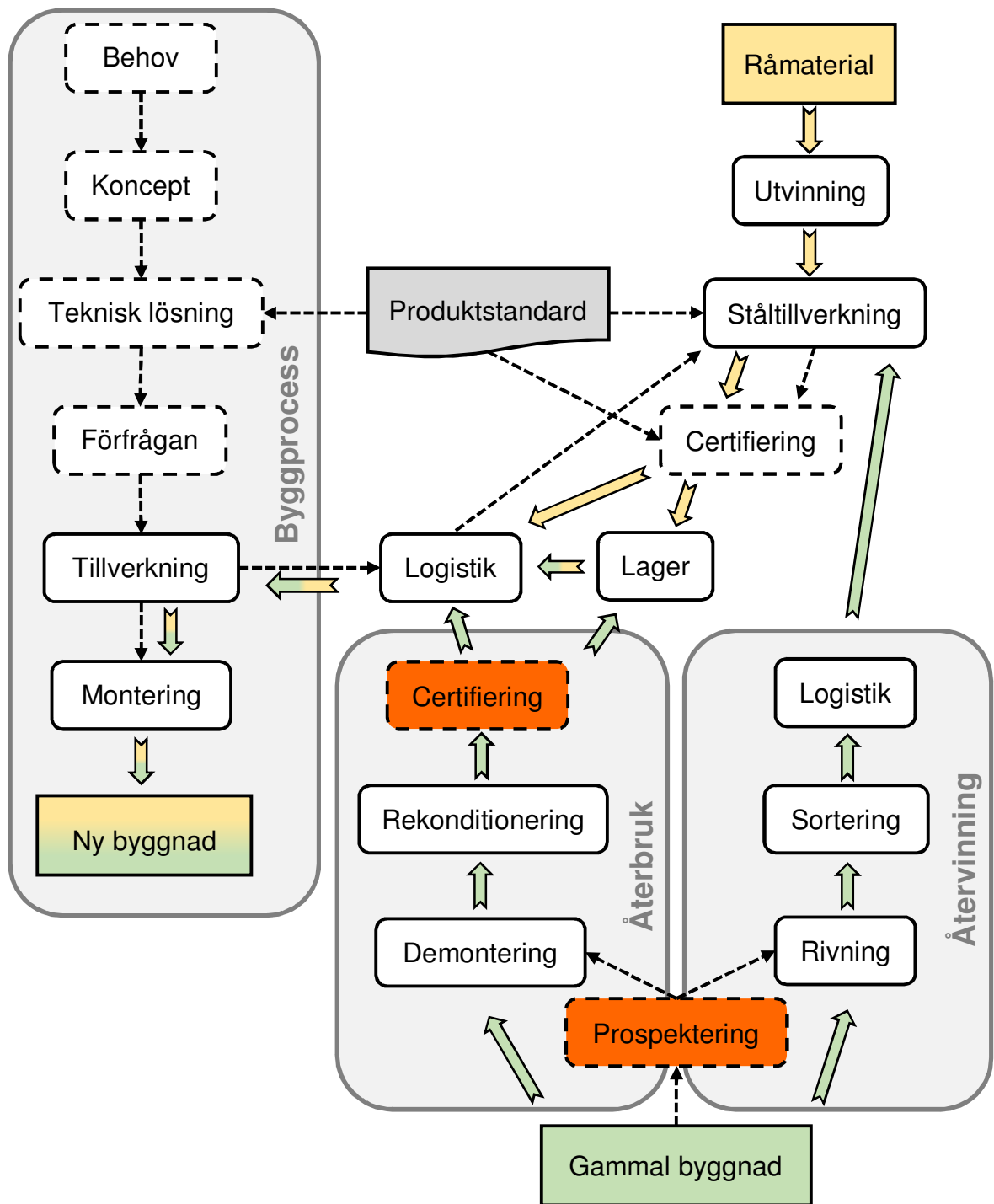
Tillgången kan stimuleras genom att tydliggöra värdet hos komponenter inbyggda i en konstruktion. Idag beaktas endast skrotvärdet och byggnader rivs varpå materialet återvinns. Demontering och rekonditionering innebär givetvis en merkostnad jämfört med rivning men komponentvärdet är mycket större än skrotvärdet och i många fall kan återbruk vara lönsamt.

I denna rapport redovisas resultaten av projektet "Prospekteringsmetodik för återanvändning av stålkonstruktioner" som har fått stöd av Boverket inom ramen för innovativt och hållbart bostadsbyggande. Vi har utvecklat lösningar för de två nya aspekterna av integrerat återbruk markerade i orange i figur 1.1 nedan: prospektering och certifiering.

I Kapitel 2 behandlas prospektering, dvs bedömning av genomförbarhet och lönsamhet vid återbruk. Först presenteras och diskuteras en generell metod från litteraturen för bedömning av återbruksscenarier. Sedan beskrivs ett eget förslag på återbrukbarhetsbedömning som innehåller rekommendationer för uppskattning av merkostnader och inkomster för ett standardscenario som kan justeras efter resultaten från en kvalitativ bedömning av genomförbarheten. Som stöd till detta arbete kan checklistan i Bilaga A användas.

I kapitel 3 analyseras regelverket och en tolkning ges av vilka krav som ställs på återbrukade stålkomponenter. Ett förslag på vägledningstext för publicering på Boverkets PBL Kunskapsbank har utarbetats och återges i Bilaga B.

I kapitel 4 beskrivs provningsprocedurer anpassade till olika förutsättningar. De baseras på oförstörande provning i form av hårdhetsmätning för att dela komponenter i provningspartier varpå ett mindre antal förstörande provningar behöver utföras. Detaljerade provningsmetoder anges med tillhörande acceptanskriterier. Procedurerna har tillämpats med framgång inom ett pilotprojekt i Norge som dokumenteras i Bilaga C.



Figur 1.1 Material- och informationsflöde i stålbyggnadsprocess med integrerat återbruk av stålprodukter.

2. Prospektering – vad är värt att återbruka?

2.1 Allmänt

När en äldre konstruktion ska rivras har de involverade aktörerna, dvs fastighetsägaren och rivningsentreprenören oftast inget eget intresse att återbruka en stålkonstruktion. Mekanisk rivning är en snabb, enkel och säker process med förutsägbar utgång. Konstruktionens värde liknas med materialets skrotvärde och tack vare processens effektivitet är detta ekonomiskt försvarbart.

Återbruk innebär en längre och mer kostsam process. Men å andra sidan har de återbrukade komponenterna ett större värde och i vissa fall kan återbruk vara lönsamt, dvs

$$\text{Komponentvärde} - \text{Återbruk} \geq \text{Skrotvärde} - \text{Rivning}$$

Rivning och återvinning som skrot är det normala förfarandet och vi kan utgå ifrån att kostnaderna kan uppskattas någorlunda korrekt av rivningsentreprenören. För att verifiera villkoret ovan behöver vi då kunna bedöma värdet hos komponenterna och kostnaderna för återbruksprocessen.

Inom det pågående PROGRESS-projektet (3) har en metod utvecklats för bedömning av återbruksscenarioer. Slutrapporten för projektet har i skrivande stund inte publicerats. Däremot har några artiklar publicerats under projektets gång och en serie webbseminarier har anordnats av *The Steel Construction Institute* (SCI). Den tillgängliga informationen presenteras i avsnitt 2.2 tillsammans med en diskussion om metodens lämplighet i en svensk kontext.

I avsnitt 2.3 föreslås en alternativ bedömningsmetod anpassad till sk integrerat återbruk.

Under arbetet med detta projekt har vi även hittat andra källor till återbrukat stål som avhandlas kort i avsnitt 2.4.

2.2 Metod för bedömning av återbruksscenarioer

Hradil (4) har introducerat en metod för bedömning av återbrukbarhet hos stålhallar och dess komponenter. Metoden är en vidareutveckling av en tidigare metod utvecklad inom projektet ReUSE som syftade till återbruk av byggmaterial mer allmänt (5).

Återbrukbarhetsindikatorn ger information om inverkan av olika scenarier på återbrukspotentialen hos konstruktioner och komponenter. Genom viktning av indikatorerna för en byggnads beståndsdelar kan man beräkna en övergripande indikator för hela byggnaden som kan hjälpa fastighetsägare att välja det mest gynnsamma återbruksalternativet.

Återbrukbarhetsindikatorn är summan av svårighetsgraden hos åtta aktiviteter som utförs vid återbruk.

Fem svårighetsgrader definieras med tillhörande numerisk faktor mellan 1,0 och 0,2 enligt Tabell 2-1. Återbrukbarhetsindikatorn kan således variera mellan 1,0 (mycket stor potential) och 0,2 (mycket liten potential).

Tabell 2-1 Svårighetsgrader för bedömning av aktiviteter vid återbruk enligt (4)

Svårighetsgrad	Numerisk faktor, ρ
Mycket enkel	1,0
Enkel	0,8
Måttlig	0,6
Svår	0,4
Mycket svår	0,2

Åtta aktiviteter definieras och tilldelas en viktningsfaktor, w :

1. Demontering ($w = 0,35$)
En aktivitet på plats som resulterar i transportbara delar som kommer att ytterligare hanteras.
2. Hantering ($w = 0,10$)
Lyft, transport, lagring och skydd av de återbrukbara komponenterna efter demontering.
3. Separering ($w = 0,10$)
Verkstadsprocess som leder till en återbrukbar produkt som kan hanteras av en skrot- eller materialhandlare. Det är en förprocess till anpassning enligt nedan.
4. Omdimensionering ($w = 0,10$)
Kontorsprocess vars syfte är att modifiera produkten eller kontrollera dess kapacitet för att säkerställa den nya funktionen.
5. Användbarhet ($w = 0,10$)
Indikerar möjligheten att använda komponenten i en annan kontext och med annat syfte (tex en pelare som en balk).
6. Anpassning ($w = 0,10$)
Valfri verkstadsprocess som leder till en modifierad produkt
7. Kvalitetskontroll ($w = 0,10$)
En process som stöder omdimensionering enligt ovan genom att bekräfta kvalitén hos materialet i komponenterna.
8. Geometrikontroll ($w = 0,05$)
En process som stöder omdimensionering enligt ovan genom att bekräfta att geometrin hos komponenterna uppfyller toleranskraven i gällande utförandestandarder.

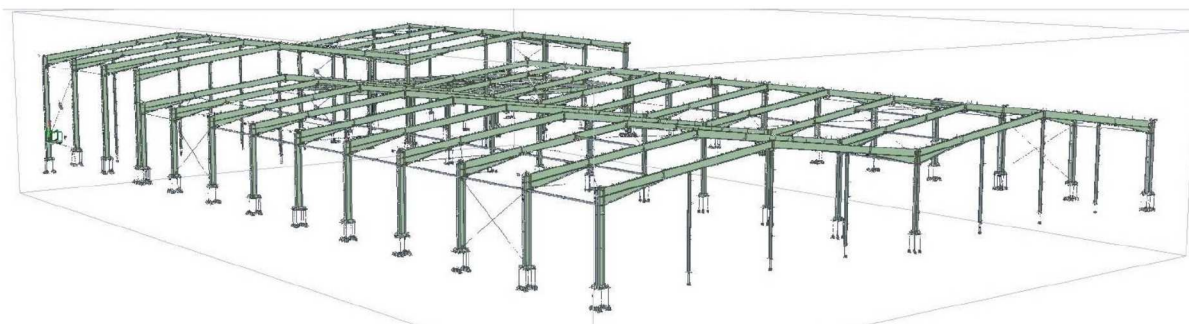
En generell vägledning för bedömning av svårighetsgrad för samtliga aktiviteter ges i tabell 2-2 nedan.

Tabell 2-2 Vägledning för bedömning av svårighetsgraden enligt (4)

Aktivitet	Svårighetsgrad				
	Mycket svår $\rho_i = 0,2$	svår $\rho_i = 0,4$	måttlig $\rho_i = 0,6$	lätt $\rho_i = 0,8$	Mycket lätt $\rho_i = 1,0$
1. Demontering	Svetsförband känsliga för skador	Svårt tillgängliga svetsförband	Huvudsakligen svetsförband	Svårt tillgängliga skruvförband	Lätt tillgängliga skruvförband
2. Hantering	Hanteras med byggkran, känsligt för skador, kräver särskild transport	Hanteras med byggkran, känsligt för skador	Hanteras med byggkran, robust	Kräver små lyftanordningar	Kan hanteras för hand
3. Separering	Maskinbearbetning krävs	Handverktyg krävs	Svårt tillgängliga skruvförband	Lätt tillgängliga skruvförband	Inget behov
4. Omdimensionering	Dokumentation saknas, komponenter uppfyller inte aktuella krav utan anpassning	Dokumentation saknas, ny dimensionering krävs	Dokumenterad dimensionering tillgänglig	Detaljerad dokumentation tillgänglig inkl. belastnings- och underhållshistorik	Utvecklad för återanvändning, digitala handlingar och underhållsregister tillgängliga
5. Användbarhet	Unika dimensioner och former, ingen annan användningsmöjlighet	Annat ändamål möjligt med viss anpassning	Begränsad möjlighet till annat ändamål	Kan användas till andra ändamål, även icke byggrelaterade	Stor efterfrågan finns
6. Anpassning	Dimensioner är specifika, fullständig omtillverkning krävs	Svetsade komponenter avlägsnas	Skruvhål justeras och nya tillkommer	Nya komponenter tillsetts	Behövs inte
7. Kvalitetskontroll	Dokumentation saknas, krävande miljö, komplex lasthistorik, förstörande provning krävs	Förstörande provning krävs för materialbestämning	Tillgänglig dokumentation, känd lasthistorik, fältprovning krävs för materialbestämning	Tillgänglig dokumentation, inkl. lasthistorik, underhåll och materialegenskaper	Dokumenterade materialegenskaper, icke krävande användning
8. Geometrikontroll	Komponenter uppfyller inte aktuella krav utan anpassning	Komplex tredimensionell geometri, 3D skanning krävs	Placering av skruvhål osv behöver kontrolleras	Raket och andra avvikelser behöver kontrolleras	Endast raket behöver kontrolleras

Metoden har tillämpats på en stålhall i Rumänien, vilket förtydligar hur bedömningen kan göras i ett praktiskt fall.

Konstruktionen i fallstudien består i huvudsak av portalramar med en spännvidd på 20 m och en höjd på drygt 4 m. Pelare och takbalkar utgörs av valsade profiler, där balkarna försäts med svetsade voter. Pelarna är fast inspända nedtill och balk-pelarfästningar samt balk-balkinfästningar i nock är momentstyva med skruvade ändplåtsförband.



Figur 2.1 Konstruktionen som analyserades i (4)

Fyra återbruksscenarioer har undersökts:

- A. Hela byggnaden flyttas till annan plats;
- B. Portalramarna integreras i en annan konstruktion;
- C. Pelarna och balkarna integreras i en annan konstruktion där de uppfyller samma funktion, och;
- D. Valsade profiler återbrukas.

Resultaten från bedömningen sammanfattas i tabell 2-3 nedan.

Tabell 2-3 Exempel på bedömning av svårighetsgrader för olika återbruksscenarioer, enligt (4)

Aktivitet	Scenario	Svårighetsgrad	Anmärkning
Demontering	A	0,8 (Lätt)	Svårt tillgängliga skruvförband
	B		
	C		
	D		
Hantering	A	0,4 (Svårt)	Delar upp till 800 kg och 10 m, med ändplåtar som kan behöva skyddas under transporter
	B	0,6 (Måttlig)	Delar upp till 700 kg och 9,9 m, utan förband
	C		
	D	0,8 (Lätt)	Lätt tillgängliga skruvförband mellan delarna
Separering	A	0,2 (Mycket svårt)	Svetsade ändplåtar, långa svetsar och andra infästningselement behöver avlägsnas
	B		
	C	0,8 (Lätt)	Kontroll/uppdatering av ursprunglig dokumentation
	D		
Omdimensionering	A	0,6 (Måttlig)	Ursprunglig dimensionering kan anpassas till nya förutsättningar
	B	0,4 (Svårt)	Utformning av nya komponenter måste anpassas till geometrin hos de återbrukade pelare och balkar
	C	0,2 (Mycket svårt)	Den nya utformningen begränsas av tillgängliga profiler
	D	0,2 (Mycket svårt)	Konstruktionen som helhet och portalramarna kan endast användas som det ursprungligen var avsett.
A			
Användbarhet	B	0,2 – 0,4	Takbalkarna kan endast uppfylla deras ursprungliga funktion. Pelarna kan eventuellt även användas som balkar.
	C	0,8 (Lätt)	Kan användas överallt där längden är tillräcklig
	D	0,2 (Mycket svårt)	Storleksanpassningar är begränsade
	A		
Anpassning	B	0,4 (Svårt)	Svetsade plåtar måste avlägsnas
	C	0,8 (Lätt)	Kapning och skarvning är möjligt
	D	0,8 (Lätt)	Ursprunglig dokumentation antas vara tillgänglig. Möjliga skador behöver kontrolleras
	A		
Kvalitetskontroll	B	0,4 (Svårt)	Materialprovning kan behövas
	C	0,6 (Måttlig)	Toleranser, raket och förband
	D		
	D	1,0 (Mycket lätt)	Toleranser och raket (inga förband)

Slutsatserna från studien är föga förvånande: det är tekniskt sett mest fördelaktigt att återbruka konstruktionen i sin nuvarande konfiguration vilket ger största möjliga miljömässiga fördelar.

Även kostnaderna uppskattades. Det antogs att kostnaderna för demontering utgör 1,2 gånger byggkostnaderna och 2,4 gånger kostnaderna för mekanisk rivning. Dessa antaganden ger en mindre kostnad för varje gång byggnaden återbrukas i sin helhet.

Det är viktigt att notera att marknadens efterfrågan eller respektive produkters säljbarhet inte beaktats vilket gör metoden mindre lämplig för användning i ett kommersiellt sammanhang. Denna brist åtgärdas delvis av Hradil i (6) där en ekonomisk indikator introduceras som ska beakta efterfrågan på en viss byggnadskonfiguration.

Den ekonomiska indikatorn tas som probabiliteten att en liknande byggnad (total yta, spännvidd och nockhöjd) utförs under en given period. Denna probabilitet kan beräknas utifrån en statistisk modell av egenskaperna hos nya byggnader.

Efter en analys av egenskaperna hos 2587 envånings stålhallar i Finland som utfördes mellan 2013 och 2014 antogs en modell med lognormalfördelning och parametrar enligt tabell 2-4 nedan.

Tabell 2-4 Statistiska egenskaper hos stålhallar som utförs i Finland, enligt (6)

Egenskap	Medelvärde	Standardavvikelse
Yta	221 m ²	3 m ²
Spännvidd	7,8 m	2,5 m
Nockhöjd	4,2 m	1,7 m

Genom att fler egenskaper behöver överensstämja blev säljbarheten mycket mindre för hela byggnader och ökade något vid återbruk av portalramar då delningen, dvs avståndet mellan ramarna, kan anpassas till andra förutsättningar.

Säljbarheten hos valsade profiler antogs vara 100 %, dvs att det finns ett ständigt behov av profiler, oavsett stålsort och tvärsnitt.

Den totala ekonomiska utsikten blir störst för återbruk av valsade profiler medan svetsade profiler och fackverk helst ska återbrukas i sin nuvarande konfiguration. Utsikten för återbruk av en hel byggnad är mycket låg oavsett teknisk lösning.

Denna modell utgör en intressant utgångspunkt vid bedömning av återbruksscenarioer och slutsatserna är i linje med resultat från tidigare fallstudier, se (1).

I en svensk kontext kan påpekas att fler variabler behöver beaktas vid beräkning av den ekonomiska indikatorn då snö- och vindlastar varierar mellan kommuner. En konstruktion från tex södra Sverige uppfyller därför med stor sannolikhet inte de krav som ställs på samma konstruktion i norra Sverige. Därmed blir utsikterna för återbruk av hela konstruktioner ännu mindre.

Stomsystemen hos de hallar som studerats, med tvåleds- eller nollledsramar, är också ovanliga i Sverige där de flesta lätta hallar byggs med pendelpelare och stabilitet åstadkoms med skivverkan i taket och diagonaler i väggarna. Infästningarna blir enklare och komponenterna mindre specifika. Detta gör att skillnaden mellan återbruk av ramar eller profiler blir mindre.

I praktiken finns därför få anledningar att jämföra återbruksscenarioer och valet ligger mellan återbruk (demontering) och återvinning (rivning).

Aktiviteterna som definierades av Hradil för beräkning av återbrukbarhetsindikatorn mht teknisk potential är i grunden materialoberoende och bedömningen skulle behöva anpassas särskilt till stålkon-

struktioner. I tabell 2-3 syns att svårighetsgraderna för kategorierna "Omdimensionering" och "Användbarhet" tex är i princip symmetriska för samtliga scenarier vilket inte ger något utslag vid jämförelser. Även aktiviteten "Demontering", som ges största vikt, får samma bedömning oavsett scenario. "Separering" kan vara en relevant parameter vid bedömning av samverkanskonstruktioner men för stålhallar är den onödig. Behovet att tex avlägsna ändplåtar kunde bedömas under "Anpassning".

Resultatet av bedömningen är två indikatorer med värde mellan 1 och 0 som möjliggör jämförelser av teknisk potential och säljbarhet men inte besvarar frågan om återbruk är mer ekonomiskt än återvinning.

För att kunna göra det behövs en metod som lägger mer vikt på kvalitetskontroll och skaleffekter. Ett förslag presenteras i följande avsnitt.

2.3 Återbrukbarhetsbedömning - ett förslag

2.3.1 Principer

Återbrukbarheten reduceras här till en ekonomisk kalkyl bestående av två delar: värdet hos de komponenter som återbrukas och kostnaderna för de aktiviteter som uppstår i återbruksprocessen tills de återbrukade produkterna kan ersätta nya motsvarande produkter.

Återbruksprocessen definieras här som följande aktiviteter:

- **Prospektering**
En undersökning som görs för att ta reda på relevant information om den konstruktion som ska rivs i syfte att uppskatta återbrukbarheten. Viss provning och planering (demonteringsplan) kan ingå i denna undersökning.
- **Demontering**
Omvänd byggprocess där konstruktionen delas på plats i hanterbara komponenter.
- **Hantering**
Transport, lagring och skydd av de återbrukade komponenterna efter demontering.
- **Rekonditionering**
Verkstadsprocess som leder till en återbrukad produkt med samma egenskaper som en motsvarande ny produkt.
För valsade profiler kan rekonditionering innebära avlägsning av svetsade detaljer och brandskydd. Blästring och rostskyddsmålning brukar däremot ske i samband med tillverkning. Avlägsning av rostskydd innehållande förbjudna giftiga ämnen bör ses som sanering och behandlas inte i denna rapport.
För svetsade profiler och fackverk som säljs som färdiga byggprodukter kan rekonditionering innehålla blästring och målning.
- **Kvalitetssäkring och certifiering**
En process som bekräftar kvalitén hos komponenterna. Detta kan innehålla kontroll av dokumentation, mätning av geometri och toleranser, materialprovning, omdimensionering av svetsade komponenter och fackverk, samt dokumentation och tredjepartskontroll.

Återbrukbarheten är beroende av en stor andel faktorer som kan delas in i följande övergripande kategorier:

- **Teknisk genomförbarhet**, dvs praktiska eller tekniska faktorer som kan försvåra eller förenkla arbetet;
- **Projektets skala**, där fasta kostnader för tex provning kan fördelas på flera produkter i ett större projekt och arbetet kan effektiviseras oavsett svårighetsgraden, och;
- **Säljbarheten** hos de återbrukade produkterna, då inkomster kan utebli eller åtminstone fördröjas om efterfrågan på de återbrukade komponenterna är låg.

Faktorerna som påverkar teknisk genomförbarhet är:

- Konstruktionens egenskaper:
 - Standardiseringsgrad
 - Infästningar:
 - Skruvade eller svetsade förband
 - enkla eller momentstyva förband
 - Lätt eller svårtillgängliga
 - Stabilisering
 - Samverkanskomponenter/betongelement
- Produkternas egenskaper:
 - Storlek
 - Tålighet
 - Ytbehandling
 - Svetsade detaljer och/eller skruvhål
- Projektets förutsättningar:
 - Tillgång till dokumentation
 - Tidsram
 - Läge

I de två följande avsnitten anges rekommendationer för att uppskatta potentiella inkomster och merkostnader. Säljbarheten behandlas tillsammans med inkomsterna. Teknisk genomförbarhet samt skalleffekter är svåra att uppskatta a priori men man kan utgå från ett känt fall som sedan justeras, en sådan lösning föreslås i avsnitt 2.3.4.

Vid en prospektering börjar man alltså med en inventering av konstruktionen där information om komponenterna samlas in. Sedan gör man en kvalitativ bedömning av projektets tekniska genomförbarhet. Denna bedömning vägs in i uppskattningen av merkostnaderna. Slutligen uppskattas möjliga inkomster och dessa jämförs med merkostnaderna vilket ger ett mått på projektets lönsamhet.

Till stöd för detta arbete har vi utvecklat en enkel checklista, se Bilaga A, och ett exempel redovisas i avsnitt 2.3.5.

2.3.2 Inkomster, marknadsvärde och säljbarhet

Valsade profiler

Ett riktvärde är att nya valsade profiler handlas för ca 10 kr/kg före bearbetning till en färdig produkt. Återbrukade profiler med certifikat som uppfyller dagens krav gällande material och geometri kan rimligen säljas till samma pris.

Lägre koldioxidutsläpp kan till och med motivera ett högre pris under vissa förutsättningar, dvs ett starkt incitament eller krav att minska utsläppen samt tillförlitlig redovisning/deklaration av miljöegenskaper. Dessa förutsättningar bedöms dock inte vara uppfyllda i dagsläget och riktvärdet ovan rekommenderas.

Vanliga profiler med hög säljbarhet är HEA 160 till 300 samt kallformade konstruktionsrör (KKR) 100x100x5 till 300x300x10 i S355. Dessa används framförallt som pelare. I stålhallar krävs ofta längder från 6 m uppåt medan våningshöga pelare i husbyggnader med längder ner till ca 3 m förekommer.

Det finns en marknad för andra dimensioner och profiltyper (HEB och VKR) men den är betydligt mindre.

Vinkeljärn och U-profiler används bla vid tillverkning av fackverk. Dimensioner mellan 70 och 180 mm är vanliga. Dessa kan skarvas genom brännsvetsning vilket gör även kortare längder intressanta.

Svetsade profiler och fackverk

Inköpspriset i kg stål är högre för svetsade profiler och fackverk än för valsade profiler. Ett riktvärde är 20 kr/kg.

Dessa produkter har dock en mycket specifik funktion och är svåra att anpassa till andra applikationer. Säljbarheten är därför osäker.

För att få en bättre uppskattning om marknadsvärdet och säljbarheten kan man, om möjligt, ta kontakt med den ursprungliga tillverkaren eller annan tillverkare av liknande produkter.

Skrot

I värsta fall kan alltid produkterna säljas som skrot. Priset har varierat de senaste åren mellan 1 och 2 kr/kg (7) och är mycket beroende av konjunkturen.

2.3.3 Kostnader

Demontering och hantering på plats

Vares presenterar i (2) en jämförelse mellan kostnader för rivning och demontering av en liten stålhall i Finland. Konstruktionen består av sex tvåledsramar med spännvidd 16 m och delning 6 m samt regler, takåsar och stagning. Pelare och balkar består av svetsade profiler med varierande tvärsnitt. Konstruktionens totala vikt är 13,7 t.

Tabell 2-5 Kostnaderna för rivning och demontering av en stålhall i Finland, enligt (2)

Aktivitet	Totalkostnad [€]	Approximativ kostnad per ton [kr/t]
Montering	7 878	6 000
Rivning	4 569	3 500
Demontering	6 144	4 700
Provning/rekonditionering	4 727	3 600
Audit + rivning	7 569	5 800
Audit + demontering	12 144	9 300

Kostnaderna för rivning utgör ca 60 % av kostnaderna för montering. Demontering medför en merkostnad med ca en tredjedel jämfört med rivning. Dessutom bedöms inspektionen av byggnaden vara dubbelt så kostsam inför demontering. Inkluderas dessa kostnader blir merkostnaden för demontering ca 60 %.

Yeung presenterar i (8) en jämförelse mellan kostnader för rivning och demontering av en större stålkonstruktion till en envånings byggnad på 61,5 x 94,3 m i Kanada. Konstruktionens totala vikt är 114 t.

Tabell 2-6 Kostnaderna för rivning och demontering av en stålkonstruktion i Kanada, enligt (8)

Aktivitet	Totalkostnad [\$]	Approximativ kostnad per ton [kr/t]
Rivning	387 000	32 200
Återbruk	564 000	47 000
Friställning	433 500	36 000
Demontering	40 500	3 400
Transport	2 000	170
Rekonditionering	88 000	7 300

Om transport och rekonditionering behandlas separat är kostnaderna för återbruk ca 39 400 kr/t vilket är en merkostnad på ca 22 % jämfört med rivning. De totala kostnaderna skiljer sig avsevärt från dem enligt Vares. Detta tyder på att Yeung har räknat med kostnaderna för rivning av hela byggnaden inklusive installationer och eventuell sanering medan Vares har fokuserat på stålkonstruktionen enbart. I absoluta tall blir merkostnaderna dock jämförbara med 3 500 kr/t respektive 3 900 kr/t.

Från dessa två studier kan en grov uppskattning av merkostnaderna för demontering vara **3 700 kr/t för envåningsbyggnader**. Denna siffra kan användas som utgångspunkt för en bedömning av återbrukbarheten.

Provning

Vid återbruk av valsade profiler kan följande provningsomfattning och relaterade kostnader förutsättas:

- Oförstörande provning med bärbar hårdhetsmätare, alla komponenter
Varje komponent markeras, förbereds för provning och provas. Resultaten dokumenteras och analyseras.
150 kr/komponent (10 minuter/komponent, 900 kr/timme)
- Toleranskontroll, alla komponenter
Varje komponent inspekteras visuellt, relevanta toleranser kontrolleras och resultat dokumenteras.
150 kr/komponent (10 minuter/komponent, 900 kr/timme)
- Standardprovning inklusive dragprov, slagprov och kemisk sammansättning
Provning görs av ett ackrediterat labb och inkluderar tillverkning av provstavar. Kostnaderna för provning i Sverige varierar mellan ca 5 500 kr per prov om flera prov lämnas in samtidigt till uppemot 10 000 kr för ett enda prov. Motsvarande provning kan göras i tex Storbritannien för en kostnad mellan ca 2 000 och 5 000 kr.
3 000 kr/provningsparti

Full spårbarhet genom processen innebär också kostnader som är svårare att uppskatta.

Rekonditionering

Kostnader för kapning och eventuellt skarvning tillkommer. Även blästring och målning kan vara mindre rationella vid återbruk vilket medför extra kostnader.

Det är svårt att ange allmänna riktvärde för dessa kostnader. Dunant (9) uppskattar dem **mellan 1,2 och 2,5 kr/kg** vilket motsvarar ca 30 till 60 minuter arbete för en vanlig profil som väger runt 300 kg (600-700 kr/timme exkl. moms).

Sågning är relativt billigt jämfört med svetsning. Man kan räkna med några minuter plus hanteringstid. Skarvning antas i genomsnitt ta ca 1 timme (HEA160: 45 minuter, HEA300: 90 minuter). Tiden är kortare för rör i motsvarande storlek jämfört med I-profiler.

Transport

Transportkostnader utgör normalt endast några få procent av totalkostnaden (9).

Kostnaderna för att frakta ett 40-tal balkar med en längd på 8 m och en totalvikt mellan 10 och 12 t uppskattas till strax under 4 000 kr för en sträcka på 80 km (mestadels Europaväg). I denna siffra ingår lastnings- och lossningstid på max 45 minuter.

Exemplet ovan ger ett riktvärde på **100 kr per komponent** eller **5 kr per ton och kilometer**.

Lagring

Lagringskostnader i sig kan variera mycket men utgör antagligen endast en liten del av totalkostnaden (9).

En annan aspekt är att inköpt material binder kapital vilket innebär en risk och kan vara problematiskt initialt eller vid enstaka projekt om det inte finns någon balans mellan materialets in- och utflöde.

2.3.4 Kvalitativ bedömning av genomförbarheten

Kostnaderna för demontering påverkas av ett mycket stort antal parametrar som samspelar och i brist på data och verkliga exempel är det omöjligt att utveckla en kvantitativ modell för att uppskatta kostnaderna.

Istället kan man utgå ifrån ett standardscenario och göra kvalitativa justeringar som ger relativa indikationer om kostnadernas storlek. Vi utgår här från ett standardscenario dokumenterat i litteraturen, se 2.3.3.

Nio parametrar som påverkar genomförbarheten har valts. För varje parameter görs en bedömning av dess påverkan på kostnaderna i form av ett antal poäng som ökar med ökande enkelhet och där 10 poäng motsvarar standardscenariot som kan ses som det enklaste återbruksprojekt.

När en parameter syftar till komponenter med olika egenskaper snarare än projektet som helhet tilldelas poäng efter relativt antal eller vikt. Tex om 30% av infästningarna är svetsade och 70% är skruvade blir antalet poäng för projektet:

$$p = 0,3 \cdot p_{\text{endast svets}} + 0,7 \cdot p_{\text{endast skruv}}$$

Poängen viktas sedan med en faktor som beaktar parametrarnas relativa inflytande på den totala kostnaden. Summan av de viktade poängen ger en kvalitativ indikation på de kostnader som kan förväntas, där en slutsumma på 100 motsvarar standardscenariot enligt 2.3.3 och ju lägre summan desto större kostnader.

Nedan föreslås en poängtilldelning och viktning. På sikt kan dessa anpassas för att bättre återspegla resultaten av verkliga fall.

Konstruktionens standardiseringsgrad

Arbetet blir mer effektivt om konstruktionen har en större andel liknande komponenter och förband. Utgångspunkten är här en stålhall med likadana takbalkar och pelare, dvs en hög standardiseringsgrad.

Kostnaderna för demontering och hantering ökar något för varje ytterligare komponenttyp.

Poängtilldelning: En hallbyggnad med likadana takbalkar och pelare, dvs med 2 olika komponenttyper tilldelas 10 poäng. För varje ytterligare komponenttyp dras av en poäng.

Viktning: 1,0

Infästningar

Skruvade förband är demonterbara till skillnad från svetsade förband som behöver skäras och är svåra att hantera på rivningsplatsen.

Kostnaderna för demontering ökar avsevärt vid svetsförband.

Enkla förband är mindre komplexa än momentstyva. I regel har de färre komponenter och är lättare att demontera. Även skruvarnas storlek och eventuell låsning kan beaktas. Skruvar upp till M20 kan demonteras med handverktyg.

Tillgängligheten är en annan aspekt som behöver beaktas.

Kostnaderna för demontering ökar något vid mer komplexa skruvförband.

Poängtilldelning: lätt demonterbara skruvförband tilldelas 5 poäng, mer komplicerade skruvförband 3 poäng och svetsförband 0 poäng. Lättillgängliga skruvförband tilldelas 5 extra poäng.

Viktning: 1,0

Stabilisering

För att underlätta demontering bör helst stålkonstruktionen i sig vara stabil.

Enklast är det med nolledsramar som är stabila i och ut ur sitt plan. Normalt kan även tvåledsramar betraktas som stabila under demonteringskedet. Konstruktioner med pendelpelare och stabiliserande diagonaler utgör en stabil stålstomme som kan demonteras sist, efter att tak och väggar har avlägsnats. Däremot kan tillfällig stagning behövas om inte pelarfotsinfästningar klarar momenten under demonteringskedet.

Husbyggnader som stabiliseras genom skivverkan i betongbjälklag och/eller betongväggar bör demonteras i omvänd ordning jämfört med hur de monterades. Detta innebär många fler arbetsmoment och ständig avväxling mellan dessa. Logistiken försvåras.

Kostnaderna för demontering ökar avsevärt för husbyggnader med stabilisering genom skivverkan.

Poängtilldelning: ramkonstruktioner med fast inspända pelare tilldelas 10 poäng, konstruktioner som stabiliseras med diagonaler 8 poäng, och konstruktioner med skivverkan i vägg och bjälklag 0 poäng.

Viktning: 1,0

Samverkanskomponenter

Normalt uppnås samverkan mellan betong och stål med hjälp av svetsade skjutförbindare som inte kan demonteras. Kostnaderna för att separera stålet från betongen bedöms som orimliga. Om hanterbara samverkanskomponenter kan skiljas från konstruktionen kan de eventuellt återbrukas i sin nuvarande konfiguration. Dessa är dock svåra att anpassas och deras säljbarhet bedöms a priori som mycket låg. Storlek och tyngd påverkar också hantering och transportkostnaderna som behöver uppskattas från fall till fall.

Normalt bör samverkanskomponenter betraktas som ej återbruksbara.

Poängtilldelning: rena stålkomponenter tilldelas 10 poäng, samverkanskomponenter 0 poäng.

Viktning: 2,0

Produkternas storlek

Stora, långa och tunga komponenter kräver särskild utrustning som påverkar demontering och hantering samt transporter.

Max dimensioner för normal transport är ca 2,5 m i bredd och längd 13 m. Normalt är vikten av mindre betydelse förutom för samverkanskomponenter, se ovan.

Kostnaderna för demontering ökar något vid stora produkter och transportkostnader kan öka avsevärt.

Poängtilldelning: komponenter lämpliga för normal transport (upp till 1 t, max längd 13 m och bredd 2,5 m) tilldelas 10 poäng, större komponenter (upp till 10 t, max längd 20 m och bredd 3 m) 5 poäng och överstora komponenter 0 poäng.

Viktning: 1,5

Produkternas tålighet

Slanka profiler är känsliga för koncentrerade laster samt stötar och behöver hanteras varsamt. Valsade profiler kan betraktas som tåliga medan svetsade I- och H-profiler är något känsligare. Fackverk är känsligast och behöver särskild hänsyn vid lyft och transport.

Kostnaderna för demontering och transport ökar något för fackverk.

Poängtilldelning: valsade komponenter tilldelas 10 poäng, svetsade komponenter 8 poäng och fackverk 0 poäng

Viktning: 0,5

Produkternas ytbehandling

Vanligt rostskydd medför ingen extra kostnad då blästring och målning kan antas ingå i en vanlig tillverkningsprocess. Brandskydd däremot behöver avlägsnas mekaniskt eller kemiskt. Detta är en ovanlig operation som kan medföra relativt stora kostnader.

Rostskydd innehållande förbjudna giftiga ämnen bör hanteras enligt gällande regelverk vilket lär medföra relativt stora kostnader.

Kostnaderna för rekonditionering av produkter med brandskydd eller rostskydd innehållande förbjudna giftiga ämnen ökar avsevärt.

Poängtilldelning: komponenter med vanligt rostskydd tilldelas 10 poäng, med rostskydd innehållande förbjudna giftiga ämnen 3 poäng och brandskydd 0 poäng

Viktning: 1,0

Tillgång till dokumentation

Tillförlitlig dokumentation om konstruktionen förenklar prospektering och kvalitetssäkring.

Förstörande provning är onödig om materialcertifikat är tillgängliga och full spårbarhet kan säkerställas. Detta påverkar den ekonomiska kalkylen avsevärt.

Poängtilldelning: när bygghandlingar är tillgängliga tilldelas 10 poäng, enkla planritningar finns och byggår är känt 5 poäng, konstruktionens byggår är okänt 0 poäng.

Viktning: 1,0

Platsen

Platsens förutsättningar kan påverka projektet på olika sätt. Tillgång till lagringsplats i närheten förenklar logistiken. Läget i landet i förhållande till kunder och kvalificerad arbetskraft påverkar såväl demonteringskostnader som transportkostnader.

Rivning påverkar omgivningen mer negativt vilket kan utgöra ett incitament för återbruk i folktäta områden.

Poängtilldelning: utgå från 10 poäng och gör avdrag enligt följande, -2 poäng om rivningsplatsen befinner sig längre än 200 km från potentiell kund eller långvarig lagringsplats, -2 poäng om möjligheter till kortvarig lagringsplats i anslutning till rivningsplats saknas, -2 poäng vid snäv tidsplan.

Viktning: 1,0

2.3.5 Exempel

En stålhall med dimensioner 20 x 30 m ska rivas. Konstruktionen består av 5 sadelfackverk med spännvidd 20 m på 5 m höga pendelpelare samt gavelbalkar och pelare. Stabilisering sker genom skivverkan i tak och diagonaler i väggarna.

Inventering

En snabb inventering visas i tabell 2-7 nedan. Information om pelare och gavelbalkar hämtas i konstruktionstabeller för valsade balkar. Fackverkens vikt fås från tillverkaren. Diagonalernas vikt är mindre viktig i sammanhanget och en grov uppskattning är tillräcklig.

Tabell 2-7 Inventering.

Komponent	Antal	Längd [m]	Vikt per meter [kg/m]	Vikt [kg/st]	Total vikt [kg]
Pelare, HEA 180, S355	18	5	35,5	177	3 186
Gavelbalkar, HEA 180, S355	4	10	35,5	355	1 420
Fackverk (svetsade vinkelprofiler)	5	20		1800	9 000
Diagonaler	8	7	18	120	1 000
Totalt					14 606

Kvalitativ bedömning av genomförbarheten

En kvalitativ bedömning av genomförbarheten görs med hjälp av checklistan i Bilaga A och återges i tabell 2-8

Tabell 2-8 Bedömning av genomförbarheten

	Poäng	Faktor	Total
1. Konstruktionens standardiseringsgrad			
Stålhall med pelare, gavelbalkar, fackverk och diagonaler. 10 -2 = 8 p	8	(1,0)	8
2. Infästningar			
Lättillgängliga och lätt demonterbara skruvförband. 5 + 5 = 10 p	10	(1,0)	10
3. Stabilisering			
Konstruktionen stabiliseras genom skivverkan i tak och diagonaler i väggarna. 8 p	8	(1,0)	8
4. Samverkanskomponenter			
Stålkonstruktion 10 p	10	(2,0)	20
5. Produkternas storlek			
Pelare, balkar och diagonaler lämpliga för normal transport Större fackverk < 20 m 10x0,4 + 5x0,6 =7 p	7	(1,5)	11
6. Produkternas tålighet			
Valsade pelare och balkar Fackverk måste hanteras varsamt 10x0,4 + 0x0,6 = 4 p	4	(0,5)	2
7. Produkternas ytbehandling			
Modernt rostskydd 10 p	10	(1,0)	10
8. Tillgång till dokumentation			
Bygghandlingar tillgängliga 10 p	10	(1,0)	10
9. Platsen			
Rivningsplats nära en storstadsregion med parkering i direkt anslutning som kan användas för kortvarig lagring. Inte för snäv tidsplan. 10 p	10	(1,0)	10

Totalt fås 89 poäng av 100 möjliga och projektets genomförbarhet bedöms vara tillräckligt nära standardscenariots för att använda riktvärden i avsnitt 2.3.3 som grund till en kostnadsuppskattning.

Uppskattning av kostnaderna

Demontering antas, enligt standardscenariot, kosta 3 700 kr mer per ton jämfört med rivning, vilket ger en **merkostnad på ca 54 tkr**.

Pelare och gavelbalkar anses kunna återbrukas och utgör två provningspartier. Kostnaderna för provning enligt rekommendationer i 2.3.3 blir 8 400 kr respektive 4 200 kr, dvs en **merkostnad på ca 12 tkr**.

Provning av fackverken och diagonaler avfärdas.

Pelare och gavelbalkar rekonditioneras för 1,3 kr/kg, vilket medför en **merkostnad på ca 6 tkr**.

Pelarna och balkarna utgör ett enda lass, och transportkostnaderna kan uppskattas till ca **4 tkr** för en vanlig sträcka på 80 km.

Fackverken är betydligt svårare att transportera och kostnaderna är större.

Uppskattning av inkomsterna

Skrotpriset antas för tillfället vara ca 1,5 kr/kg. I övrigt används riktvärden i 0 vilket ger resultaten i tabell 2-9.

Säljbarheten hos HEA-profiler bedöms som mycket god, och dessa komponenter avses att återbrukas efter provning och rekonditionering.

Vad gäller fackverken kan flera scenarier tänkas:

1. Tillverkaren är känd och kan mot en liten ersättning bistå med dokumentation samt eventuellt kontakt med potentiella köpare. Värdet är maximalt och säljbarheten är god.
2. Egenskaperna är okända och provning samt omfattande kontroll av svetsar och övriga infästningar krävs. Marknadsvärdet kan säkerställas dock till en potentiellt hög kostnad. Säljbarheten är osäker.
3. Fackverken kan användas utan provning i icke bygglovspliktiga konstruktioner. Värdet är betydligt mindre.
4. Fackverken skrotas.

Diagonalerna är få och säljbarheten anses vara något sämre än för HEA-profilerna. De kan säljas till ett lägre pris för användning i tillfälliga konstruktioner eller som skrot.

Tabell 2-9 Marknadsvärde.

Komponent	Total vikt [kg]	Värde som skrot [kr]	Värde som Komponent [kr]
Pelare, HEA 180	3 186	4 800	32 000
Gavelbalkar, HEA 180	1 420	2 100	14 200
Fackverk (svetsade vinkelprofiler)	9 000	13 500	180 000
Diagonaler	1 000	1 500	10 000

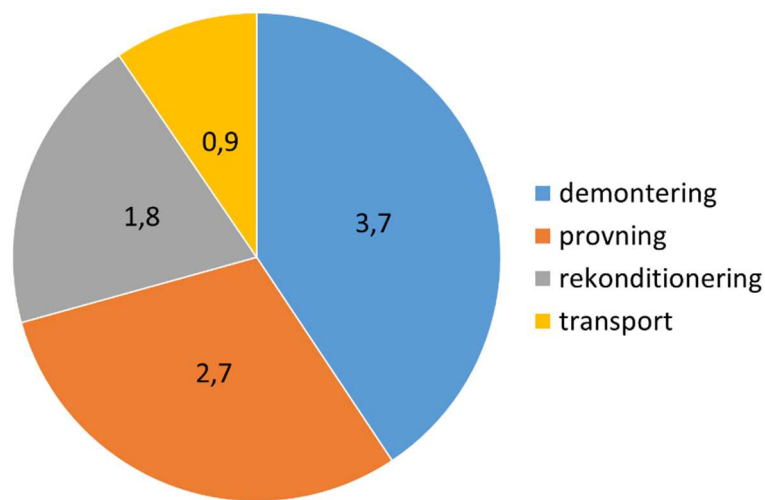
Sammanfattning

Merkostnaderna för återbruksalternativet uppskattas till totalt 77 tkr medan mervärdet från enbart pelarna och balkarna är ca 39 tkr. För att återbruk ska bli lönsamt behöver även mervärdet hos fackverken tas tillvara.

Om fackverken kan säljas i sitt befintliga skick till hälften av sitt nypris ökar inkomsterna med ca 75 tkr vilket gör återbruk mer lönsamt än återvinning om transport av fackverken kan ordnas för mindre än 39 tkr.

Om fackverken kan säljas till samma pris som nya finns en god marginal på nära 130 tkr för rekonditionering och transport.

Merkostnaderna vid återbruk av pelarna och balkarna blir totalt ca 8,6 kr/kg vilket betyder att återbruk och återvinning är totalt sett ekvivalenta från en ekonomisk synpunkt. Kostnadsfördelningen redovisas i diagrammen nedan. Provning utgör ca en tredjedel.



Figur 2.2 Fördelning av kostnaderna i kr/kg vid återbruk av pelarna och balkarna.

Demonteringskostnader verkar avgörande för lönsamheten och även rekonditioneringsbehov har ett stort inflyttande. Från exemplet ovan kan man dock dra slutsatsen att det normalt är svårt att uppnå lönsamhet om provningskostnaderna överstiger ca 3 kr/kg. Detta betyder att komponenter som väger under 100 kg i princip alltid är olönsamma. Man kan även härleda en tumregel för minsta antalet komponenter i ett provningsparti beroende av komponentens vikt:

$$n_{\min} = \frac{1000}{m - 100}$$

där m är komponentens vikt i kg.

2.4 Alternativa källor av återbrukat stål

2.4.1 "Dött material"

Vid köp av valsade profiler direkt från verk där beställningen inte uppgår till en hel charge kan det ibland uppstå sk "dött material", dvs överblivna profiler som betraktas som skrot av tillverkaren och normalt återgår till processen.

Dessa mindre partier av främst valsade rör kan betraktas som återbrukat stål. Provning är onödig då kontrollintyg kan fås av tillverkaren. Däremot krävs ett visst mått av flexibilitet från konstruktören för att anpassa konstruktionen efter tillgången på dimensioner.

2.4.2 Brandpåverkat stål

Normalt avråds från att återbruka brandpåverkat stål som kan ha försämrade egenskaper (10). Forskning visar dock att varmformat konstruktionsstål behåller sina ursprungliga egenskaper om det inte har utsatts för temperaturer över 500 till 600°C (11) (12). Kallformat stål och värmebehandlat stål är känsligare men kan antas behålla sina egenskaper om de inte utsätts för temperaturer över 300°C.

För att bedöma egenskaperna hos brandpåverkat stål hänvisar *The American Institute of Steel Construction* (13) till procedurer som beskrivs av Tide (14). Komponenter sorteras i tre kategorier utifrån omfattningen av deras deformationer:

- Kategori 1: raka komponenter som verkar opåverkade;
- Kategori 2: komponenter med märkbara deformationer som kan riktas, och;
- Kategori 3: komponenter med avsevärda deformationer.

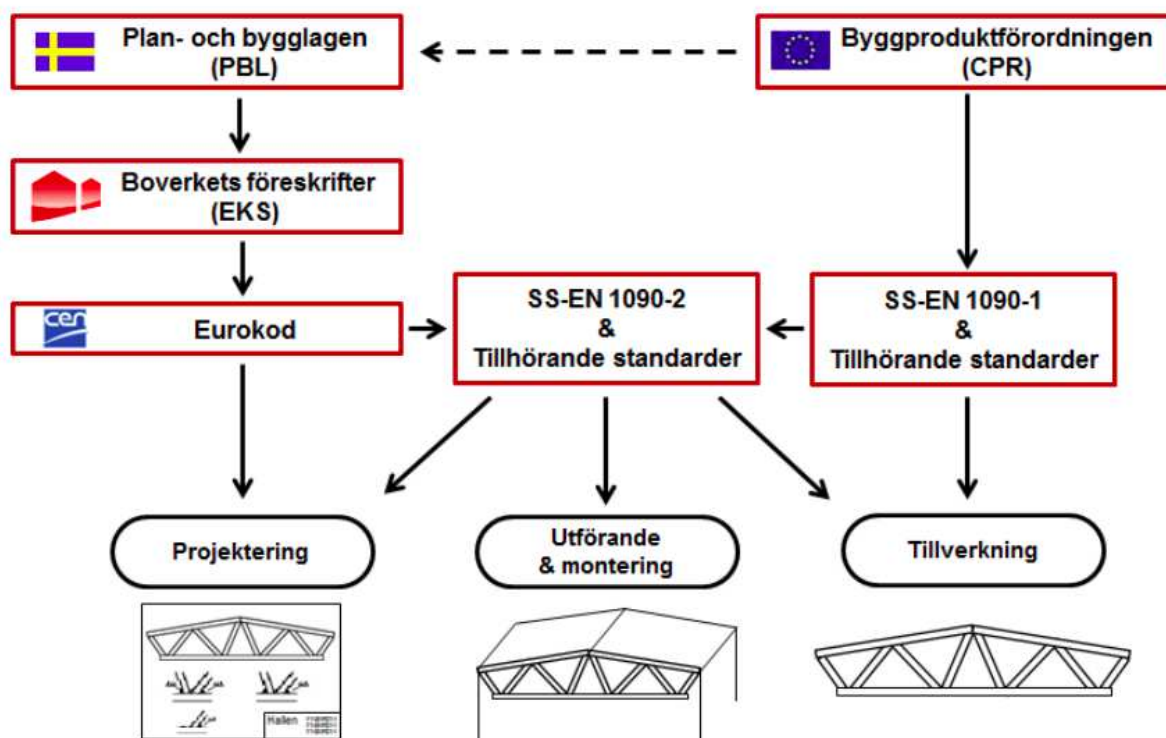
Komponenter i kategori 1 bedöms kunna återbrukas utan försämring av deras egenskaper. Tide ger också ett antal tips för visuell bedömning av vilken temperatur stålet uppnådde under branden. Detta kan ligga till grund för en första bedömning följt av förstörande provningar.

Återbruk av brandpåverkat stål behöver alltså inte uteslutas helt om en anpassad bedömning av dess återstående egenskaper görs.

3. Regelverk – Får man återbruka stålkomponenter?

3.1 Allmänt

Det regelverk som styr dimensionering, utförande och kontroll av bärande stålkonstruktioner som uppförs på svensk mark är relativt välutvecklat och har sin grund i Byggproduktförordningen (CPR) och i Plan- och bygglagen (PBL), se figur 3.1.



Figur 3.1 Illustration av det gällande regelverket för bärverk i stål

Sedan 1 juli 2014 har det varit krav på prestandadeklaration och CE-märkning för bärverk och bärverksdelar i stål. Detta krav kommer från CPR, som trädde i kraft 1 juli 2013 och som anger vissa övergripande, generella krav. För mer detaljerad information om vad som gäller för specifika byggprodukter hänvisar CPR vidare till så kallade harmoniserade standarder.

För bärverk och bärverksdelar i stål och aluminium är det den harmoniserade standarden SS-EN 1090-1 som är styrande. Tillverkare av bärverk och bärverksdelar i stål ska vara certifierade mot SS-EN 1090-1 för att få utfärda prestandadeklarationer och CE-märka sina produkter. Certifieringen utfärdas av ett så kallat anmält organ och gäller för en viss utförandeklass.

För utförande och kontroll hänvisar SS-EN 1090-1 i sin tur vidare till SS-EN 1090-2.

Kravet på certifiering gäller endast tillverkning i verkstad. CPR ställer inte krav på arbeten som utförs på byggarbetsplatsen. Den som utför arbete på byggarbetsplatsen, till exempel en stålentreprenör, behöver inte vara certifierad enligt SS-EN 1090-1. Däremot gäller kraven i SS-EN 1090-2 eftersom denna standard även har en koppling till de europeiska konstruktionsstandarderna som går under samlingsnamnet Eurokoderna.

Att bärande konstruktioner ska dimensioneras enligt Eurokoderna blev ett krav för byggprojekt med bygganmälan efter 2 maj 2011. Eurokod 3 för bärande konstruktioner i stål förutsätter att utförandekraven i SS-EN 1090-2 är uppfyllda, vilket gör dessa standarder väldigt centrala för hela stålbyggnadsprocessen.

För vissa regler i Eurokoderna finns möjligheter att göra "nationella val" och därigenom anpassa reglerna till nationella förhållanden och förutsättningar, t ex avseende partialkoefficienter relaterade till bärverkens tillförlitlighet. För de byggprojekt som faller under Boverkets myndighetsutövning samlats de svenska "nationella valen" upp i *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av de europeiska konstruktionsstandarderna* (EKS).

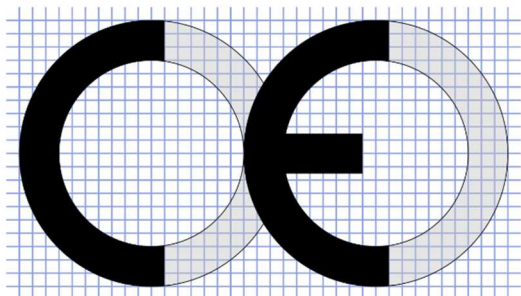
I EKS ges inte enbart Boverkets nationella val för Eurokoderna. Här ges även vissa andra generella föreskrifter och allmänna råd, bland annat om samhällets krav på säkerhet, utförande och på kontroll av bärande konstruktioner och om ingående produkters egenskaper.

När det kommer till möjligheterna att återbruka stål i bärande konstruktioner som faller under Boverkets myndighetsutövande är det i huvudsak föreskrifterna och reglerna i EKS, SS-EN 1993 (Eurokod 3), SS-EN 1090-1, SS-EN 1090-2 och AMA/RA Hus 18 som i praktiken har betydelse.

Eurokod-serien, EN 1090-1 och AMA/RA Hus genomgår för närvarande en uppdatering och nya versioner förväntas publiceras nästa år vad gäller EN 1090-1 och AMA/RA Hus och mellan 2022 och 2023 vad gäller EN 1993-1-1. Slutliga utkast är dock tillgängliga och ger redan en bra bild av ändringarna i kommande standarder.

I de följande avsnitten 3.2 till 3.6 beskrivs föreskrifterna och reglerna i gällande dokument mer i detalj samt kommande förändringar som har betydelse för återbruk.

3.2 Harmoniserad standard, SS-EN 1090-1



"Conformité Européenne"

Tillverkare (verkstäder, stålentreprenörer) av bärande komponenter och byggsatser i stål måste vara certifierade enligt SS-EN 1090-1 för att få utfärda en prestandadeklaration och CE-märka sina produkter.

SS-EN 1090-1 ger entreprenörer och tillverkare krav och vägledning för rutiner och kvalitetssystem så att de kan certifieras för att kunna CE-märka produkterna. Standarden anger även vilka krav som ska vara uppfyllda för CE-märkning av bärverk i stål och vad som ska ingå i tillverkarens prestandadeklaration.

Harmoniserad standard, SS-EN 1090-1

Produkter som tillverkas i verkstad ska prestandadeklareras och CE-märkas av tillverkaren som är certifierad för aktuell utförandeklass.

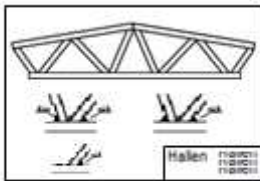
Materialegenskaper hos ingående produkter samt dimensioner, form och toleranser ska deklarerars i tillverkarens prestandadeklaration med hänvisning till andra standarder (produktstandard eller SS-EN 1090-2) eller till komponentspecifikation.

Om återbrukat stål används ska detta deklarerars i prestandadeklarationen.

SS-EN 1090-1 innehåller inga egna regler gällande tillverkning eller utformning men har en stark koppling till SS-EN 1090-2 som den hänvisar till för ingående produkter, toleranser för mått och form, regler för utförande och kontroll av stålkonstruktioner etc.

Certifiering enligt SS-EN 1090-1 görs av ett anmält organ efter en godkänd första besiktning av tillverkarens anläggning och system för tillverkningskontroll (*Factory Production Control, FPC*). Certifikatet gäller inom hela EES-området. Fortsatt certifiering förutsätter återkommande besiktningar av ett anmält organ.

Tillverkning definieras i SS-EN 1090-1 som de arbetsmoment som krävs för att framställa en komponent. Sådana arbetsmoment kan till exempel vara beredning, svetsning, mekanisk fastsättning, montering, provning och även dokumentering av deklarerade egenskaper.



Komponentspecifikation

Tillverkningen av komponenter ska, enligt SS-EN 1090-1, styras av en komponentspecifikation som ger all nödvändig information för tillverkning och utvärdering av komponentens överensstämmelse med ställda krav. Vem som ansvarar för komponentspecifikationens innehåll beror bland annat på om upphandlingen görs som en utförande- eller en totalentreprenad.

En tillverkare är, enligt byggproduktförordningen, en fysisk eller juridisk person som tillverkar, eller låter konstruera eller tillverka, en byggprodukt och saluför den under eget namn eller varumärke. Den process tillverkaren ansvarar för kan alltså även omfatta underleverantörer, stålgrossister, konstruktörer etc. Detta ansvar gäller även om hela eller delar av tillverkningen görs utanför EU.

Tillverkaren ansvarar för att en CE-märkt bärande komponent eller byggsats uppfyller de aktuella kraven enligt SS-EN 1090-1 och ansvarar även för att deklarerat detta. Om tillverkaren svarar för både dimensionering och tillverkning ska även dimensioneringsarbetet täckas av FPC och vara certifierat enligt SS-EN 1090-1.

Certifieringen och kraven på CE-märkning och utfärdande av prestandadeklarationer gäller endast tillverkning i verkstad. Byggproduktförordningen och SS-EN 1090-1 ställer inga krav på arbeten som utförs på byggarbetsplatsen. Den som utför arbete på byggarbetsplatsen, till exempel en montör, behöver därför inte vara certifierad enligt SS-EN 1090-1.

Kraven på certifiering enligt SS-EN 1090-1, CE-märkning och prestandadeklaration gäller inte alla stålkomponenter. Endast sådana bärverksdelar i stål som är byggprodukter som påverkar byggnadsverkets bärförmåga, stadga och beständighet. Exempel på sådana komponenter är fackverk, pelare, balkar, reglar, profiler, trapetsplåt etc. Det kan även vara så att produkten omfattas av en annan harmoniserad standard och produkten ska i så fall CE-märkas enligt denna standard.

De egenskaper som ska deklarerats i tillverkarens prestandadeklaration enligt SS-EN 1090-1:2009+A1:2011 anges i tabell ZA.1 som återges i tabell 3.1 nedan.

Tabell 3.1 Egenskaper som ska deklarerats i tillverkarens prestandadeklaration enligt SS-EN 1090-1:2009+A1:2011, tabell ZA.1

ER ^a	Egenskap	Anmärkingar
1	Toleranser för mått och form	Toleranser anges med gränserna för väsentliga toleranser i SS-EN 1090-2 eller SS-EN 1090-3
1	Svetsbarhet	Denna egenskap anges genom hänvisning till ingående produkternas material och deras EN-standard(er)
1	Brottseghet Slaghållfasthet	För stålkomponenter får brottseghetsvärdet bestämmas genom slagenergin i ett slagprov enligt SS-EN 1993-1-10. För aluminiumkomponenter krävs ingen deklaration av denna egenskap.
1	Bärförmåga ^b	Denna egenskap får deklarerats enligt den metod som beskrivs i ZA.3.3. Utförandeklasser ska anges enligt SS-EN 1090-2 eller SS-EN 1090-3.
1	Utmattningshållfasthet ^b	Denna egenskap får deklarerats enligt den metod som beskrivs i ZA.3.3. Utförandeklasser ska anges enligt SS-EN 1090-2 eller SS-EN 1090-3.
2	Brandmotstånd ^b	Denna egenskap får deklarerats enligt den metod som beskrivs i ZA.3.3 (R, E, I och M och erforderlig klassificering).
2	Reaktion vid brandpåverkan	Klass A1 för ej belagda komponenter. För belagda komponenter sker klassificering enligt SS-EN 13501-1. I detta sammanhang betraktas eloxering och förzinkning inte som beläggning.
3	Frigörande av kadmium och föreningar därav	Denna egenskap deklarerats genom hänvisning till den EN-standard som gäller för de ingående produkter som används.
3	Radioaktiv strålning	Denna egenskap deklarerats genom hänvisning till den EN-standard som gäller för de ingående produkter som används.
	Beständighet	Egenskapen ska deklarerats enligt kraven i komponent-specifikationen.
^a ER = grundläggande krav, se CPD		
^b Dessa egenskaper definieras som bärförmågeegenskaper		

Omfattningen av prestandadeklarationen har dock ändrats i prEN 1090-1:2019. I kapitel 4 anges de grundläggande egenskaperna som ska deklarerats i prestandadeklarationen och hur dessa ska deklarerars. Provnings- och utvärderingsmetoder för respektive egenskap beskrivs sedan i kapitel 5. En sammanfattning av de grundläggande egenskaperna anges i tabell 3.2.

Tabell 3.2 Egenskaper som ska deklarerars i tillverkarens prestandadeklaration enligt prEN 1090-1:2019

Grundläggande egenskap	Klasser	Anmärkningar
Materialegenskaper hos ingående produkter		beskrivning
Utförandeklass		beskrivning
Dimensioner, form och toleranser		värde eller beskrivning
Bärförmåga		värde eller beskrivning
Beständighet		
Reaktion vid brandpåverkan	A1 till F	klass
Brandmotstånd	R15 till R360	klass
Utvändig brandprestanda för takbeläggningsprodukter	B _{ROOF(t1)} till B _{ROOF(t4)}	klass eller beskrivning

De viktigaste egenskaperna i samband med återbruk av stålkomponenter är materialegenskaper hos ingående komponenter samt dimensioner, form och toleranser. Svetsbarhet och brott- eller slagseghet beaktas nu som en del av materialegenskaper istället för särskilda grundläggande egenskaper.

Enligt prEN 1090-1, avsnitt 4.1, ska materialegenskaper hos ingående stålprodukter anges antingen som

1. referens till en stålsort enligt EN 10025-2, tex S355J2, eller,
2. materialegenskaper med hänvisning till komponentspecifikationen.

Vid återbruk ska detta deklarerars utöver materialegenskaperna enligt option 1 eller 2 ovan.

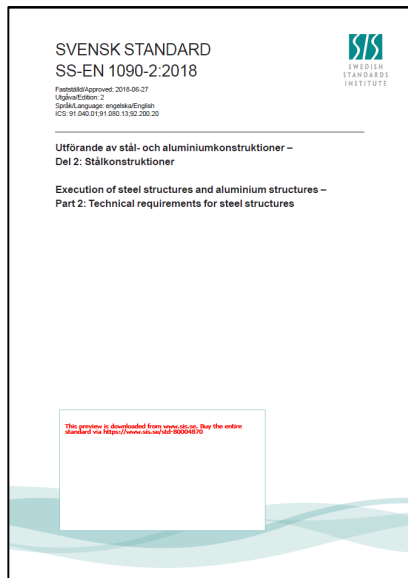
Överensstämmelse med de materialegenskaper som anges i komponentspecifikationen utvärderas genom en kontroll av de deklarerade egenskaperna i medföljande dokumentation. Kontrolldokumenten ska vara enligt EN 1090-2:2018, avsnitt 5.2, se 0 nedan.

Enligt prEN 1090-1, avsnitt 4.3, ska dimensioner, form och toleranser anges antingen som

1. referens till EN 1090-2, bilaga B – geometriska toleranser, eller,
2. hänvisning till komponentspecifikationen.

Dimensioner och form ska mätas enligt ISO 7976-1:1989 och ISO 7976-2:1989 med en omfattning enligt EN 1090-2:2018, avsnitt 12.3, som hänvisar till kontrollplanen. Provningsresultaten ska överensstämma med kraven i komponentspecifikationen och uppfylla kraven på väsentliga toleranser enligt EN 1090-2, bilaga B.

3.3 Utförandestandard, SS-EN 1090-2



SS-EN 1090-2 kom nyligen ut i en reviderad version, SS-EN 1090-2:2018, som i jämförelse med den tidigare versionen, SS-EN 1090-2:2008/A1:2011, innebär vissa förändringar till det bättre avseende förutsättningarna att återbruka stålkomponenter i bärande konstruktioner. SS-EN 1090-2 anger krav för utförande för att uppnå tillräckligt hög kvalitetsnivå med hänsyn till mekanisk bärförmåga och stabilitet, brukbarhet samt beständighet för stålkonstruktioner som har dimensionerats enligt SS-EN 1993-serien och de delar av stål som ingår i samverkanskonstruktioner och som har dimensionerats enligt SS-EN 1994-serien.

SS-EN 1090-2 är en omfattande standard med 12 kapitel och 13 bilagor på totalt cirka 200 sidor. De krav som berör återbruk av stål återfinns huvudsakligen i kapitel 5, Ingående produkter.

Ingående produkter används i SS-EN 1090-2 som en sammanfattande benämning för de material som används för att tillverka en

komponent och som förblir en del av komponenten, t ex konstruktionsstål, rostfritt stål, mekaniska fästdon eller svetsmaterial. SS-EN 1090-2, kapitel 5 är förutom en allmän inledande del (5.1) indelad i:

- 5.2 Identifiering, kontrollintyg och spårbarhet
- 5.3 Produkter av konstruktionsstål
- 5.4 Gjutstål
- 5.5 Förbrukningsmaterial för svetsning
- 5.6 Mekaniska fästdon
- 5.7 Svetsbultar och skjuvförbindare
- 5.8 Armeringsstål som svetsas till konstruktionsstål
- 5.9 Undergjutningsmaterial
- 5.10 Övergångskonstruktioner för broar
- 5.11 Höghållfasta kablar, stänger och ändbeslag
- 5.12 Bärverkslager

Här tas endast de krav upp som berör profiler och plåtar i avsnitt 5.1 till 5.3, inte krav kopplade till fästelement, tillsatsmaterial etc.

Enligt SS-EN 1090-2, avsnitt 5.1, ska produkter som används vid utförande av stålkonstruktioner i allmänhet väljas från de europeiska standarder som anges i SS-EN 1090-2, kapitel 5. Det ges dock en öppning för att använda andra produkter, t ex återbrukat stål, i och med att det anges att om icke-standardiserade produkter används ska i tillämpliga fall följande egenskaper föreskrivas:

- a) Hållfasthet (sträck- och brottgräns)
- b) Brottförlängning
- c) Tvärkontraktionstal (om så erfordras)

- d) Toleranser för dimensioner och form
- e) Slag- eller brottseghet (om så erfordras)
- f) Leveransvillkor för värmebehandling
- g) Egenskaper i tjockleksriktningen, Z-värde (om så erfordras)
- h) Begränsningar för inre diskontinuiteter eller sprickor i områden som ska svetsas (om så erfordras)

Därutöver ska, om stålet ska svetsas, dess svetsbarhet deklarerats enligt följande:

- i) Klassificering i enlighet med systemet för gruppering av metalliska material i CEN ISO/TR 15608, eller
- j) En övre gräns för stålets kolekvivalent, eller
- k) En deklARATION av stålets kemiska sammansättning som är tillräckligt detaljerad för att kolekvivalenten ska kunna beräknas.

Utförandestandard, SS-EN 1090-2

Återbrukat stål beaktas som icke standardiserade produkter och följande egenskaper ska alltid föreskrivas enligt avsnitt 5.1:

- Hållfasthet (sträck- och brottgräns)
- Brottförlängning
- Toleranser för dimensioner och form
- Leveransvillkor för värmebehandling
- Svetsbarhet (om stålet ska svetsas)

Svetsbarheten kan deklarerats genom att beräkna en kolekvivalent utifrån materialets kemiska sammansättning.

Här kan tilläggas att om man inte har mer specifik information om stålkomponenternas användning bör man utgå från att allt stål i ett stålbygge kan komma att svetsas.

Enligt SS-EN 1090-2, avsnitt 5.1, är definitioner och krav enligt EN 10021 (Allmänna tekniska leveransbestämmelser för järn- och stålprodukter) tillämpliga tillsammans med kraven i aktuell europeisk produktstandard.

I SS-EN 1090-2, avsnitt 5.2 ges krav för identifiering, kontrollintyg och spårbarhet. Här anges att levererade ingående produkters egenskaper ska vara dokumenterade på ett sätt som medger att de kan jämföras med föreskrivna egenskaper.

För konstruktionsstål i hållfasthetsklass \leq S275 och för rostfritt stål med 0,2-gräns \leq 240 MPa gäller kvalitetsintyg 2.2 enligt SS-EN 10204 (leverantören intygar att varorna överensstämmer med beställning och lämnar resultat från icke specifik kontroll, d v s provning utförd på samma typ av vara men inte nödvändigtvis den som levereras).

För konstruktionsstål i hållfasthetsklass $>$ S275 och för rostfritt stål med 0,2-gräns $>$ 240 MPa gäller kontrollintyg 3.1 enligt SS-EN 10204 (leverantören deklarerar att varorna överensstämmer med beställning och anger provningsresultat, dokumentet valideras av oberoende auktoriserad kontrollant).

För konstruktionsstål i hållfasthetsklass \leq S275 anges även att kontrollintyg 3.1 krävs om föreskriven minsta sträckgräns är 275 MPa och föreskriven slagenergi provas vid temperatur under 0 °C. För konstruktionsstål generellt anges att EN 10025-1:2004 fordrar att de ämnen som ingår i formeln för kolekvivalent ska anges i kontrolldokumentet. Redovisning av andra tillsatssämnen som fordras enligt EN 10025-2 innefattar Al, Nb och Ti.

Beträffande spårbarhet anges i SS-EN 1090-2, avsnitt 5.2, att i EXC3 och EXC4 ska ingående produkter vara spårbara i alla stadier från mottagande till överlämnade av den färdiga konstruktionen. Om inte spårbarhet föreskrivs för enskilda produkter får spårbarhet baseras på dokumentation för tillverkningsparti av produkter tillverkade i samma process.

Enligt avsnitt 5.3 i SS-EN 1090-2 ska, om inte annat föreskrivs, produkter av konstruktionsstål uppfylla de krav som ges av standarder angivna i tabell 3.3 till tabell 3.5. Stålsort och vid behov även ytbeläggningens vikt och finish ska föreskrivas tillsammans med krav på optioner som tillåts i standarden, inklusive sådana om lämplighet för varmförzinkning.

Tabell 3.3 Standarder för produkter av konstruktionsstål enligt SS-EN 1090-2

Produkt	Tekniska leveransvillkor	Dimensioner	Toleranser
I- och H-stång	EN 10025-1 och EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10025-6	EN 10365	EN 10034
INP		EN 10365	EN 10024
UNP och UPE		EN 10365	EN 10279
Vinkelstång		EN 10056-1	EN 10056-2
T-stång		EN 10055	EN 10055
Plattstång och plåt		Inte tillämpligt	EN 10029, 10051
Rundstång		EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061	EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Varmformade rör	EN 10210-1	EN 10210-2	EN 10210-2
Kallformade rör	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2
Anmärkning: EN 10020 ger definitioner och klassificering av stålsorter. Beteckningar för stål med namn och nummer ges i EN 10027-1 och -2.			

Tabell 3.4 Produktstandarder för band lämpliga för kallformning enligt SS-EN 1090-2

Produkt	Tekniska leveransvillkor	Toleranser
Olegerade konstruktionsstål	EN 10025-2	EN 10051
Svetsbara finkornstål	EN 10025-3 och -4	EN 10051
Höghållfasta kallformningsstål	EN 10149-1, 10149-2, 10149-3, 10268	Saknas
Kallvalsade stål	ISO 4997	EN 10131
Varmbelagda band	EN 10292, 10326, 10327	EN 10143
Organiskt belagda band	EN 10169-2, 10169-3	EN 10169-1
Smala band	EN 10139	EN 10048, 10140

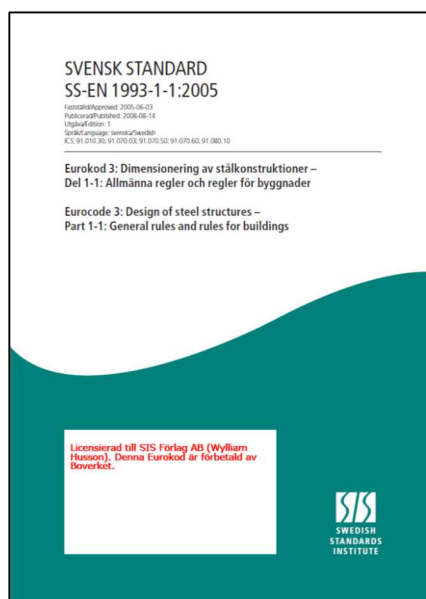
Tabell 3.5 Produktstandarder för rostfritt enligt SS-EN 1090-2

Produkt	Tekniska leveransvillkor	Toleranser
Plåt och band	EN 10088-4	EN ISO 9444-2, EN-ISO 9445 (alla delar), EN ISO 18286
Svetsade rör	EN 10296-2	EN ISO 1127
Sömlösa rör	EN 10297-2	
Stänger	EN 10088-5	EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Anmärkning: Beteckningar för stål med namn och nummer ges i EN 10088-1.		

För produkter av konstruktionsstål som inte uppfyller de krav som ges i relevant produktstandard enligt tabell 3.3 till tabell 3.5 ska produktens deklarerade egenskaper jämföras med de krav som föreskrivs i förteckningen över utförandekrav. Det ska anges hur de deklarerade egenskaperna har fastställts, t ex genom hänvisning till referensstandarder för provningsmetoder som använts för att bestämma värden för deklarerade egenskaper, om egenskaperna är specifika för ett identifierat parti, en gjutning eller en smälta, och om den kemiska sammansättningen baseras på charge- eller produktanalys.

Om inte annat föreskrivs ska tjocklekstoleranser vara klass A enligt SS-EN 10029 för varmvalsade stålplåtar och enligt SS-EN ISO 18286 för varmvalsade rostfria stålplåtar. För kolstål är kraven på ytbeskaffenhet Klass A1 enligt SS-EN 10163-2 för plåt och plattstång och Klass C1 enligt SS-EN 10163-3 för profiler. Ytbeskaffenhet för rostfritt stål ska uppfylla krav enligt SS-EN 10088-4 för plåt och band och enligt SS-EN 10088-5 för profiler. För andra produkter ska krav på ytbeskaffenhet föreskrivas. Kraven ska hänvisa till berörda europeiska eller internationella specifikationer.

3.4 Dimensionering, SS-EN 1993 – Eurokod 3



SS-EN 1993, Dimensionering av stålkonstruktioner, omfattar 20 enskilda delar, men det är den grundläggande delen, del 1-1 (SS-EN 1993-1-1) Allmänna regler och regler för byggnader, som innehåller ”principer” (föreskrifter), allmänna råd och möjligheter till nationella val som har betydelse för återbruk.

Den nu gällande SS-EN 1993-1-1 fastställdes 2005, SS-EN 1993-1-1:2005, och publicerades i svensk översättning 2008. Därefter har ett tillägg, SS-EN 1993-1-1:2005/A1:2014, fastställts 2014 och publicerats i svensk översättning 2015. För närvarande pågår ett omfattande arbete med att revidera samtliga eurokoder. Detta görs i flera steg eftersom vissa delar av eurokoderna är beroende av andra, mer grundläggande delar. Revisionen av EN 1993-1-1 är i princip klar, men standarden, än så länge benämnd prEN 1993-1-1:2018, kommer inte att publiceras förrän alla delar har reviderats och kan publiceras gemensamt, vilket idag tros kunna ske bortåt 2022 eller 2023.

Dimensionering, SS-EN 1993 – Eurokod 3

Materialets mekaniska egenskaper och svetsbarhet ska vara kända.

Dessutom förutsätts att vissa krav gällande duktilitet, brottseghet och eventuellt egenskaper i tjockleksriktning är uppfyllda.

Vid dimensionering används nominella värden på geometriska egenskaper samt 5%-fraktiler för sträck- och brottgräns. Valet av karakteristiska värden baseras på en statistisk modell som beskrivs i prEN 1993-1-1:2018, Bilaga E.

Tillförlitligheten, eller säkerheten om man så vill, hanteras i EN 1993 genom att den dimensionerande bärförmågan, R_d , beräknas genom att tillämpa en global partialkoefficient för aktuell bärförmåga, γ_M , på den karakteristiska bärförmågan, R_k : $R_d = R_k / \gamma_M$

I SS-EN 1993-1-1:2005, 6 Brottgränstillstånd, anges under 6.1(1) att för olika karakteristiska värden för bärförmågan i SS-EN 1993-1-1:2005, 6 Brottgränstillstånd, bör följande partialkoefficienter tillämpas:

- bärförmåga för tvärsnitt oavsett tvärsnittsklass – γ_{M0} (rek. värde för byggnader = 1,00)
- bärförmåga med hänsyn till instabilitet – γ_{M1} (rek. värde för byggnader = 1,00)
- bärförmåga med hänsyn till dragbrott – γ_{M2} (rek. värde för byggnader = 1,25)
- bärförmåga för knutpunkter – se EN 1993-1-8 (den del av EN 1993 som handlar om förband)

Det lämnas öppet att i den nationella bilagan göra nationella val för γ_M -värdena om man inte vill tillämpa de rekommenderade värdena ovan, se 0. Detsamma gäller de γ_M -värden som anges i andra delar av SS-EN 1993.

I SS-EN 1993-1-1:2005, 1.3 Förutsättningar, anges att en förutsättning för tillämpning av beräkningsreglerna i SS-EN 1993 är att tillverkning och montering överensstämmer med EN 1090 (Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner). I SS-EN 1993-1-1:2005/A1:2014 förtydligas att hänvisningen gäller

- SS-EN 1090-1, Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Del 1: Bedömning av bärverksdelars överensstämmelse med ställda krav, samt
- SS-EN 1090-2, Utförande av stål- och aluminiumkonstruktioner – Del 2: Stålkonstruktioner

Beträffande de egenskaper som kan vara aktuella i samband med återbruk av stål anges i SS-EN 1993-1-1:2005, 2.3 Grundläggande variabler, att materialegenskaper för stål och andra produkter samt de geometriska data som används för dimensionering bör vara de som specificeras i relevanta ENs, ETAGs eller ETAs, om inte annat anges i denna standard (2.3.2 (1)).

I 2.4.1(1)P ("P" står för "Princip", alltså motsvarande en föreskrift i t ex EKS) anges att karakteristiska värden X_k eller nominella värden X_n för materialegenskaper vid dimensionering av bärverk i stål ska användas som de är givna i SS-EN 1993-1-1:2005.

Angående dimensioneringsvärden för geometriska data anges i 2.4.2(1) att geometrisk data för tvärsnitt och system kan hämtas från olika produktstandarder hEN eller tillverkningsritningar enligt EN 1090 och behandlas som nominella värden.

Ovanstående principer och råd har lämnats i princip oförändrade i den reviderade versionen prEN 1993-1-1:2018 och kan tolkas som att de krav på materialegenskaper som anges i EN 1993-1-1 ska följas, men beträffande geometriska data ges en öppning att föreskriva alternativa värden i tillverkningsritningar för ett specifikt projekt. För återbruk av stål kan det senare ha viss betydelse då det är möjligt att t ex äldre valsade profiler kan ha andra tvärsnittsmått än enligt nu gällande produktstandarder.

De generella kraven på materialegenskaper hanteras i SS-EN 1993-1-1, avsnitt 3, Material. I 3.1(1) anges att vid dimensionering bör nominella värden på materialegenskaperna enligt detta kapitel användas som karakteristiska värden. I 3.1(2) sägs att denna del av EN 1993 omfattar dimensionering av bärverk i stål tillverkade av material som överensstämmer med stålsorterna i Tabell 3.1 i SS-EN 1993-1-1 (se tabell 3.6), men till denna paragraf hör även en så kallad "anmärkning" (ANM) som säger att den nationella bilagan kan ange andra stålsorter och produkter. Här ges alltså möjlighet att göra ett nationellt val som öppnar för att tillåta andra stålsorter än de som anges i tabell 2.1.

För konstruktionsstål (SS-EN 1993-1-1, 3.2) anges under 3.2.1 Materialegenskaper i (1) att nominella värden på sträckgräns f_y och brottgräns f_u bör bestämmas genom att antingen a) anta att $f_y = R_{eh}$ och $f_u = R_m$ enligt produktstandarden eller b) använda de förenklade värdena i Tabell 3.1 (se tabell 3.6). Även här ges det möjlighet att genom ett nationellt val ange vilket alternativ som ska tillämpas.

I 3.2.2, Duktilitetskrav, anges i (1) att för stål krävs en lägsta duktilitet som bör uttryckas som begränsningar av:

- förhållandet f_u/f_y mellan föreskriven lägsta brottgräns f_u och föreskriven lägsta sträckgräns f_y
- förlängningen vid brott på en mätlängd av $5,65 A_0$, där A_0 är ursprunglig tvärsnittsarea
- brottöjningen ϵ_u , där ϵ_u motsvarar brottgränsen f_u

Återigen ges möjlighet till nationella val beträffande ovanstående begränsningsvärden, men följande värden rekommenderas i SS-EN 1993-1-1:2005, 3.2.2(1):

- $f_u/f_y \geq 1,10$
- förlängning vid brott inte mindre än 15 %
- $\epsilon_u > 15\epsilon_y$ ($\epsilon_y = f_y/E$)

I 3.2.2(2) förtydligas att stål som överensstämmer med någon av stålsorterna i Tabell 3.1 (se tabell 3.6) kan antas uppfylla kraven i 3.2.2(1). För de stålsorter som listas i tabell 3.6 kan man alltså utgå från att de uppfyller duktilitetskraven, men för andra stål kan man behöva verifiera att kraven uppfylls.

Beträffande brottseghet anges i 3.2.3(1)P att materialet ska ha tillräckligt god seghet för att undvika sprödbrott av dragna element vid den lägsta drifttemperatur som förväntas inträffa inom tänkt livslängd för bärverket, och här kan man i den nationella bilagan ange en lägsta drifttemperatur som kan antas vid dimensionering. I 3.2.3(2) förtydligas att ingen ytterligare kontroll av sprödbrott behöver göras om villkoren i SS-EN 1993-1-10 (behandlar seghet och egenskaper i tjockleksriktningen) är uppfyllda för den lägsta drifttemperaturen.

Tabell 3.6 Nominella värden för sträckgräns f_y och brottgräns f_u för varmvalsat konstruktionsstål (motsvarande Tabell 3.1 i SS-EN 1993-1-1:2005)

Standard och stålsort	Nominell tjocklek t [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_y [MPa]	f_u [MPa]	f_y [MPa]	f_u [MPa]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

De produktstandarder som refereras till i tabell 3.6 är:

- EN 10025-2, Varmvalsade konstruktionsstål – Del 2: Tekniska leveransbestämmelser för olegerade stål
- EN 10025-3, Varmvalsade konstruktionsstål – Del 3: Tekniska leveransbestämmelser för normaliserade/normaliserade finkornstål
- EN 10025-4, Varmvalsade konstruktionsstål – Del 4: Tekniska leveransbestämmelser för termomekaniskt valsade finkornstål

- EN 10025-5, Varmvalsade konstruktionsstål – Del 5: Tekniska leveransbestämmelser för konstruktionsstål med förbättrat motstånd mot atmosfärisk korrosion
- EN 10025-6, Varmvalsade konstruktionsstål – Del 6: Tekniska leveransbestämmelser för platta produkter av höghållfaststål i seghärdat tillstånd
- EN 10210-1, Varmformade eller värmebehandlade konstruktionsrör av olegerat stål och finkornstål – Del 1: Tekniska leveransbestämmelser
- EN 10219-1, Kallformade svetsade konstruktionsrör av olegerat stål och finkornstål – Del 1: Tekniska leveransbestämmelser

I den nya reviderade prEN 1993-1-1:2018 har vissa ändringar gjorts i detta avsnitt 3 (som i den reviderade versionen är avsnitt 5) avseende krav på materialegenskaper. Stycke 3.1(1) och 3.1(2) kvarstår i princip oförändrad, inklusive det nationella valet till 3.1(2), men man har lagt till en till tabell (i den reviderade versionen Tabell 5.1 och 5.2) eftersom standarden har utökats med fler stålsorter upp till och med S700.

I avsnitt 5.1 (motsvarande 3.1 i SS-EN 1993-1-1:2005) har man dock lagt till ytterligare ett stycke, 5.1(3)P, som säger att om andra stål än de som beskrivs i 5.1(2) (se 3.1(2) ovan) används ska deras egenskaper (mekaniska egenskaper och svetsbarhet) vara kända och de mekaniska egenskaperna ska uppfylla kraven i 5.2.2 (duktilitet), 5.2.3 (brottseghet) och 5.2.4 (egenskaper i tjockleksriktningen) och provning ska göras enligt relevant EN, ISO eller EN-ISO-standard. Detta nya stycke som introduceras underlättar användning av andra, t ex återbrukade, stål än de som omfattas av nu gällande produktstandarder och här ges även information om vilka krav sådana stål ska uppfylla och hur kravuppfyllandet ska verifieras.

Beträffande kraven på materialegenskaper i SS-EN 1993-1-1, 3.2.1(1), har man i den nya reviderade versionen kompletterat med att om man som nationellt val tillämpar alternativ b) (de förenklade värdena i de nya tabellerna 5.1 och 5.2) behöver partialkoefficienten γ_{M1} ökas samt att regler för tillämpning av stålen enligt de nya tabellerna 5.1 och 5.2 kan anges som ett nationellt val.

Duktilitetskraven har i den nya reviderade versionen (prEN 1993-1-1, 5.2.2) ändrats så att kravet för brottöjning, ϵ_u , har tagits bort samt att kraven för f_u/f_y och förlängning vid brott är följande om inget annat anges som nationellt val:

- a) För plastisk global analys
 - $f_u/f_y \geq 1,10$
 - förlängning vid brott ≥ 15 %
- b) För elastisk global analys
 - $f_u/f_y \geq 1,05$
 - förlängning vid brott ≥ 12 %

Kraven på brottseghet och egenskaper i tjockleksriktningen är oförändrade i prEN 1993-1-1:2018 i förhållande till SS-EN 1993-1-1:2005. Vägledning för val av egenskaper i tjockleksriktningen ges i SS-EN 1993-1-10. Om sådana krav ställs bör stål med erforderlig kvalitetsklass enligt SS-EN 10164 väljas.

I den nya reviderade prEN 1993-1-1:2018 införs även en ny informativ bilaga E som kan vara av intresse i detta sammanhang. I denna bilaga ges information om det statistiska underlag för vissa mekaniska och geometriska parametrar som använts för att kalibrera (enligt SS-EN 1990, bilaga D) de partialkoefficienter γ_M som ges i EN 1993-1-1.

Detta statistiska underlag återges i tabell 3.7 och tabell 3.8 och kan eventuellt användas för att med en viss sannolikhet bestämma stålsorten för en viss återbrukad komponent där man bestämt sträckgräns eller brottgräns.

Tabell 3.7 Antagen variation för materialegenskaper enligt prEN 1993-1-1:2018, bilaga E

Parameter	Stålsort	Medelvärde X_m	Variationskoefficient	Karakteristiskt värde $X_{k,th}$
Sträckgräns, f_y	S235, S275	1,25 $R_{eH,min}$	5,5%	1,14 $R_{eH,min}$
	S355, S420	1,20 $R_{eH,min}$	5,0%	1,11 $R_{eH,min}$
	S460	1,15 $R_{eH,min}$	4,5%	1,07 $R_{eH,min}$
	> S460	1,10 $R_{eH,min}$	3,5%	1,04 $R_{eH,min}$
Brottgräns, f_u	S235, S275	1,20 $R_{m,min}$	5,0%	1,11 $R_{m,min}$
	S355, S420	1,15 $R_{m,min}$	4,0%	1,08 $R_{m,min}$
	\geq S460	1,10 $R_{m,min}$	3,5%	1,04 $R_{m,min}$
Elasticitetsmodul, E	Alla stålsorter	210000 N/mm ²	3,0%	200000 N/mm ²

Tabell 3.8 Antagen variation för tvärsnittsdimensioner enligt prEN 1993-1-1:2018, bilaga E

Mått	Parameter	Medelvärde X_m	Variationskoefficient	Karakteristiskt värde $X_{k,th}$
Yttre dimensioner för tvärsnitt	Höjd h	1,0 h_{nom}^a	0,9%	0,98 h_{nom}^a
	Bredd b	1,0 b_{nom}^a	0,9%	0,98 b_{nom}^a
	Yttre diameter d för cirkulära rörprofiler	1,0 d_{nom}^a	0,5%	0,99 d_{nom}^a
Plåttjocklek	I- och H-profiler: flänstjocklek, t_f	0,98 $t_{f,nom}^a$	2,5%	0,95 $t_{f,nom}^a$
	I- och H-profiler: livtjocklek, t_w	1,0 $t_{w,nom}^a$	2,5%	0,96 $t_{w,nom}^a$
	Valsade rörprofiler, tjocklek, t	0,99 t_{nom}^a	2,5%	0,95 t_{nom}^a
	kallformade profiler tillverkade av coils, t	0,99 t_{nom}^a	2,5%	0,95 t_{nom}^a
	Plåtar, tjocklek, t	0,99 t_{nom}^a	2,5%	0,95 t_{nom}^a
^a nominella dimensioner enligt tillämplig produktstandard eller specifikation.				

3.5 Boverkets EKS



Den första EKS (EKS 1, BFS 2008:8 EKS1) trädde i kraft den 1 juli 2008 och har sedan dess utkommit i flera nya versioner. Den nu (våren 2020) gällande versionen kallas EKS 11 och trädde i kraft 1 juli 2019.

EKS 11 är indelad i olika avdelningar. I detta sammanhang är det föreskrifterna och de allmänna råden i Avdelning A – Övergripande bestämmelser samt Avdelning E – EN 1993 – Stålkonstruktioner, och särskilt Kap. 3.1.1 – Tillämpning av SS-EN 1993-1-1 – Allmänna regler och regler för byggnader, som är intressanta.

3.5.1 EKS 11, Avdelning A

Föreskrifterna i EKS 11 gäller (Avd A, 2 §) vid uppförande av nya byggnader, ändring av byggnader i den utsträckning som följer av 31-38 §§ och vid mark och rivningsarbeten. Föreskrifterna gäller även på motsvarande sätt i tillämpliga delar vid uppförande och ändring av andra byggnadsverk än byggnader, där brister i byggnadsverkens bärförmåga, stadga och beständighet kan förorsaka risk för oproportionerligt stora skador. Byggnadsnämnden får dock (Avd A, 3 §) i enskilda fall medge mindre avvikelser från föreskrifterna i EKS 11 om det finns särskilda skäl att byggnadsprojektet ändå kan antas bli tekniskt tillfredsställande och att det inte finns någon avsevärd olägenhet från annan synpunkt.

Enligt EKS 11, Avd A, 17 § ska material till bärande konstruktioner, inklusive jord och berg, ha kända, lämpliga och dokumenterade egenskaper i de avseenden som har betydelse för deras användning.

I EKS 11 används begreppet "byggprodukter med bedömda egenskaper" med vilket avses (Avd A, 18 §) produkter som tillverkats för att permanent ingå i byggnadsverk och som antingen

- a) är CE-märkta,
- b) är typgodkända och/eller tillverkningskontrollerade enligt bestämmelserna i 8 kap. 22-23 §§ PBL,
- c) har certifierats av ett certifieringsorgan som ackrediterats för uppgiften och för produkten i fråga enligt förordning (EG) nr 765/2008 av den 9 juli 2008 om krav för ackreditering och marknads kontroll i samband med saluföring av produkter och upphävande av förordning (EEG) nr 339/93, eller
- d) har tillverkats i en fabrik vars tillverkning och produktionskontroll och utfallet därav för byggprodukten fortlöpande övervakas, bedöms och godkänns av ett certifieringsorgan som ackrediterats för uppgiften och för produkten ifråga enligt förordning (EG) nr 765/2008.

För att byggprodukten ska anses ha bedömda egenskaper ska verifieringen vid tillämpning av alternativ c) och d) ovan ha en sådan omfattning och kvalitet att det säkerställs att uppgivna material- och produkt egenskaper stämmer med de faktiska. Verifieringen ska motsvara minst vad som är beslutat för CE-märkning av liknande produkter.

Till 18 § i Avd A följer ett allmänt råd som säger att byggprodukter vars egenskaper bedömts enligt alternativen a), c) eller d) inte innebär att produkten bedömts mot svenska krav på byggnadsverk i EKS 11 eller i Boverkets byggregler (BBR) utan endast att byggherren ska ha tilltro till den deklARATION av produktens egenskaper som medföljer.

Denna 18 § i Avd A är inte så lätt att tolka, men i 19 § anges i princip att om det finns en harmoniserad standard att CE-märka mot gäller enbart alternativ a) i 18 §. Eftersom det finns flera harmoniserade produktstandarder för konstruktionsstål och liknande, och även SS-EN 1090-1 för utförande av stålkonstruktioner och bedömning av bärverksdelars överensstämmelse med ställda krav, kan man anta att det är CE-märkning (alternativ a) i 18 §) som gäller för bärande komponenter i stål.

Boverkets EKS

Material till bärande konstruktioner ska ha "bedömda egenskaper" vilket, för stålkonstruktioner, likställs med CE-märkning.

Byggherren ska alltid göra en mottagningskontroll och bedöma materialets lämplighet utifrån produktens prestandadeklARATION.

Bärförmåga ska verifieras enligt Eurokod med nationella val enligt kap. 3.1.1

I EKS 11, Avd A, 26 och 27 §§ anges att mottagningskontroll av material och produkter samt kontroll av utförande ska alltid göras.

Byggherren (26 §, Avd A) måste förvissa sig om att material och byggprodukter har sådana egenskaper att materialen och produkterna korrekt använda i byggnadsverket gör att detta kan uppfylla egenskapskraven i EKS 11. Med mottagningskontroll avses byggherrens kontroll av att material och produkter har förutsatta egenskaper när de tas emot på byggplatsen. Har produkterna bedömda egenskaper enligt 18 § kan mottagningskontrollen inskränkas till identifiering, kontroll av märkning och granskning av produktdeklARATIONEN för att säkerställa att varorna har förutsatta egenskaper. Om byggprodukternas egenskaper inte är bedömda i den mening som avses i 18 § fordras verifiering genom provning eller annan inom europeiska unionen vedertagen metod så att egenskaperna är kända och kan värderas avseende lämplighet.

Till 26 § följer ett allmänt råd som upplyser om att byggprodukter vars egenskaper bedömts enligt alternativen a), c) eller d) i 18 § inte innebär att produkten bedömts mot svenska krav på byggnadsverk i EKS 11 eller i BBR. Sådana bedömningar innebär endast att byggherren ska ha tilltro till den produkt- eller prestandadeklARATION av produktens egenskaper som medföljer. Med ledning av produkt- eller prestandadeklARATIONEN kan byggherren avgöra om byggprodukten är lämplig för aktuell användning. För byggprodukter med bedömda egenskaper behöver byggherren inte göra någon egen provning av dessa egenskaper.

Slutligen anges i 39 § i Avd A att vid dimensionering och uppförande av byggnadsverk ska sådana europastandarder (eurokoder) som anges i 41 § (där listas ett stort antal eurokoder, bl a alla delar av EN 1993) användas för att verifiera bärförmåga, stadga och beständighet. I 39 § anges även att i EKS 11 anges vilka nationellt valda parametrar som gäller i Sverige vid tillämpningen av eurokoder och att i de fall inga nationella val anges i EKS 11 gäller eurokodens rekommendationer. I 39 § påpekas dock också att som alternativ till eurokoderna får andra beräkningsmetoder användas om dessa ger minst lika eller högre säkerhetsindex som de som anges i 7 § i Avd A för respektive säkerhetsklass.

Av 40 § i Avd A framgår att om inget annat anges i EKS 11 för respektive standard ska de stycken som i standarden är märkta med bokstaven P (principer) efter styckenumret anses vara föreskrifter och övriga stycken (råd) ska anses vara allmänna råd.

39 – 41 §§ i Avd A ger alltså information om kopplingen mellan EKS 11 och SS-EN 1993 (se avsnitt 3.1), om hur de nationella valen tillämpas i Sverige och vad som gäller för principer och råd i SS-EN 1993.

3.5.2 EKS 11, Avdelning E, Kap. 3.1.1

I EKS 11, Kap. 3.1.1, anges nationella val för de stycken i SS-EN 1993-1-1:2005 som tas upp i avsnitt 3.4 där nationella val är möjliga.

Beträffande stycke 3.1(2) i SS-EN 1993-1-1:2005, angående stålsorter, anges i EKS 11, Kap. 3.1.1, 3 §, att även stålsorter enligt nedanstående tabell kan användas samt att ytterligare stålsorter ges i SS-EN 1993-1-12 (behandlar tilläggsregler för stål S460 – S700).

Tabell 3.9 Stålsorter som kan användas enligt EKS 11, Kap 3.1.1, utöver de stålsorter som anges i SS-EN 1993-1-1:2005, Tabell 3.1 (stålen bör beställas med provning av slagseghet enligt SS-EN 10149-1, avsnitt 1, option 5)

Standard	Stålsort	f_y [MPa]	f_u [MPa]
SS-EN 10149-2	S 315MC	315	390
	S 355MC	355	430
	S 420 MC	420	480
	S 460MC	460	520
SS-EN 10149-3	S 260NC	260	370
	S 315NC	315	430
	S 355NC	355	470
	S 420NC	420	530

För det nationella valet i stycke 3.2.1(1) i SS-EN 1993-1-1:2005 anges i EKS 11, Kap. 3.1.1, 5 §, att alternativ a ska användas, vilket innebär att i Sverige ska $f_y = R_{eh}$ och $f_u = R_m$ enligt produktstandardens tillämpas.

I stycke 3.2.2(1) i SS-EN 1993-1-1:2005 ges möjlighet att göra nationella val för begränsningsvärdena kopplade till duktilitet. Här har man i EKS 11, Kap. 3.1.1, 6 §, valt att ange en maximal brottförlängning på 14 % och i övrigt följa de rekommenderade värdena i stycke 3.2.2(1).

Tabell 3.10 Jämförelse av begränsningsvärdena kopplade till duktilitet

Rekommenderade värden i SS-EN 1993-1-1 stycke 3.2.2(1)	Valda värden enligt EKS 11, kap. 3.1.1, 6 §
$\frac{f_u}{f_y} \geq 1,10$	$\frac{f_u}{f_y} \geq 1,10$
brottförlängning $\geq 15 \%$	brottförlängning $\geq 14 \%$
$\epsilon_u \geq 15 \epsilon_y$	$\epsilon_u \geq 15 \epsilon_y$

Angående stycke 3.2.3(1)P i SS-EN 1993-1-1:2005 om brottseghet anges i EKS 11, Kap. 3.1.1, 7 §, som nationellt val att för byggnader kan lägsta användningstemperatur beräknas med hjälp av SS-EN 1991-1-5:2003 med tillhörande nationell bilaga, alternativt kan en lägsta användningstempera-

tur för konstruktion utomhus eller i uppvärmt utrymme antas vara -40 °C för val av seghetsklass. Eftersom det anges att detta nationella val gäller för konstruktion utomhus eller i uppvärmt utrymme kan det tolkas som att i uppvärmda utrymmen (inomhus) räcker en annan, lägre, seghetsklass.

För stycke 3.2.4(1) i SS-EN 1993-1-1:2005 om egenskaper i tjockleksriktningen anges i EKS 11, Kap. 3.1.1, 8 §, som nationellt val att om $Z_{Ed} \leq 10$ finns inget krav och om $Z_{Ed} > 10$ gäller $Z_{Rd} = Z/35$ enligt SS-EN 10164 (för Z_{Ed} se SS-EN 1993-1-10).

I EKS 11, Kap. 3.1.1, 11 §, ges de nationella valen för partialkoefficienterna i SS-EN 1993-1-1:2005, 6.1(1). Där framgår att för byggnader och byggnadsverk som inte täcks av SS-EN 1993 del 2 till del 6 ska följande partialkoefficienter användas:

- $\gamma_{M0} = 1,0$
- $\gamma_{M1} = 1,0$
- $\gamma_{M2} = 0,9f_u/f_y$ dock högst 1,1

3.6 Referensverk för tekniska beskrivningar, AMA



Även om AMA-systemet inte tillhör det "myndighetsägda regelverket" har även AMA (Allmän material och arbetsbeskrivning) som utges av svensk Byggtjänst stor betydelse för byggandet i Sverige eftersom det sedan den första Bygg AMA utkom 1950 använts som ett referensverk av avtalsparterna vid upprättande av beskrivningar och utförande av byggnadsarbeten. Sedan den första Bygg AMA utkom har detta referensverk utvecklats i flera steg och för hussidan, gäller idag AMA Hus 18 med tillhörande råd och anvisningar i RA Hus 18.

De delar av AMA och RA Hus 18 som är av intresse avseende återanvändning av stålkomponenter i bärande konstruktioner är kapitel GSM.1 och GSM.2, Konstruktioner av element av allmänt konstruktionsstål (GSM.1) respektive av rostfritt stål (GSM.2), samt HSB.1, Konstruktioner av längdformvaror av allmänt konstruktionsstål.

I samtliga dessa kapitel anges det i AMA Hus 18, under rubriken "MATERIAL- OCH VARUKRAV – Återanvända konstruktionselement", att element för utmattningsbelastade konstruktioner (driftklass SC2 enligt SS-EN 1090-2) inte får vara återanvända.

I RA Hus 18 förtydligas under motsvarande rubriker att element i ej utmattningsbelastade konstruktioner (driftklass SC1 enligt SS-EN 1090-2) får vara återanvända om stålmaterialet kan styrkas med ett tillämpligt intyg i enlighet med EKS 10 och SS-EN 1090-2 samt efter kontroll av att hållfasthet, stadga och beständighet uppfyller gällande krav. Texten i RA Hus 18 avslutas med rådet att man ska ange om återanvända element generellt inte godtas.

Texterna i AMA och RA Hus är avsedda att förtydliga när man inte ska använda återanvänt stål (utmattningsbelastade konstruktioner) samt vilken dokumentation som behövs och vilka kontroller som behöver göras om man avser att använda återanvänt stål.

Det har tyvärr visat sig att föreskrivande led istället ofta tar fasta på det avslutande rådet i RA Hus 18 och i förfrågningsunderlaget, t ex under rubriken GSM.1, anger att "återanvända element godtas inte". Detta var inte avsikten med dessa texter i AMA och RA Hus.

I remissutgåvan till AMA hus 21 som kommer ut på remiss under sommaren 2020 står nu under rubriken "MATERIAL- OCH VARUKRAV – Återbrukat stål", att återbrukat stål kan användas i statiskt och kvasistatiskt belastade bärande konstruktioner upp till och med utförandeklass EXC2, förutsatt att stålets egenskaper är kända. Fästelement (skruv och mutter) undantas och får inte återbrukas. Generella krav i SS-EN 1090-2 och SS-EN 1090-4 för spårbarhet, geometriska toleranser m m gäller även för återbrukat stål.

Referensverk för tekniska beskrivningar, AMA

Återbrukat stål kan användas i statiskt och kvasistatiskt belastade bärande konstruktioner upp till och med utförandeklass EXC2, förutsatt att stålets egenskaper är kända

Under Råd och Anvisningar anges i generella termer hur en provningsprocedur kan utformas för att bestämma stålets egenskaper.

Under Råd och Anvisningar anges i generella termer hur en provningsprocedur kan utformas.

Individuella stålkomponenter som tidigare använts i en annan bygglovspliktig bärande konstruktion eller har ett annat känt ursprung och som avses att återbrukas kan, om de ej har tillförlitlig medföljande dokumentation, sorteras i kontrollgrupper med likartade egenskaper med hjälp av lämplig oförstörande provningsmetod med tillräcklig tillförlitlighet. För varje sådant kontrollparti ska, på material taget från en slumpvis vald komponent ingående i kontrollpartiet, förstörande provning för utfärdande av ett kontrollintyg 3.1 enligt SS-EN 10204 utföras av en oberoende part. Kontrollintyget utgör grund för klassificering av kontrollpartiets komponenter avseende stålsort, seghetsklass och svetsbarhet.

För stålkomponenter med okänt ursprung som avses att återbrukas ska ett kontrollintyg 3.1 utfärdas för varje enskild komponent.

För att tillverkaren ska kunna CE-märka byggprodukter tillverkade i verkstad av återbrukade stålkomponenter enligt SS-EN 1090-1 är det, med hänvisning till SS-EN 1090-2, avsnitt 5.1, tillräckligt att de ingående komponenternas egenskaper är kända och motsvarar föreskrivna krav i kundens komponentspecifikation.

3.7 Sammanfattning och rekommendationer

Som leverantör:

- Prova relevanta materialegenskaper enligt gällande provningsstandard.
- Beskriv provningsprocedurer och dokumentera resultaten i ett kontroll-dokument motsvarande kraven enligt SS-EN 1090-2 för aktuell stålsort.

Som konstruktör:

- Ange om återbrukat stål får användas (dvs statiskt eller kvasistatiskt belastad konstruktion).
- Föreskriv materialegenskaper istället för hänvisning till nya stålsorter.
- Undvik onödiga optioner/egenskaper.

tex ”egenskaper motsvarande S355 enligt SS-EN 10025-2
återbrukat stål får användas”

Som tillverkare:

- Om komponentspecifikationen tillåter användning av återbrukat stål, köp produkter av leverantören ovan eller bedöm själv materialet på liknande sätt.
- Deklarera i prestandadeklarationen att återbrukat stål har använts.

Här har vi fokuserat på valsade komponenter där materialegenskaper är avgörande. För sammansatta komponenter såsom fackverk och svetsade balkar är även infästningarna mellan beståndsdelarna avgörande. Svetsar i synnerhet bör kontrolleras. Det är utanför ramen för denna rapport att föreskriva procedurer för kontroll av infästningar. Visuell kontroll och information om konstruktionens ålder samt historik bör ligga till grund för en bedömning av kontrollbehovet.

En bärande konstruktion som tillverkas i verkstad ska CE-märkas av tillverkaren för att få säljas i Sverige. CE-märkningen innebär att produktens egenskaper deklarerats i en sk prestandadeklaration som innehåller materialegenskaper samt geometri, form och toleranser, och enligt kommande version av SS-EN 1090-1 även information om materialet är återbrukat.

Vid kundens mottagningskontroll jämförs prestandadeklarationen med en komponentspecifikation som upprättades vid beställning och föreskriver ett antal egenskaper relevanta för konstruktionens funktion.

De egenskaper som ska föreskrivas anges i SS-EN 1090-2:2018, avsnitt 5.1.

Materialets mekaniska egenskaper ska vara kända för att kunna dimensionera konstruktionen. Vissa grundläggande krav gällande duktilitet, brottseghet och eventuellt egenskaper i tjockleksriktning behöver också uppfyllas. Dessa anges i SS-EN 1993-1-1 respektive EKS 11. Normalt ska även materialets svetsbarhet säkerställas med hjälp av kolekvivalenten.

Vid användning av nytt stål föreskriver konstruktören en standardiserad stålsort enligt gällande Europeisk standard. Om icke-standardiserat stål, däribland återbrukat stål, används finns istället möjlighet att fritt föreskriva egenskaperna i komponentspecifikationen så länge kraven inom ramen för SS-EN 1090-2 och SS-EN 1993-1-1 uppfylls.

I tabell 3.11 nedan ges ett exempel på ekvivalenta materialspecifikationer för standardiserade respektive icke-standardiserade stålsorter.

Tabell 3.11 *Materialspecifikationer i komponentspecifikationen för standardiserad respektive icke standardiserad stålsort*

Standardiserad stålsort	Icke standardiserad stålsort
S355J2 enligt SS-EN 10025-2	Karakteristisk sträckgräns: $f_y \geq 355$ MPa Karakteristisk brottgräns: $f_u \geq 470$ MPa Duktilitet: $\frac{f_u}{f_y} \geq 1,10$ brottförlängning ≥ 14 % $\epsilon_u \geq 15 \epsilon_y$ Slagseghet: ≥ 27 J vid -20°C Svetsbarhet: CEV $\leq 0,45$

Vid användning av återbrukat stål med egenskaper motsvarande en standardiserad stålsort finns ingen anledning att föreskriva avvikande egenskaper. Istället, för att förenkla konstruktörens arbete och samtidigt öppna för användning av återbrukat eller nytt stål efter tillgång, bör formuleringen "motsvarande" kunna användas, tex stål motsvarande S355 enligt SS-EN 10025-2.

För att underlätta användningen av så många stålsorter som möjligt bör konstruktören endast föreskriva egenskaper som är av vikt för dimensioneringen. Idag är det tex vanligt att föreskriva en seghetsklass J2 då denna lagerhålls. Att slagsegheten är kontrollerad vid -20°C är dock ofta en onödig egenskap som kan utesluta användningen av äldre stålsorter som annars hade varit lämpliga.

Återbrukat stål ska inte användas i utmattningsbelastade konstruktioner då den återstående livslängden inte kan uppskattas. Detta tas upp i AMA Hus 18 men nämns inte i någon annan standard. Tillverkaren som köper ingående produkter och eventuellt återbrukat stål behöver känna till om konstruktionen är utmattningsbelastad eller ej. Enligt AMA Hus 18 får återbrukat stål användas om inget annat anges. I SS-EN 1090-2 däremot nämns inte egenskaper relaterade till utmattningshållfasthet bland de egenskaper som ska föreskrivas. Om information angående eventuell utmattningsbelastning inte förmedlas till inköparen kan situationer uppstå där återbrukat stål används olämpligt.

Det är vår bedömning att konstruktören, som har insyn i hur konstruktionen är tänkt att användas, bör ta aktiv ställning för eller emot återbrukat stål. Detta förtydligas i remissutgåvan av AMA Hus 21 som inte tillåter användning av återbrukat stål som standard utan endast i statiskt och kvasistatiskt belastade konstruktioner upp till och med EXC2, dvs ej utmattningsbelastade konstruktioner.

Vi rekommenderar att konstruktören informerar tillverkaren om återbrukat stål får användas.

När produkterna levereras ska en mottagningskontroll göras, dvs att deras egenskaper, dokumenterade i kontrolldokument enligt Tabell 1 i SS-EN 1090-2, jämförs med de föreskrivna egenskaperna.

Samma princip bör gälla även för återbrukat stål men innehållet i kontrolldokumenten lär vara något annorlunda, beroende av provningsprocedurer.

Remissutgåvan av AMA Hus 21 anger några allmänna råd gällande krav på känt ursprung samt principer för provningsprocedurer.

Resultaten av denna analys och tolkning av regelverket har sammanfattats i en vägledningstext som har föreslagits till Boverket för publicering på PBL kunskapsbanken. Denna text återges i Bilaga B.

Ett mer detaljerat förslag på provningsprocedurer presenteras i följande kapitel.

4. Provningsprocedurer – Hur kan man säkerställa egenskaperna hos återbrukat stål?

4.1 Provningsprocedurer för nytt stål



Provningsprocedurer för nya profiler definieras i respektive produktstandard, tex SS-EN 10025-1 och SS-EN 10025-2. Ståltillverkaren tillämpar ett godkänt system för produktionskontroll och produkterna levereras med kontrollintyg innehållande resultat från antingen specifik eller icke-specifik kontroll och provning.

Vid specifik kontroll definieras provningsomfattningen per charge eller kontrollparti. Kontrollpartier definieras något annorlunda mellan produktstandarder för varmvalsat och kallformat stål.

Enlig SS-EN 10025-2 (varmvalsat stål) innehåller ett kontrollparti produkter av samma formvara och stålsort med samma leveranstillstånd och med tjocklek inom samma intervall för sträckgränsen. Kontrollpartiets totala vikt är högst 20 t.

Enlig SS-EN 10219-1 (kallformat stål) innehåller ett kontrollparti produkter av samma stålsort och dimensioner tillverkade med samma process och vars egenskaper bedöms vid samma tillfälle. Vid rektangulära tvärsnitt upp till 400 mm får kontrollpartiets totala vikt vara högst 40 t.

För varje kontrollparti görs provningar enligt tabell 4.1.

Tabell 4.1 Provningsomfattning för nytt stål

Typ av provning	Omfattning	Provningsmetod
Kemisk sammansättning	1 prov per parti eller charge	Valfri standard bland dem som anges i CR 10261
Dragprov	1 prov per parti	EN 10002-1
Slagseghetsprov	1 eller 2 uppsättningar av 3 prov per parti	EN 10045-1

Dessutom ska ytbeskaffenhet och dimensioner kontrolleras. Omfattning och metoder föreskrivs dock inte i produktstandarderna.

Resultaten från provningar kontrolleras mot acceptanskriterier enligt tabell 4.2 och deklarerar sedan i kontrolldokumentet som följer med leveransen.

Tabell 4.2 Acceptanskriterier för egenskaper hos nytt stål

Egenskaper	Acceptanskriterier
Sträckgräns	\geq minimum sträckgräns enligt produktstandarden
Brottgräns	Inom intervallen för brottgräns enligt produktstandarden
Brottöjning	\geq minimum brottöjning enligt produktstandarden
Slagseghet	<p>Medelvärdet från tre prov \geq minimienergi enligt produktstandarden</p> <p>Ett enskilt värde får vara mindre än den föreskrivna minimienergin, dock inte mindre än 70%.</p> <p>Tre ytterligare prov ska utföras i något av följande fall:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Medelvärdet från tre prov uppfyller inte kravet ovan; – Två enskilda värden är mindre än den föreskrivna minimienergin, eller; – Något enskilt värde är mindre än 70% av den föreskrivna minimienergin. <p>Medelvärdet för samtliga prover ska då vara större än den föreskrivna minimienergin. Högst två enskilda värden är mindre än den föreskrivna minimienergin och högst ett enskilt värde är mindre än 70% av den föreskrivna minimienergin.</p>
Kemisk sammansättning	Sammansättningen, inklusive kolekvivalent, uppfyller kraven i produktstandarden, dvs övre och/eller nedre gränser överskrids inte.

4.2 Provningsprocedurer för återbrukat stål

4.2.1 Allmänt



Provningsprocedurer för återbrukat stål kan utformas på olika sätt och har tre viktiga egenskaper:

1. Kostnader;
2. Tillförlitlighet, och;
3. Relevans.

Relevans är förmågan att leverera den information som krävs och tillförlitlighet är ett mått på sannolikheten att informationen är korrekt. Den bästa proceduren är den som ger störst tillförlitlighet och relevans till den lägsta kostnaden.

Hur proceduren utformas beror därför helt på förutsättningarna och syftet med återbruk.

Mängden av tillgänglig information, dess kvalitet och tillförlitlighet påverkar valet av provningsmetoder.

Om materialets egenskaper kan förutsättas i förhand är tex acceptansprovning, mer relevant än ett större provningsprogram inklusive statistisk utvärdering. Det sistnämnda kan dock vara nödvändig om materialet är helt okänt.

Om materialets styrka inte avses att utnyttjas kan nedgradering vara ett alternativ medan dimensionering genom provning är lämpligare om komponenternas utnyttjande avses att optimeras. Däremellan kan man syfta till att bestämma en ekvivalent stålsort för enkel dimensionering.

I slutet av 2018 diskuterade vi i (1), avsnitt 5, olika provningsprocedurer bla nedgradering, dimensionering genom provning och ett förslag från Norsk Stålförbund (15) samt skissade på egna procedurer.

I Maj 2019 gav *The Steel Construction Institute* ut ett utkast på protokoll för användning av återbrukat stål (16). I detta dokument presenteras en enkel provningsprocedur baserad endast på hårdhetsmätning enligt nedan:

1. Dokumentera den ursprungliga konstruktionen inklusive:
 - allmän beskrivning inkl. stabilisering
 - ålder, utifrån dokumentation eller lokal kännedom
 - preliminär lista över komponenter med funktion och antal
 - preliminär visuell inspektion
 - antydan på stora deformationer (plasticitet)
2. Efter demontering, kontrollera och dokumentera komponenterna:
 - dimensioner (tvärsnitt och längd)
 - rakhet (uppfyller krav enligt EN 1090-2)
 - eventuella försvagade tvärsnitt
 - tecken på skador eller bestående deformationer
3. Bestäm hållfastheten med oförstörande hårdhetsprovning
 - samtliga komponenter provas
4. Anta övriga egenskaper på säkra sidan

Denna procedur får tillämpas för återbrukat stål inte äldre än 1970 och produkter utan svetsade detaljer. Förstörande provning får också användas för att bestämma egenskaper som annars antas på säkra sidan. En nackdel är att en särskild partialkoefficient rekommenderas för dimensionering mht böjknäckning.

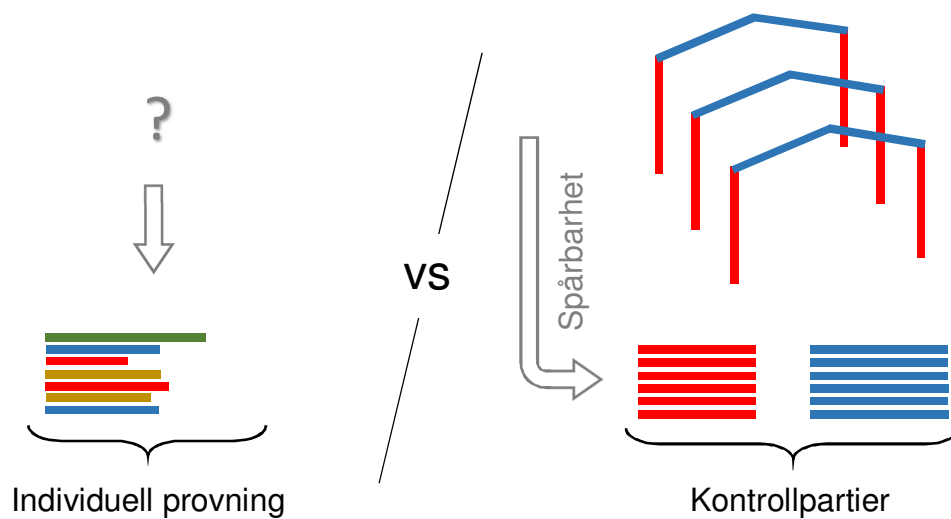
Augusti 2019 kom vi i kontakt med en Norsk stålentreprenör som behövde certifiera återbrukade stålprofiler till ett ambitiöst återbruksprojekt i centrala Oslo, se bilaga C. Initialt ställdes krav från myndighetshåll på förstörande provningar för samtliga komponenter vilket var oförsvårbart ekonomiskt. Den brittiska proceduren förkastades också då den bedömdes vara för osäker. Vi utvecklade därför de procedurer som beskrevs principiellt i (1) och innehöll en kombination av oförstörande provning för att dela in komponenterna i provningspartier och förstörande provning för att kontrollera egenskaperna.

Oktober 2019 lanserade SCI en uppdaterad version av sitt protokoll för återbruk (10) med ökade krav på provning och stora liknelser med de rekommendationer som vi utformade för projektet i Norge. Detta tyder på att dessa rekommendationer har en bra balans mellan tillförlitlighet, relevans och ekonomi.

Den viktigaste principen är att komponenter kan delas in i kontrollpartier utifrån sitt ursprung. Indelningen kan sedan bekräftas med hjälp av oförstörande hårdhetsprovning och på så sätt begränsas omfattningen av förstörande provning till ett eller ett fåtal prover per kontrollparti.

Provningsproceduren bör anpassas efter den information som är tillgänglig och de resultat som kan förväntas.

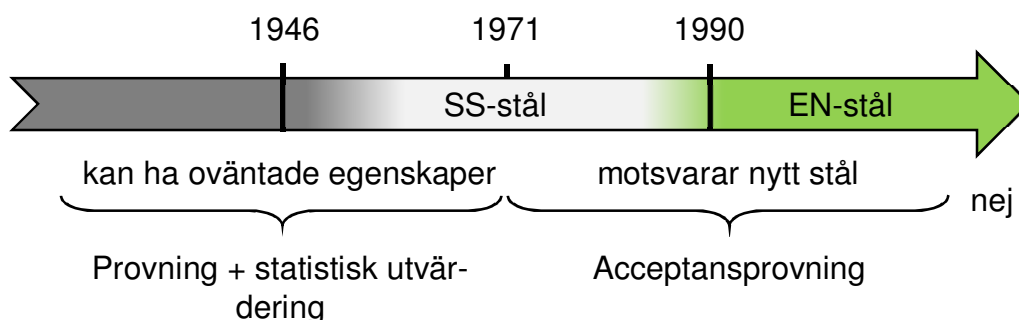
Det är ett rimligt antagande att komponenter med lika uppenbara egenskaper (tvärsnitt, längd, ytbehandling) som uppfyller samma funktion i en given konstruktion har samma materialegenskaper och kan utgöra ett kontrollparti.



Figur 4.1 Indelning i kontrollpartier

Återbrukat stål är normalt inte ett helt okänt material. Ett relativt begränsat antal stålsorter används och deras egenskaper har inte förändrats nämnvärt genom åren (1). Komponenter ingående i en bygglövspliktig konstruktion har uppfyllts de krav som gällde vid byggtillfället.

EN-produktstandarderna introducerades 1990 och material från konstruktioner utförda efteråt kan antas ha egenskaper motsvarande nytt stål. Tidigare SS-stål introducerades 1946 och har motsvarande mekaniska egenskaper förutom slagsegheten som kan vara något sämre vid låga temperaturer. 1971 introducerades stålsorten SS-213x med egenskaper motsvarande dagens S355. Detta årtal kan ses som en gräns för användning av moderna stål i Sverige. Acceptansprovning gäller för profiler från konstruktioner utförda efter 1971 medan äldre komponenter ska provas mer ingående och resultaten utvärderas statistiskt för att definiera karakteristiska mekaniska egenskaper.

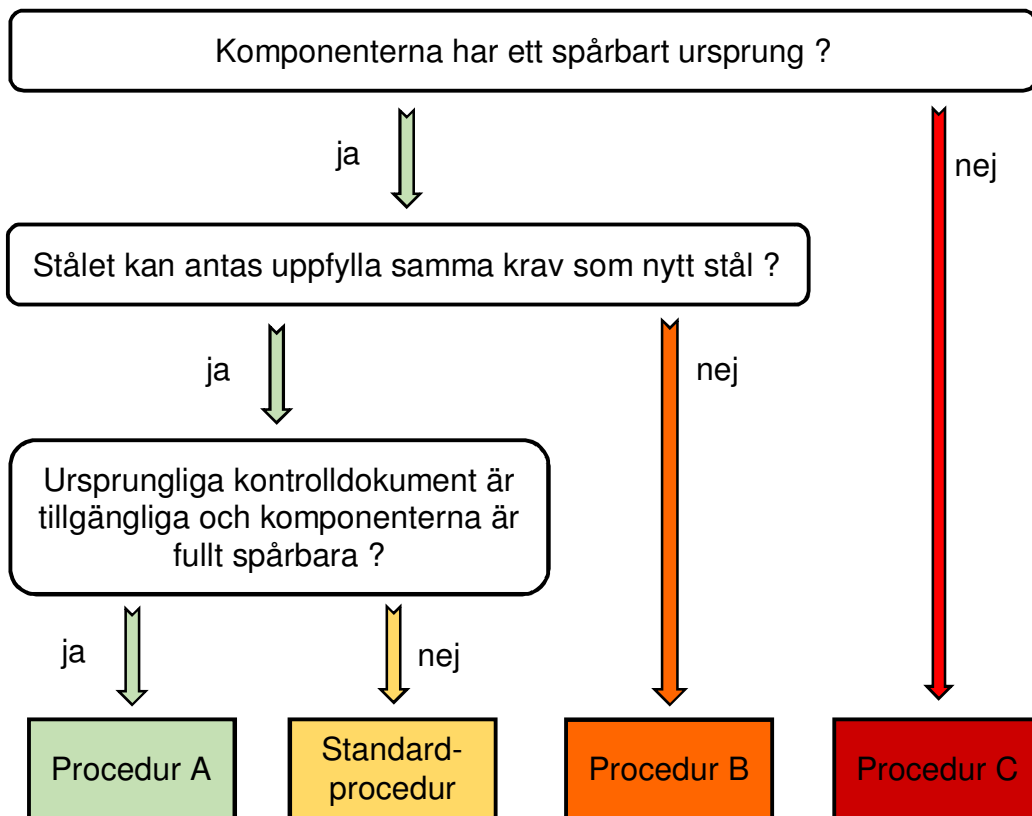


Figur 4.2 Statistisk fördelning av sträckgräns hos de vanligaste stålsorterna

För nyare konstruktioner är det möjligt att ursprungliga kontrollintyg har sparats och om komponenterna har varit spårbara i alla stadier av byggprocessen kan ursprungliga intyg godtas.

Vi kan definiera fyra olika procedurer utifrån förutsättningarna som diskuterats ovan, se figur 4.3. Det vanligaste fallet anses vara demontering av en relativt ny konstruktion där ursprungliga kontrollintyg saknas och den procedur som rekommenderas kallas standardprocedur. Denna standardprocedur kan

anpassas till andra förutsättningar. Om ursprungliga kontrollintyg är tillgängliga och komponenterna har varit spårbara i alla stadier av byggprocessen kan procedur A tillämpas. För äldre konstruktioner kan materialet visa större avvikelser från nytt material och ett större antal förstörande provningar kan behövas varpå procedur B tillämpas. Slutligen, är indelning i kontrollparti inte tillämpbar om komponenternas ursprung är okänt och procedur C med individuell förstörande provning rekommenderas.



Figur 4.3 Provningsprocedurer

4.2.2 Standardprocedur

Standard-
procedur

- Komponenterna har ett spårbart ursprung
- Stålet antas uppfylla samma krav som nytt stål
- Inga kontrolldokument

Steg 0 till 2 kan ske före eller i direkt anslutning till demontering.

Steg 0: Informationsinsamling

Samla information om den ursprungliga konstruktionen

Välj en lämplig provningsprocedur

Steg 1: Initial kontroll

Inspektera alla komponenter och kassera dem som visar tecken på:

- deformationer som tyder på plasticering;
- försvagning av tvärsnitt (tex hål eller urtag);
- korrosion, eller;
- brandpåverkan.

Vid lokala skador kan det skadade området markeras och avlägsnas i ett senare skede, medan oskadat material återbrukas.

Kontrollera dimensioner och toleranser hos standardiserade profiler enligt gällande standard, se 4.3.1, och dokumentera resultaten.

Steg 2: Initial indelning i kontrollpartier

Dela in komponenterna med samma uppenbara egenskaper i kontrollpartier och upprätta ett märkningssystem där varje parti och komponent får en egen kod och relevanta egenskaper dokumenteras.

Till uppenbara egenskaper räknas bla:

- ursprung (konstruktionstyp, plats, byggår, mm);
- ursprungliga funktion (tex pelare eller takbalk);
- profiltyp och tvärsnittsdimensioner, samt;
- ytbeläggning.

Steg 3: Oförstörande hårdhetsprovning

Utför oförstörande hårdhetsprovning på samtliga komponenter och dokumentera resultaten. Krav på hårdhetsprovning anges i 4.3.2.

Kontrollera att indelningen i kontrollpartier är lämplig, dvs att resultatens spridning motsvarar den variation som kan förväntas hos komponenter med samma egenskaper. Den största variationen som tillåts inom en grupp ska fastställas tillsammans med lämplig analysmetod innan provningarna börjar.

Olika kriterier kan tillämpas, ett förslag på normalitetskrav anges i 4.3.2.

Om ett kontrollparti inte uppfyller homogenitetskraven ovan ska resultaten analyseras varpå:

- partiet delas in i minst två nya partier som kontrolleras på nytt var för sig, eller;
- komponenter med extrema värden kasseras tills partiet uppfyller homogenitetskraven.

Partier med samma ursprung, liknande tvärsnitt och genomsnittlig hårdhet kan slås samman om det resulterande partiet uppfyller homogenitetskraven ovan.

Dokumentera brottgränsen som motsvarar medelvärdet på hårdhetsmätningarna enligt Bilaga A i EN ISO 18265 och notera den uppskattade stålsorten (tex S355).

Steg 3b: Oförstörande analys av kemisk sammansättning

Detta steg är frivilligt och kan användas för att:

- uppskatta stålets kolekvivalent;
- bedöma sannolikheten för högre seghetsklasser, och;
- bekräfta homogenitet i ett kontrollparti.

Utför provningen enligt rekommendationer i 4.3.5.

Prov tas från komponenter med högst, lägst och genomsnittlig hårdhet (se steg 3).

Minst 20 % av komponenterna i ett kontrollparti dock inte mindre än tre komponenter per kontrollparti ska undersökas.

Lista de standardiserade EN-stålsorter inklusive seghetsklass vars kriterier för kemisk sammansättning uppfylls för samtliga prov. Anta en seghetsklass och bestäm provningstemperaturen som ska tillämpas vid slagseghetsprovning i Steg 4.

Kontrollpartiet avses vara homogent om variationen hos samtliga ämnen listade ovan inte överskrider 10 %. I annat fall kontrolleras samtliga komponenter och resultaten analyseras varpå:

- partiet delas in i minst två nya homogena, eller;
- komponenter med extrema värden kasseras tills partiet kan anses vara homogent.

Steg 4: Förstörande provning

Låt en oberoende och ackrediterad part utföra förstörande provning på material taget från en slumpmässigt vald komponent ingående i kontrollpartiet.

Provningsmetoder och omfattning ska uppfylla kraven i gällande produktstandard för det förväntade materialet utifrån uppskattningar i Steg 2 till 3b.

I brist på bättre information (om Steg 3b utlämnas eller resultaten är otydliga) är det säkert att anta seghetsklass JR och utföra slagseghetsprovning vid rumstemperatur. Seghetsklass J2 är dock vanligare idag.

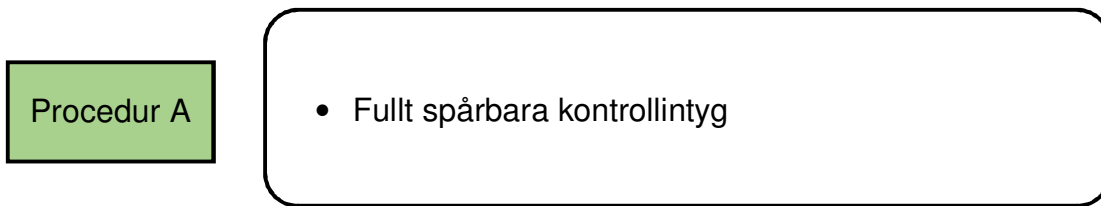
Bestäm motsvarande stålsort och seghetsklass för vilka acceptanskriterierna enligt avsnitt 4.3.3, 4.3.4 och 4.3.5 uppfylls.

Steg 5: Dokumentation

Upprätta en kontrolldokumentation.

Utöver den information från förstörande provning som ingår i ett kontrollintyg 3.1 enligt SS-EN 10204 ska även resultat av Steg 1 till 3/3b ingå i kontrolldokumentationen.

4.2.3 Procedur A: tillgängliga kontrollintyg



Steg 0: Informationsinsamling

Enligt standardprocedur.

Kontrollintyg sparas.

Steg 1: Initial kontroll

Enligt standardprocedur.

Steg 2: Initial indelning i kontrollpartier

Dela in spårbara komponenter med samma egenskaper i kontrollpartier som motsvarar de ursprungliga kontrollpartierna.

Steg 3: Oförstörande hårdhetsprovning

Utför oförstörande hårdhetsprovning på samtliga komponenter och dokumentera resultaten. Krav på hårdhetsprovning anges i 4.3.2.

Kontrollera att indelningen i kontrollpartier är lämplig, dvs att resultatens spridning motsvarar den variation som kan förväntas hos komponenter med samma egenskaper. Den största variationen som tillåts inom en grupp ska fastställas tillsammans med lämplig analysmetod innan provningarna börjar.

Olika kriterier kan tillämpas, ett förslag på normalitetskrav anges i 4.3.2.

Om ett kontrollparti inte uppfyller homogenitetskraven ovan eller om brottgränsen som motsvarar medelvärdet på hårdhetsmätningarna enligt Bilaga A i EN ISO 18265 inte matchar värden i kontrollintyget ska standardprocedur tillämpas.

Steg 3b: Oförstörande analys av kemisk sammansättning

Tillämpas inte.

Steg 4: Förstörande provning

Tillämpas inte.

Steg 5: Dokumentation

Enligt standardprocedur.

Kopior på de ursprungliga kontrollintyg bifogas dokumentationen.

4.2.4 Procedur B: äldre konstruktion

Procedur B

- Komponenterna har ett spårbart ursprung
- Stålet antas **inte** uppfylla samma krav som nytt stål

Steg 0 till 3

Enligt standardprocedur.

Steg 4: Förstörande provning

Låt en oberoende och ackrediterad part utföra förstörande provning på material taget från några (minst 3 st) slumpmässigt valda komponenter ingående i kontrollpartiet.

Provningsmetoder och omfattning ska uppfylla kraven i gällande produktstandard för det förväntade materialet utifrån uppskattningar i Steg 2 till 3b.

I brist på bättre information (om Steg 3b utlämnas eller resultaten är otydliga) är det säkert att anta seghetsklass JR och utföra slagseghetsprovning vid rumstemperatur. Seghetsklass J2 är dock vanligare idag.

Bestäm de karakteristiska värden för sträck- och brottgräns genom en statistisk utvärdering enligt EKS 11, se 4.3.3.

Bestäm motsvarande stålsort och seghetsklass för vilka acceptanskriterierna enligt avsnitt 4.3.3, 4.3.4 och 4.3.5 uppfylls för samtliga prov.

Steg 5: Dokumentation

Upprätta en kontrolldokumentation.

Utöver den information från förstörande provning som ingår i ett kontrollintyg 3.1 enligt SS-EN 10204 ska även resultat av Steg 1 till 3/3b samt statistisk utvärdering ingå i kontrolldokumentationen.

4.2.5 Procedur C: okänt ursprung

Procedur C

- Komponenterna har ett okänt ursprung

Steg 0: Informationsinsamling

Tillämpas inte.

Steg 1: Initial kontroll

Enligt standardprocedur.

Steg 2: Initial indelning i kontrollpartier

Tillämpas inte.

Steg 3: Oförstörande hårdhetsprovning

Detta steg är frivilligt och kan användas för att uppskatta stålsorten.

Utför oförstörande hårdhetsprovning på individuella komponenter och dokumentera resultaten. Krav på hårdhetsprovning anges i 4.3.2.

Dokumentera brottgränsen som motsvarar medelvärdet på hårdhetsmätningarna enligt Bilaga A i EN ISO 18265 och notera den uppskattade stålsorten (tex S355).

Steg 3b: Oförstörande analys av kemisk sammansättning

Detta steg är frivilligt och kan användas för att uppskatta stålets kolekvivalent och bedöma sannolikheten för högre seghetsklasser.

Utför provningen enligt rekommendationer i 4.3.5.

Lista de standardiserade EN-stålsorterna inklusive seghetsklass vars kriterier för kemisk sammansättning uppfylls. Anta en seghetsklass och bestäm provningstemperaturen som ska tillämpas vid slagseghetsprovning i Steg 4.

Steg 4: Förstörande provning

Låt en oberoende och ackrediterad part utföra förstörande provning på material taget från den individuella komponenten.

Provningsmetoder och omfattning ska uppfylla kraven i gällande produktstandard för det förväntade materialet utifrån uppskattningar i Steg 2 till 3b.

I brist på bättre information (om Steg 3b utlämnas eller resultaten är otydliga) är det säkert att anta seghetsklass JR och utföra slagseghetsprovning vid rumstemperatur. Seghetsklass J2 är dock vanligare idag.

Bestäm motsvarande stålsort och seghetsklass för vilka acceptanskriterierna enligt avsnitt 4.3.3, 4.3.4 och 4.3.5 uppfylls.

Steg 5: Dokumentation

Upprätta en kontrolldokumentation motsvarande ett kontrollintyg 3.1 enligt SS-EN 10204.

4.3 Provningsmetoder och utvärdering

4.3.1 Dimensioner och toleranser

Dimensioner och toleranser för profiler ska uppfylla kriterierna i respektive standard, se tabell 4.3 nedan.

Tabell 4.3 Standarder för dimensioner och toleranser hos vanliga profiler

Produkt	Dimensioner	Toleranser
I- och H-stång	EN 10365	EN 10034
INP	EN 10365	EN 10024
UNP och UPE	EN 10365	EN 10279
Vinkelstång	EN 10056-1	EN 10056-2
T-stång	EN 10055	EN 10055
Plattstång och plåt	Inte tillämpligt	EN 10029, 10051
Rundstång	EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061	EN 10017, 10058, 10059, 10060, 10061
Varmformade rör	EN 10210-2	EN 10210-2
Kallformade rör	EN 10219-2	EN 10219-2

4.3.2 Hårdhet (Oförstörande provning)

Provningsmetod

Oförstörande hårdhetsprovning enligt Vickers utförs med en UCI hårdhetsmätare enligt DIN 50159 alternativt ASTM A1038-17.

Oförstörande hårdhetsprovning enligt Vickers utförs med en UCI hårdhetsmätare enligt DIN 50159 alternativt ASTM A1038-17.

Tryckkraften ska motsvara HV10, dvs 98 N, och hårdheten bestäms som medelvärdet från minst tre mätningar.

Mätningarna utförs, om möjligt på samma plats motsvarande rekommendationer för mekanisk provning enligt relevant produktstandard, tex på flänsarna vid 1/6 av profilbredden hos I-profiler.

Provytan ska vara slät och fri från beläggning och smörjmedel. Råheten får inte överskrida $Ra = 0,001$ mm, vilket kan åstadkommas genom slipning med en kornstorlek på minst 180.

Hårdhetsvärden korrelerar med materialets brottgräns och kan, för låglegerade stål, omvandlas enligt Tabell A.1 i SS-EN ISO 18265.

De absoluta värdena på brottgräns är dock endast uppskattningar och kan inte ersätta dragprovning. En felmarginal på upp till +/- 85 MPa kan förväntas.

Acceptanskriterier, homogenitetskrav för kontrollpartier

Ett kontrollparti anses tillfredställande om antagandet att hårdhetsvärden är normalfördelade inte kan förkastas med signifikansnivå på 5%

Om samtliga prov härstammar från samma tillverkningsparti och utgör ett homogent kontrollparti kommer resultaten att vara normalfördelade med en liten variation pga provningsmetoden. Detta utnyttjas som acceptanskriterium.

Ett kontrollparti anses vara homogent om hårdhetsvärden är normalfördelade.

Detta kontrolleras med hjälp av en statistisk normalitetsprovning enligt Andersson Darling. Metoden beskrivs bla i (17). Nollhypotesen är att värdena är normalfördelade och slutsatsen blir att man inte kan utesluta att värdena är normalfördelade för en given signifikansnivå.

Anderson-Darling metod

1. Sortera värdena i växande ordning dvs så att $x_{(i+1)} \geq x_{(i)}$.

2. Uppskatta medelvärde och varians enligt:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

där

n är antalet värden i uppsättningen, och;

x_i är ett givet värde med index i .

3. Beräkna Anderson-Darling skattningsparameter:

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i-1) \left[\ln \Phi \left(\frac{x_{(i)} - \bar{x}}{s} \right) + \ln \left(1 - \Phi \left(\frac{x_{(n+1-i)} - \bar{x}}{s} \right) \right) \right]$$

där

Φ är den kumulativa fördelningfunktionen för en standard normalfördelning med parametrarna $\mu = 0$ och $\sigma = 1$, och;

$x_{(i)}$ är ett sorterat värde med index i så att $x_{(i+1)} \geq x_{(i)}$.

4. Korrigera skattningsparametern för antalet värden:

$$A^{*2} = A^2 \left(1 + \frac{0,75}{n} + \frac{2,25}{n^2} \right)$$

fortsätter på nästa sida ⇨

Anderson-Darling metod (fort.)

5. Välj en signifikansnivå α och kontrollera att den korrigerade statistikan inte överskrider maxvärdet i tabellen nedan.

Normalt väljs $\alpha = 0,05$.

α	0,15	0,10	0,05	0,01
A_{\max}^{*2}	0,557	0,632	0,753	1,444

Värden i tabellen ovan baseras på sannolikheten att felaktigt förkasta nollhypotesen som approximeras med:

$$p = \begin{cases} e^{1,2937 - 5,709A^{*2} + 0,0186A^{*4}} & \text{om } 0,60 \leq A^{*2} \\ e^{0,9177 - 4,279A^{*2} - 1,38A^{*4}} & \text{om } 0,34 \leq A^{*2} < 0,60 \\ 1 - e^{-8,318 + 42,796A^{*2} - 59,938A^{*4}} & \text{om } 0,20 \leq A^{*2} < 0,34 \\ 1 - e^{-13,436 + 101,14A^{*2} - 223,73A^{*4}} & \text{om } A^{*2} < 0,20 \end{cases}$$

och ska uppfylla villkoret $p \leq \alpha$.

Ett kontrollparti anses tillfredställande om antagandet att hårdhetsvärden är normalfördelade inte kan förkastas med signifikansnivå på 5% (normalitetskravet: $p \leq \alpha = 0,05$).

4.3.3 Hållfasthet (Förstörande dragprovning)

Provningsmetod

Dragprovning utförs enligt EN 10002-1.

Provstycken tas enligt rekommendationer i relevant produktstandard, tex Bilaga A i SS-EN 10025-1.

Acceptanskriterier

Stålsort	$R_{eH} \geq$ [MPa]	$R_m \geq$ [MPa]	Brottförlängning ($L_0 = 5,65VA_0$)	R_m/R_{eH}
S235	267	396	$\geq 15\%$	$\geq 1,10$
S275	313	452		
S355	391	505		
S420	463	559		
S460	490	560		

För nytt stål ska provningsresultaten (sträckgräns, brottgräns, brottförlängning) uppfylla kriterierna i respektive produktstandard, dvs

$$R_{eH, \text{prov}} \geq R_{eH, \text{min}}$$

$$R_{m, \text{prov}} \geq R_{m, \text{min}}$$

$$\text{brottförlängning} \geq \text{minimum brottförlängning}$$

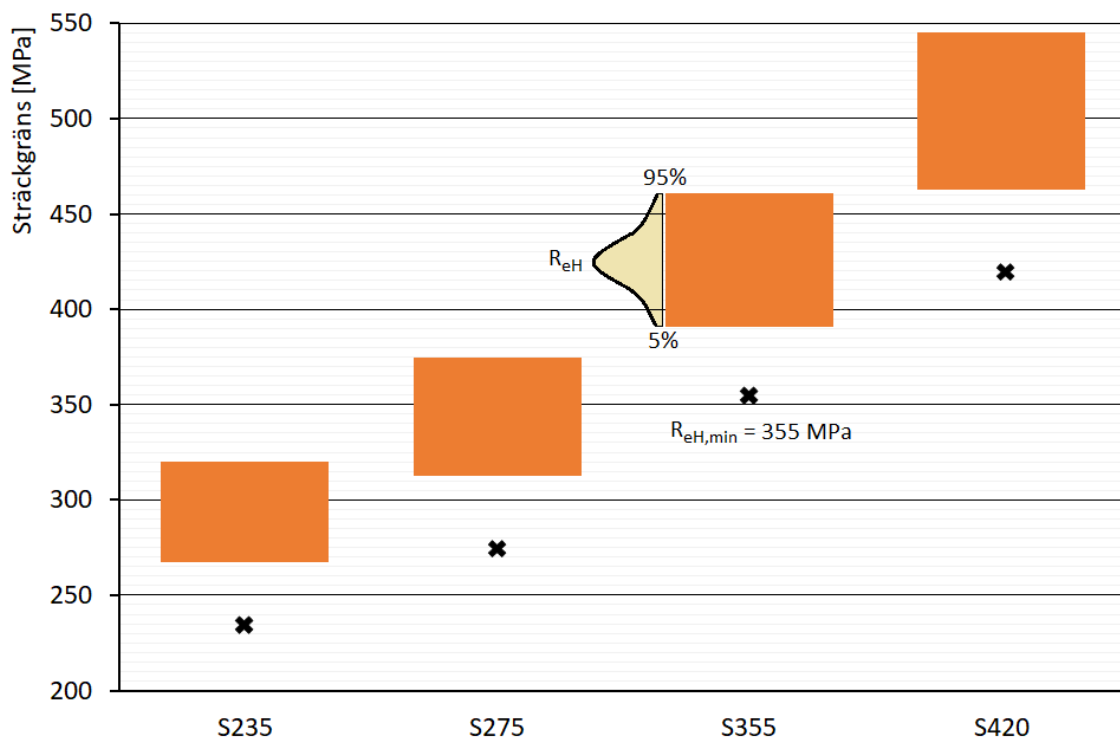
I praktiken är sträckgränsen alltid mycket större än det minsta tillåtna värdet som också tas som karakteristisk sträckgräns vid dimensionering, dvs $R_{eH, \text{min}} = f_{y,k} \ll R_{eH, \text{prov}}$ och vi behöver därför alternativa acceptanskriterier för återbrukat stål.

Den verkliga statistiska fördelningen av mekaniska egenskaper hos konstruktionsstål i Europa har undersökts inom SAFEFRICILE projektet (18) och antagits i prEN 1993-1-1:2018 Bilaga E som grund för kalibrering av partialkoefficienter. Detaljerna för de vanligaste stålsorterna återges i tabell 4.4 nedan.

Tabell 4.4 Statistisk fördelning av mekaniska egenskaper hos de vanligaste stålsorterna enligt prEN 1993-1-1:2018.

Parameter	Stålsort	Medelvärde, X_m	Variation
f_y	S235, S275	1,25 $R_{eH, \text{min}}$	5,5%
	S355, S420	1,20 $R_{eH, \text{min}}$	5,0%
f_u	S235, S275	1,20 $R_{eH, \text{min}}$	5,0%
	S355, S420	1,15 $R_{eH, \text{min}}$	4,0%

Fördelningen av sträckgränsen illustreras även i figur 4.4 där kryssen representerar de nominella värdena och 90 % av de verkliga värdena (mellan 5%- och 95%-fraktil) hamnar inom de orangea blocken.



Figur 4.4 Statistisk fördelning av sträckgränsen hos de vanligaste stålsorterna

Ett rimligt acceptanskriterium för återbrukat stål kan tas som 5%-fraktilen vilket betyder att endast 5 % profiler av en given stålsort kommer att felaktigt nedgraderas (= inte uppfylla acceptanskriteriet för den faktiska stålsorten) samtidigt som felaktig uppgradering hålls på en låg nivå. Detta synliggörs på figur 4.4 som en mycket liten överlappning av blocken mellan stålsorterna. Felmarginalerna för de vanligaste stålsorterna när acceptanskriteriet tas som sträckgränsens 5%-fraktil anges i tabell 4.5.

Tabell 4.5 Felmarginaler när acceptanskriteriet tas som sträckgränsens 5%-fraktil.

Stålsort	Felaktigt nedgraderad	Felaktigt uppgraderad
S235	5 %	12 %
S275		1 %
S355		4 %
S420		71 %

Notera att felaktigt uppgraderade komponenter uppvisar en verklig sträckgräns som överskrider acceptanskriteriet för nytt stål hos den högre stålsorten med minst 11 % för stålsorter upp till och med S420. En felaktig uppgradering är därmed inte en säkerhetsrisk.

Samma resonemang gäller även brottgränsen och samma acceptanskriterium kan tillämpas.

Vad gäller brottförlängning och förhållandet mellan brott och sträckgräns är det tillräckligt att materialet uppfyller kraven enligt SS-EN 1993-1-1 och EKS 11, dvs brottförlängning < 14 % och $R_m/R_{eH} \geq 1,10$.

Statistisk utvärdering

Karakteristisk sträck- och brottgräns bestäms enligt 11§ i EKS 11 Avdelning B.

Istället för acceptansprovning kan flera förstörande provningar utföras och specifika karakteristiska värden för sträck- och brottgräns bestämmas med hjälp av en lämplig statistisk utvärdering.

Bilaga D "Dimensionering genom provning" i SS-EN 1990 beskriver en metod för att bestämma egenskaper genom provning och statistisk utvärdering. När materialparametrar tas fram genom fåtalsprovning ska dock en alternativ metod enligt EKS 11 användas. Det karakteristiska hållfasthetsvärdet tas som:

$$X_k = \bar{x} + k_n \sigma$$

där

\bar{x} = provningsresultatens medelvärde;

σ = provningsresultatens standardavvikelse, och;

k_n = koefficient beroende av antal prov, n , enligt tabell 4.6.

Tabell 4.6 Koefficient k_n för bestämning av karakteristiskt hållfasthetsvärde enligt EKS 11.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
k_n	3,15	2,68	2,46	2,34	2,25	2,19	2,14	2,10

4.3.4 Seghet (Förstörande slagprovning)

Provningsmetod

Slagseghetsprovning utförs enligt EN 10045-1.

Provstycken tas enligt rekommendationer i relevant produktstandard, tex Bilaga A i SS-EN 10025-1.

Acceptanskriterier

Samma acceptanskriterier tillämpas som för nytt stål, se relevant standard.

4.3.5 Kemisk sammansättning (Oförstörande provning)

Provningsmetod

Oförstörande provning av kemisk sammansättning utförs med gnister-OES enligt CEN/CR 10320.

Olika oförstörande metoder för analys av kemisk sammansättning har undersökts i (1) och vi rekommenderar att använda gnister-OES enligt CEN/CR 10320 som har en större noggrannhet för de legeringsämnen som påverkar den sk kolekvivalenten.

Halterna av följande legeringsämnen dokumenteras:

- Kol (C);
- Krom (Cr);
- Koppar (Cu);
- Mangan (Mn);
- Nickel (Ni);
- Fosfor (P);
- Silikon (Si), och;
- Svavel (S).

Den genomsnittliga kolekvivalenten beräknas med:

$$CEV=C+\frac{Mn}{6}+\frac{Cr+Mo+V}{5}+\frac{Ni+Cu}{15}$$

Anmärkning 1 : CEN/CR 10320 saknar rekommendationer för bestämning av halterna av Molybden (Mo) och Vanadium (V). Halterna för Mo och V bestämda med gnister-OES kan därför anses som något mer osäkra än halterna för övriga ämnen-

Anmärkning 2 : På säkra sidan kan kolekvivalenten antas vara lika med maxvärdet som tillåts enligt antagen produktstandard enligt Steg 2 och 3, se tabell nedan.

Tabell 7 Max CEV enligt gällande EN-standarder

Stålsort	S235	S275	S355	S420	S460
EN 10025, EN 10219	0,35	0,40	0,45	0,43	0,53
EN 10210	0,39	0,43	0,47	0,52	0,55

Acceptanskriterier

Samma acceptanskriterier tillämpas som för nytt stål, se relevant standard.

4.3.6 Kemisk sammansättning (Förstörande provning)

Provningsmetod

Provning av kemisk sammansättning utförs med lämplig metod bland dem som anges i CR 10261.

Acceptanskriterier

Samma acceptanskriterier tillämpas som för nytt stål, se relevant standard.

5. Slutsatser

Återbruk av befintliga konstruktioner som har nått sitt livscykelsslut är ett nödvändigt steg mot en cirkulär byggbransch.

Återbruk kan genomföras inom ramen för dagens regelverk utan större förändring av byggprocessen med sk integrerat återbruk där gammalt material med kända egenskaper ersätter motsvarande nytt material.

Egenskaperna hos återbrukat stål kan bestämmas med provningsprocedurer anpassade efter olika försättningsgällande tillgänglig information. Genom att dela in komponenter i provningspartier med hjälp av oförstörande hårdhetsmätning minskar behovet av kostsamma förstörande provningar.

Denna information bör spridas till potentiella användare, dvs konstruktörer och verkstäder, och det vore av stor vikt om Boverket kunde stödja tolkningarna som gjorts i denna rapport. Ett förslag på vägledningstext för publicering på PBL kunskapsbanken har utarbetats och diskuterats, se Bilaga B.

Dessa principer har tillämpats med framgång i ett pilotprojekt i Norge, se bilaga C, och fullständiga procedurer beskrivs steg för steg i kapitel 4 tillsammans med praktiska rekommendationer för provningsmetoder och acceptanskriterier.

För att få igång en återbruksmarknad behöver dessutom tillgången på begagnade komponenter tryggas dvs att fastighetsägare och rivningsentreprenörer väljer demontering framför rivning och återvinning. Som hjälp till dessa beslut har en metod utvecklats för att bedöma återbrukbarheten hos en konstruktion ur ett ekonomiskt perspektiv. En praktisk checklista, Bilaga A, förenklar detta arbete.

Genom detta projekt har vi utvecklat en fullständig prospekteringsmetodik från bedömning av en konstruktions värde för återbruk till färdigt provade komponenter.

Kommande insatser för att vidare främja återbruk bör fokusera på marknadsföring. Redovisning av miljöegenskaper och kvalitetssäkring av materialprovning är två viktiga aspekter i detta.

6. Referenser

1. Husson, Wylliam och Lagerqvist, Ove. *Återbruk av stålkomponenter - Analys av möjligheter och hinder för en ökad återanvändning idag*. SBUF ID:13488, 2018.
2. Vares, Sirje, o.a. Economic potential and environmental impacts of reused steel structures. *Structure and Infrastructure Engineering*. 2020, Vol. 16:4.
3. The European Convention for Constructional Steelwork. ECCS. [Online] [Citat: den 18 05 2020.] <https://www.steelconstruct.com/eu-projects/progress/>.
4. *Reusability indicator for steel-framed buildings and application for industrial hall*. Hradil, Petr, o.a. Copenhagen, Denmark : EUROSTEEL 2017.
5. Hradil, Petr. *Barriers and opportunities of structural elements re-use*. u.o. : Technical Research Centre of Finland (VTT), 2014. VTT-R-01363-14.
6. Hradil, Petr, Fülöp, Ludovic och Ungureanu, Victor. Reusability of components from single-storey steel-framed buildings. *Steel Construction*. 2019, Vol. 12.
7. *Mineralmarknaden - Tema: Järn och stål*. u.o. : Sveriges Geologiska Undersökning, 2018.
8. Yeung, Jamie. Development of Analysis Tools for the Facilitation of Increased Structural Steel Reuse. 2016. PhD Thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
9. Dunant, Cyrille F, o.a. Options to make steel reuse profitable: An analysis of cost and risk distribution across the UK construction value chain. *Journal of Cleaner Production*. 2018, Vol. 183.
10. Brown, David, Pimentel, Ricardo och Sansom, Michael. *Structural Steel Reuse - Assessment, Testing and Design Principles*. u.o. : the Steel Construction Institute, 2019. SCI P427.
11. *Post-fire mechanical properties of structural steel*. Maraveas, C. och Fasoulakis, Z. 8th Greek National Steel Structures Conference, 2014.
12. Tao, Zhong, Wang, Xing-Qiang och Uy, Brian. Stress-Strain Curves of Structural and Reinforcing Steels after Exposure to Elevated Temperatures. *Journal of Materials in Civil Engineering*. ASCE / September 2013.
13. The American Institute of Steel Construction. [Online] [Citat: den 27 maj 2020.] <https://www.aisc.org/steel-solutions-center/engineering-faqs/11.2.-steel-exposed-to-fire/#9366>.
14. Tide, R.H.R. Integrity of Structural Steel After Exposure to Fire. *AISC, Engineering Journal, First Quarter, 1998, pp.26-38*.
15. Widenoja, Eva, Myhre, Kjetil och Kilvaer, Lasse. *Ombruk av konstruksjonsstål och tilhørende byggematerialer*. u.o. : Norsk Stålförbund, 2017.
16. Brown, David. *Protocol for reusing structural steel*. u.o. : the Steel Construction Institute, Version 05, May 2019.
17. D'Agostino, Ralph B. och Stephens, Michael A. *Goodness-of-Fit Techniques*. New York : Marcel Dekker, 1986.
18. da Silva, L. Simões, et al. *SAFEBRITILE: standardization of safety assessment procedures accross brittle to ductile failure modes*. Research programme of Research Fund for Coal & Steel, final report (2017).

Bilaga A. Checklista för bedömning av återbrukbarheten

A – Inventering

Komponent (funktion, tvärsnitt, stålsort, ytbehandling, allmänt skick, ...)	Antal	Längd	Vikt		Total vikt
	[-]	[m]	[kg/m]	[kg/st]	[kg]
Total vikt [kg]					

B - Kvalitativ bedömning av genomförbarheten

	Poäng	Faktor	Total
1. Konstruktionens standardiseringsgrad En hög standardiseringsgrad minskar kostnaderna för demontering och hantering. (konstruktion med likadana balkar och pelare: 10 p / -1p för varje ytterligare komponent)			
		(1,0)	
2. Infästningar Tillgängliga, enkla och demonterbara anslutningar minskar kostnaderna. (lätt demonterbara skruvförband: 5 p / svårt demonterbara skruvförband: 3 p / svetsade förband: 0 p / lättillgängliga förband: +5 p)			
		(1,0)	
3. Stabilisering Kostnaderna för demontering ökar avsevärt för husbyggnader med stabilisering genom skivverkan. (ramkonstruktioner med fastinspända pelare: 10 p / konstruktioner som stabiliseras med diagonaler: 8 p / konstruktioner med skivverkan i vägg och bjälklag: 0 p)			
		(1,0)	
4. Samverkanskomponenter Normalt bör samverkanskomponenter betraktas som ej återbruksbara. (rena stålkomponenter: 10 p / samverkanskomponenter: 0 p)			
		(2,0)	

5. Produkternas storlek

Kostnaderna för demontering ökar något vid större produkter och transportkostnader kan öka avsevärt.

(komponenter lämpliga för normal transport upp till 1 t, max längd 13 m och bredd 2,5 m: 10 p / större komponenter upp till 10 t, max längd 20 m och bredd 3 m: 5 p / överstora komponenter: 0 p)

	(1,5)	
--	-------	--

6. Produkternas tålighet

Kostnaderna för demontering och transport ökar något för fackverk.

(valsade profiler: 10 p, svetsade profiler: 8 p, fackverk: 0 p)

	(0,5)	
--	-------	--

7. Produkternas ytbehandling

Kostnaderna för rekonditionering av produkter med brandskydd eller rostskydd innehållande förbjudna giftiga ämnen ökar avsevärt.

(rostskydd: 10 p, rostskydd innehållande förbjudna giftiga ämnen: 3 p, brandskydd: 0 p)

	(1,0)	
--	-------	--

8. Tillgång till dokumentation

Tillförlitlig dokumentation om konstruktionen förenklar prospektering och kvalitetssäkring.

(tillgängliga bygghandlingar: 10 p, enkla planritningar och känt byggår: 5 p, okänt byggår: 0 p)

	(1,0)	
--	-------	--

9. Platsen

(normalt: 10 p / rivningsplats längre än 200 km från kund eller lagringsplats: -2 p / saknas kortvarig lagringsplats: -2 p / snäv tidsplan: -2 p)

	(1,0)	
--	-------	--

C – Uppskattning av kostnaderna

1. Merkostnad för demontering:

_____ kr/kg x _____ kg = _____ kr

Uppskattad kostnad justerad efter bedömning av genomförbarheten

Total vikt

Standardkostnad: 3,7 kr/kg

2. Provning:

Oförstörande provning, OFP: 300 kr/st

Förstörande provning, FP: 3000 kr

Komponent	Antal	Kostnader		
		OFP	FP	totalt
	[-]	[kr/st]	[kr]	[kr]

Totalt _____ kr

3. Rekonditionering:

Mellan 1,2 och 2,5 kr/kg

Komponent	Vikt	Kostnader	
	[kg]	[kr/kg]	[kr]

Totalt _____ kr

4. Transport:

100 kr/komponent eller 5 kr/t/km

Totalt _____ kr

5. Lagring:

Totalt _____ kr

1 + 2 + 3 + 4 + 5 ⇒ Merkostnader = _____ kr

D – Uppskattning av inkomsterna

Skrot, mellan 1 och 2 kr/kg, mycket god säljbarhet

Valsade profiler, 10 kr/kg, mestadels god säljbarhet

Svetsade profiler och fackverk, 20 kr/kg, oviss säljbarhet

Komponent	Vikt	Skrotvärde		Värde som komponent		Säljbarhet	Mervärde
	[kg]	[kr/kg]	[kr]	[kr/kg]	[kr]		[kr]

Inkomster = _____ kr

E – Sammanfattning

Inkomster (D) – Kostnader (C) = _____ kr

Bilaga B. Vägledningstext

2019-12-13, rev 2020-02-28

PBL Kunskapsbanken – Regler om byggande – Boverkets konstruktionsregler – Avd. E – Dimensionering av stålkonstruktioner

Förslag vägledningstext - Användning av återbrukat stål i bärande konstruktioner

Enligt SS-EN 1090-2:2018, avsnitt 5.3, ska, om inte annat föreskrivs, produkter av konstruktionsstål uppfylla de krav som ges i tabell 2 till 4 i SS-EN 1090-2:2018. Dessa tabeller hänvisar i sin tur till ett antal olika produktstandarder.

I SS-EN 1090-2:2018, avsnitt 5.1 anges att om icke-standardiserade stål används ska ett antal egenskaper föreskrivas. Regeln i SS-EN 1090-2:2018, avsnitt 5.1, innebär att stål som ej omfattas av europeiska produktstandarder kan användas för tillämpning i bärande konstruktioner, förutsatt att vissa egenskaper väsentliga för stålets funktion i bärande konstruktioner är kända. Sådant icke-standardiserat stål kan även vara återbrukat stål, d v s stål som tidigare använts i en annan bärande konstruktion.

Återbrukat stål kan användas i statiskt och kvasistatiskt bärande konstruktioner förutsatt att stålets egenskaper är kända (se EKS 11, Avdelning A, 17-18 §). Återbrukat stål får inte användas i utmattningsbelastade konstruktioner. Fästelement (skruv och mutter) till mekaniska förband får inte återbrukas. Generella krav i SS-EN 1090-2:2018 för spårbarhet, geometriska toleranser m m gäller även för återbrukat stål.

Individuella stålkomponenter som tidigare använts i en annan bärande konstruktion och som avses att återbrukas kan, om de ej har tillförlitlig medföljande dokumentation, sorteras i grupper, s k kontrollpartier, med likartade egenskaper med hjälp av lämplig oförstörande provningsmetod med tillräcklig tillförlitlighet, till exempel genom hårdhetsmätning i enlighet med DIN 50159. För varje sådant kontrollparti ska, baserat på material taget från en slumpvis vald komponent ingående i kontrollpartiet, ett kontrollintyg 3.2 utfärdas där provningsomfattning och metoder anges i lämplig produktstandard. Kontrollintyget ska utgöra grund för klassificering av kontrollpartiets komponenter avseende stålsort, seghetsklass och svetsbarhet.

Acceptanskriterier för sträckgräns (f_y , $R_{eH,min}$), brottgräns (f_u , $R_{m,min}$), brottförlängning och förhållandet R_m/R_{eH} (f_u/f_y) för vanligt förekommande stålsorter anges i tabell 1. Seghetsklass och svetsbarhet bedöms enligt kriterier i lämplig produktstandard.

Tabell 1 Acceptanskriterier för vanligt förekommande stålsorter

Stålsort	$R_{eH,min}$ [MPa]	$R_{m,min}$ [MPa]	Brottförlängning ($L_0 = 5,65\sqrt{A_0}$)	R_m/R_{eH}
S235	267	396	$\geq 15 \%$	$\geq 1,10$
S275	313	452		
S355	391	505		
S420	463	559		
S460	490	560		

För stålkomponenter som inte har ett spårbart ursprung avseende plats och funktion och som avses att återbrukas ska ett kontrollintyg 3.2 utfärdas för varje enskild komponent.

För att tillverkaren ska kunna CE-märka byggprodukter tillverkade i verkstad av återbrukade stålkomponenter enligt SS-EN 1090-1 är det tillräckligt, med hänvisning till SS-EN 1090-2:2018, avsnitt 5.1, att de ingående komponenternas egenskaper är kända och motsvarar föreskrivna krav i kundens komponentspecifikation.

Konstruktörens krav på komponenternas egenskaper ska anges i den konstruktionsdokumentation (se EKS 11, Avdelning A, 29 §) som ska upprättas för beskrivning av en byggnads bärande konstruktion. Dessa egenskaper ska också framgå av tillverkarens prestandadeklaration genom hänvisning till aktuellt kontrollintyg 3.2 samt proceduren för sortering i kontrollpartier.

Bilaga C. Fallstudie i Norge

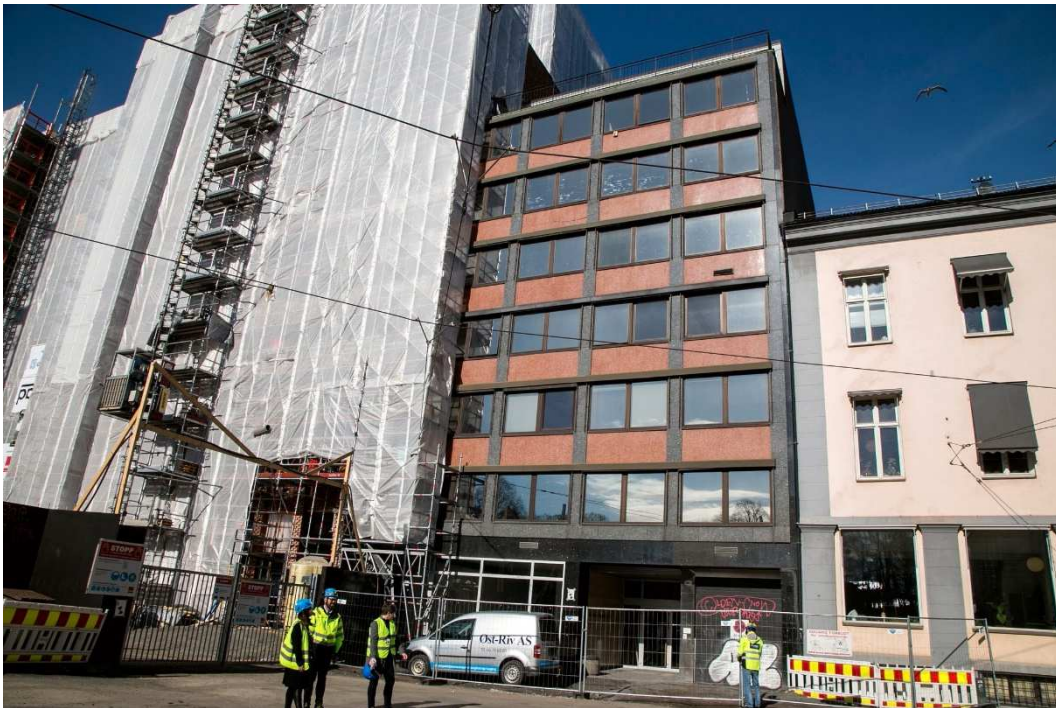
Sommaren 2019 kom ProDevelopment i kontakt med en Norsk stålentreprenör, Stokke Stål AS, som skulle tillverka och montera en stomme av återbrukat stål till ett ambitiöst projekt i centrala Oslo.

Vi hjälpte till att ta fram provningsprocedurer med ett begränsat antal förstörande provningar vilket minskade kostnaderna.

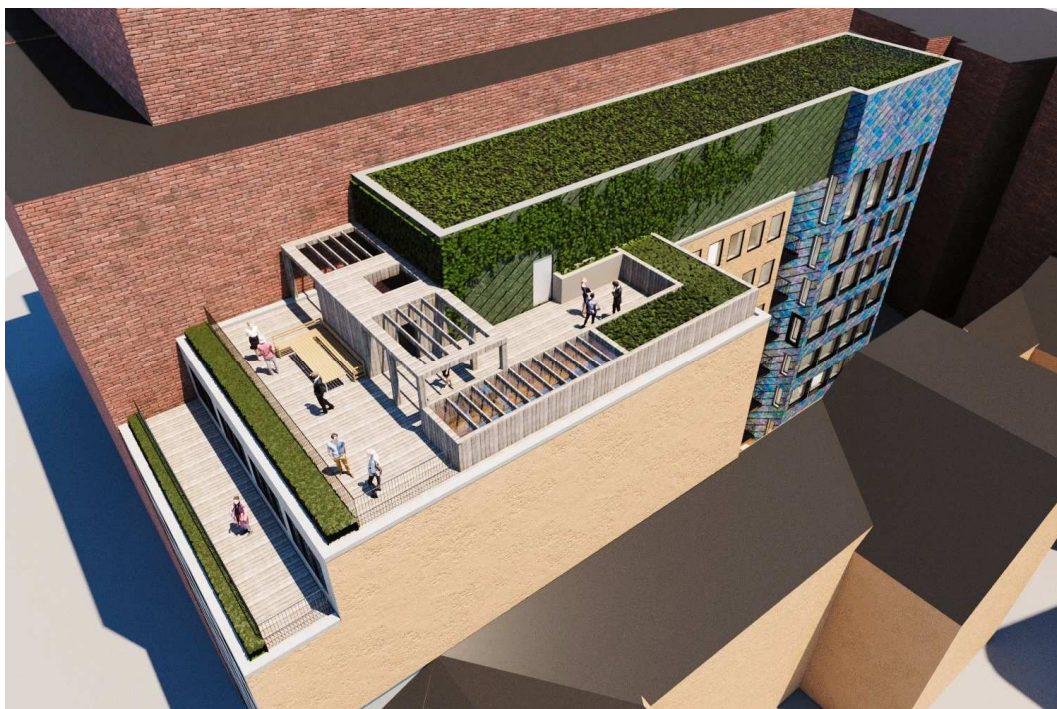
Nedan beskrivs projektet och de erfarenheter som gjordes baserat på samtal med Mantas Zaranka, projektledare hos Stokke Stål.

Projektet, Kristian Augusts Gate 13, handlade om rehabilitering av en kontorsbyggnad från 1950-talet inklusive en tillbyggnad på ca 400 m², och är ett pilotprojekt inom Oslo regionens FutureBuilt initiativ som syftar till att minska koldioxidutsläppen från byggbranschen. Byggherren, Entra AS, hade som målsättning att använda så mycket återbrukat material som möjligt.

Andra aktörer i projektet är Insemi AS som projektledare och byggherrens representant samt rivningsentreprenören Øst-Riv AS.

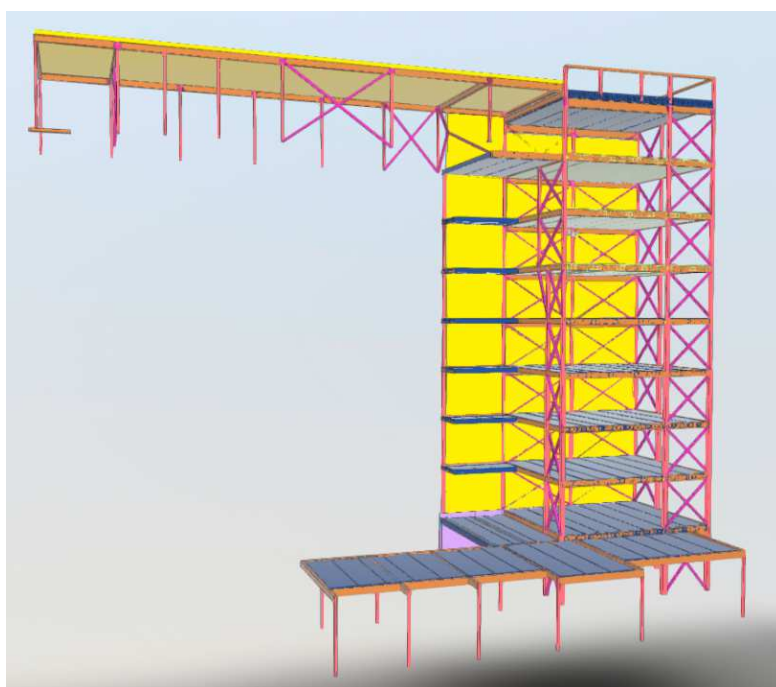


Figur C.1 Byggnadens fasad mot Kristian Augusts gate i Oslo, Arve Henriksen.



Figur C.2 Modell av den färdiga byggnaden med tillbyggnad, Entra/MAD

Stålkonstruktionen består i huvudsak av kallformade konstruktionsrör och några I-balkar, med en total vikt på ca 55 t varav ca 70 % är återbrukat.



Figur C.3 CAD modell av konstruktionen, PCS Stokke Stål AS

Det återbrukade stålet börjades samlas in innan projektet drog igång och kommer från olika källor: överblivna profiler från tidigare projekt, temporära konstruktioner och skrotgårdar. Rivningsföretaget Øst-Riv bidrog med en del provisoriska konstruktioner som kunde återbrukas. Profilerna som köptes från skrotgårdar och privata aktörer uppskattas ha varit mellan 5 och 10 år gamla. Ofta krävdes ett

högt initialt pris mellan 15 och 25 kr/kg vilket kunde förhandlas till ca 8-9 kr/kg vilket ligger knappt under priset för nytt stål.

Av ca 50 t begagnat stål kunde ca 40 t återbrukas i projektet.

Att köpa allt stål före projektets början skapade både logistiska och ekonomiska utmaningar. Hanteringen med full spårbarhet av återbrukade komponenter med specifika egenskaper krävde mer utrymme och tid än vanligt. Det skulle också kunna uppstå likviditetsproblem om man behöver binda mycket kapital för inköp av material i större projekt.

Dimensioneringen tillföll Ramböll. Den initiala utformningen anpassades i en kontinuerlig process efter tillgången på profiler. Flexibiliteten bedöms ha varit avgörande för projektets framgång och projektörens arbete lovordas. Projekteringstiden bedöms ha varit dubbelt så lång som för ett liknande projekt där valfria profiler används.

Profilerna sorterades utifrån ursprung och egenskaper i provningspartier och ett spårningssystem med individuella referensnummer tillämpades. Samtliga profiler testades med en UCI hårdhetsmätare för att bekräfta partiernas homogenitet. Därefter undersöktes samtliga profilers kemiska sammansättning med en portabel OES spektrometer. Hårdhetsprovningen utfördes av Stokke Stål medan analysen med spektrometer lejdades ut till Mantena AS och tog ca 3-4 dagar. Slutligen kunde 13 provningspartier definieras för vilka dragprovningar och slagseghetsprovningar utfördes i Norge för en kostnad mellan 7-8 000 NOK per parti.



Figur C.4 Analys av kemisk sammansättning med OES spektrometer, Mantena AS

Efter diskussioner med bla Norsk Stålforbund drogs slutsatsen att formella 3.1 intyg inte kunde utfärdas för återbrukat stål. Däremot kunde provningsresultat ligga till grund för en prestandadeklaration som godkändes av juridikkunniga hos byggherren Entra.

Tillverkningen var inte svårare än med nytt stål men tog längre tid. Mest tid gick åt att upprätthålla full spårbarhet genom hela processen. Även en del extra skarvning förekom för att uppnå rätt längd på komponenter och undvika spill. Blästring och målning var troligen mindre effektiv än vid nya profiler vilket ger något ökad tillverkningstid och energiåtgång.

Slutresultatet blev dock lyckat och montering skedde enligt tidplan trots svåra förutsättningar på byggsplatsen.



Figur C.5 Monterade stag inmurade i vägg av återvunnet tegel, Murmester Rolf Holm AS

Mantas Zaranka ser inga tekniska hinder och verkar positiv till återbruk. Han tror att det kan bli enklare och lönsamt på sikt om återbrukbara profiler tas om hand vid källan av specialiserade rivningsföretag.