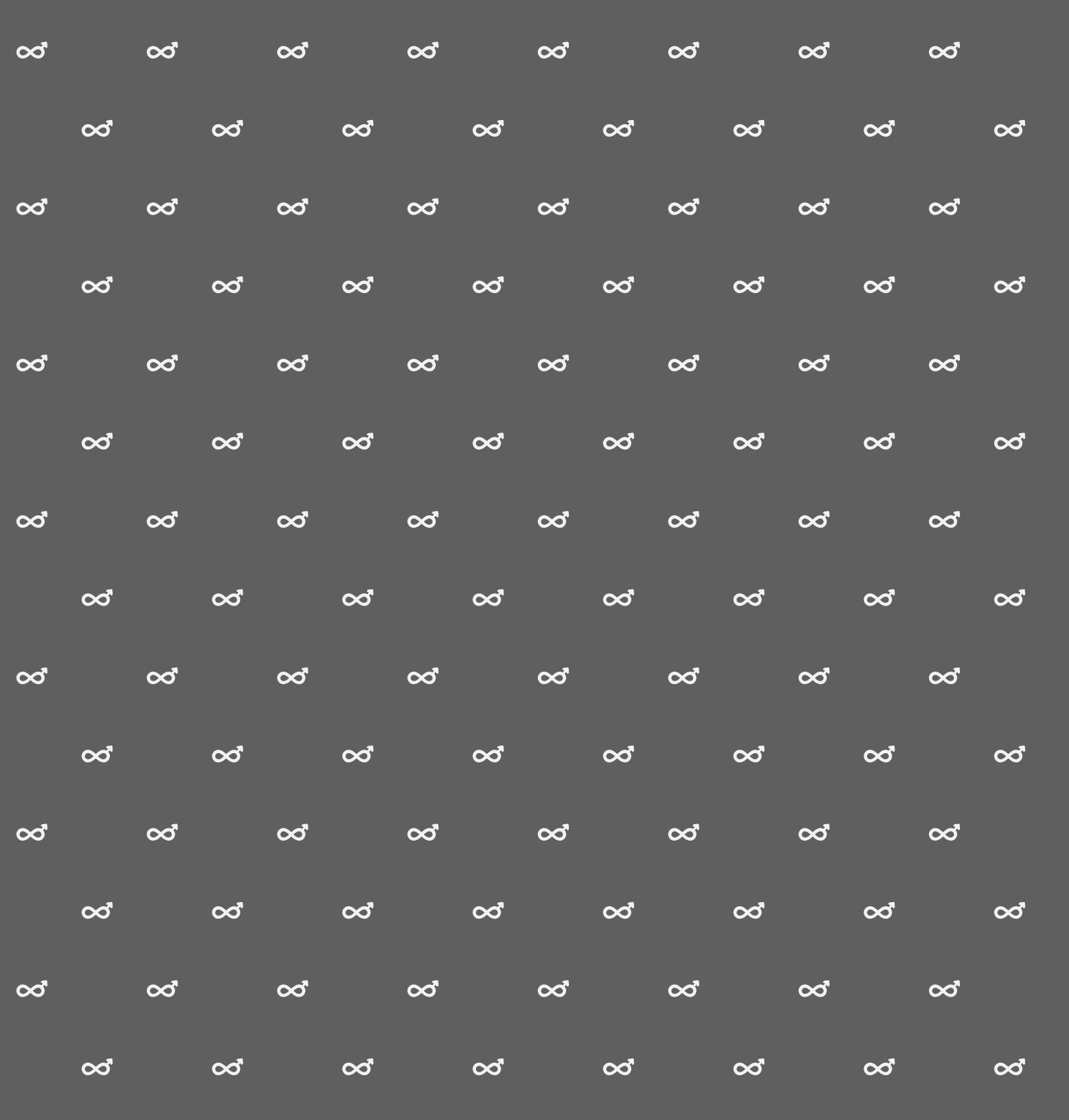


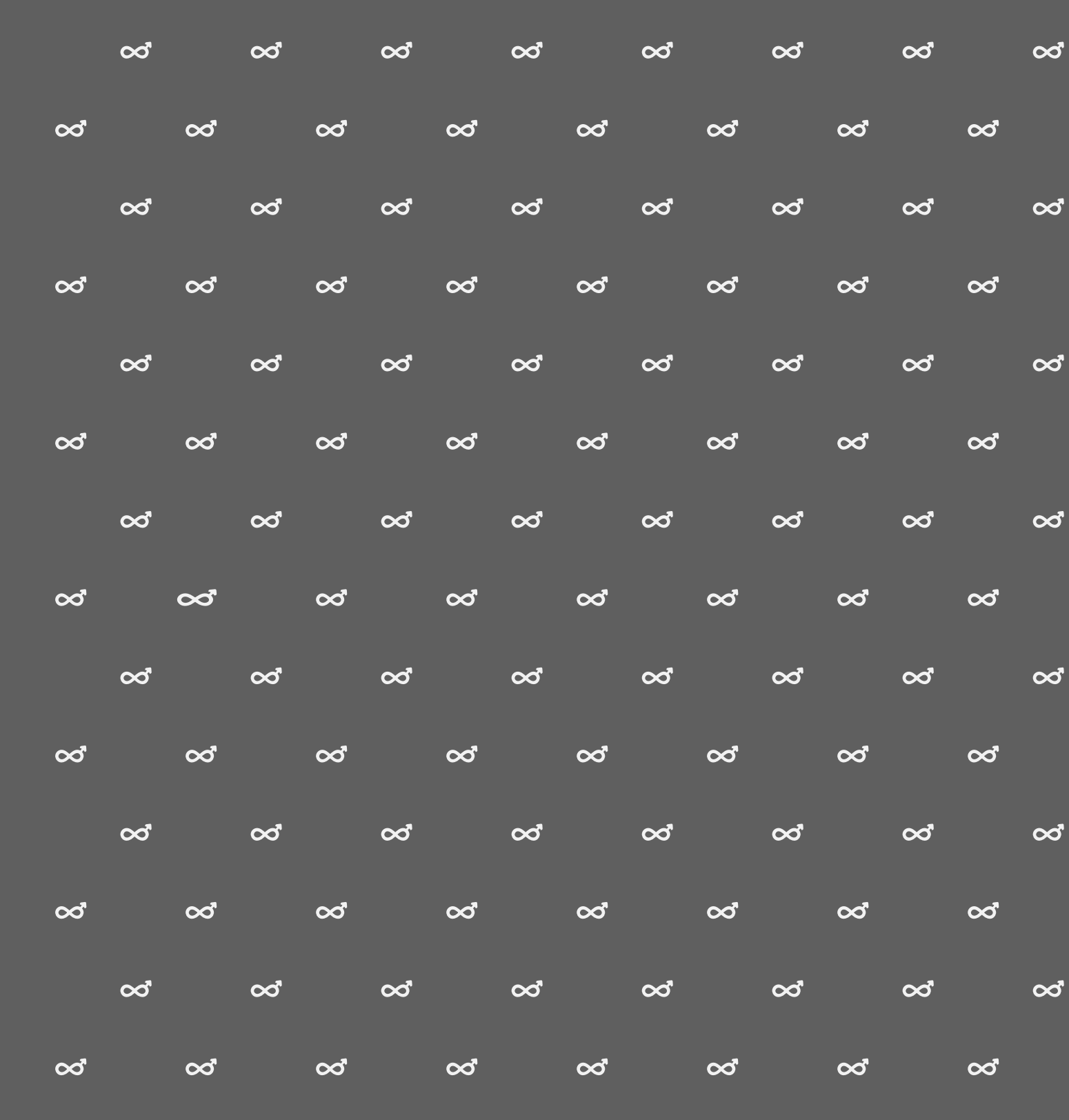


# Stålet och miljön

Om den svenska stålindustrins insatser för miljön  
vad gäller stålets produktion, användning och återvinning.









## STÅLET OCH MILJÖN

Denna skrift har tagits fram av civilingenjör  
SVR Joakim Widman vid Stålbyggnadsinstitutet  
på uppdrag av Jernkontoret under ledning av  
Birgitta Lindblad och Helén Axelsson.

Projektets referensgrupp har bestått av representanter  
från nordiska metallindustriföretag. Lärare från svenska  
gymnasieskolor har givit synpunkter på innehållet.

Ett stort tack till er som bidragit med information,  
idéer och kommentarer och till alla er  
som fortsätter att arbeta för att trygga vår välfärd  
och framtid och som satsar på miljön!

Stockholm 2001

Produktion: Wintjens Information AB.

Bildmaterialet är hämtad från Bildhuset, Inexa Profil, Jernkontoret, Korrosionsinstitutet, LKAB,  
Pressens Bild, Sandvik Steel, Stålbyggnadsinstitutet, Uddeholm och Øresund BilledArkiv.

Boken är tryckt på Stora Fine, som är ett träfritt, obestruket, återvinningsbart Svanmärkt papper.

Tryckeri: Abrahamsons Tryckeri AB är Svanenlicensierat att producera miljömärkta trycksaker, vilket innefattar  
miljöhänsyn från pappersval, tryckfärger och tryckplåtar till godkänd luftrening och avfallshantering.

Miljölicensen stämmer med nordiska kriterier för trycksaker och måste regelbundet förnyas.



# FÖRORD

Miljökunskaper är nödvändiga för att vi ska kunna vara med och påverka vår och våra barns övergripande livssituation. När du har läst den här boken hoppas jag att du bättre ska kunna bedöma miljöfrågornas betydelse och kunna bemöta, kritisera eller kanske tillföra argument till den kontinuerliga miljödebatten. Den här boken berör de viktigaste miljöfrågorna som kan kopplas till materialet stål och dess användning i det svenska samhället. Innehållet har grundats på aktuella och tillgängliga fakta samt praxis. Syftet är att du ska kunna tillgodogöra dig både en helhetssyn och en inblick i detaljerade miljöfrågor.

Miljöfrågor påverkas ofta av känslomässiga och estetiska värderingar – men såna värderingar har jag bara valt att nämna i jämförande syfte. Sambanden mellan miljö och ekonomi är så svåra att ta fram att jag har använt några grova uppskattningar för att kunna ställa miljöfrågorna i relation till andra viktiga samhällsfrågor.

Det finns både nyttiga samspel och konflikter mellan stål och miljö, där vi alla kan bidra till att utnyttja samspelet och minimera konflikterna.

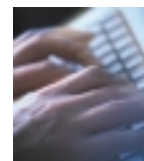
Låt nu inte dina nyvunna kunskaper bli liggande, utan använd dem och bättra gärna på dem. Dela gärna med dig! Stålet och miljön är två livsviktiga element för oss alla. Överallt och för all framtid.

Joakim Widman

*Förklaringarna av de i texten kursiva orden är specifika för deras användning i texten. Orden kan ha ytterligare betydelser i andra sammanhang.*

# INNEHÅLL

<b>1. STÅLET OCH MILJÖN</b>	
Från järnålder till stålålder .....	9
Miljöbegrepp att begripa .....	11
Stålet i våra miljöer .....	12
<b>2. STÅL I KRETSLOPPET</b>	
Kretsloppen .....	15
De naturliga kretsloppen .....	15
Det tekniska kretsloppet .....	17
Vad tillverkar vi av stål? .....	18
Stål i bilar .....	20
Stål i byggnader .....	21
Konservburkens återvinning .....	22
Stål i kylskåpet .....	22
Återvinning och återanvändning .....	23
Hantering av restprodukter .....	24
<b>3. STÅLTILLVERKNINGEN</b>	
Från muskelkraft till datorkraft .....	27
Stål och stålsorter .....	27
Olegerade och låglegerade stål .....	27
Höglegerade stål .....	28
Från järnmalm till stål .....	28
Järn som råvara .....	29
Sintring och pelletisering .....	29
Malmbrytningens miljöpåverkande faktorer .....	29
Kol som råvara .....	30
Hur man tillverkar koks .....	30



Koksningens miljöpåverkande faktorer .....	30
Så gör man råjärn av malm .....	30
Masugnens miljöpåverkande faktorer ...	30
Så gör man stål .....	31
Pulvertillverkning .....	32
Ståltillverkningens miljöpåverkande faktorer till luft och vatten .....	32
Bearbetning .....	34
Varmbearbetning .....	34
Värmning .....	34
Smidning .....	35
Valsning .....	35
Extrusion .....	36
Varmbearbetningens miljöpåverkande faktorer .....	36
Kallbearbetning .....	36
Kallvalsningens miljöpåverkande faktorer .....	37

#### 4. MILJÖARBETET

Järn- och ståltillverkningens miljöpåverkan .....	39
Växande miljömedvetande .....	39
Att spara på naturresurserna .....	39
Effektivare energianvändning .....	40
Arbete för renare luft .....	40
Vattenrening .....	41
Skydd av mark .....	43
Bättre arbets- och omgivningsmiljö .....	43



#### 5. KORROSION

Varför rostar stål? .....	47
Korrosionstyper .....	47
Korrosionsskydd .....	49
Vad är rostfritt stål? .....	50



#### 6. MILJÖPÅVERKAN

Arbetet för en bättre miljö .....	53
Miljöeffekter .....	54
Växthuseffekt .....	54
Försurning .....	55
Övergödning .....	56
Ozonlageruttunnning .....	57
Fotokemiska oxidanter och marknära ozon .....	58
Toxiska effekter .....	59
Resursutarmning .....	59
Metaller - nyttiga och farliga .....	62
Hur man bedömer miljöpåverkan .....	64
Miljömärkning .....	64
Hur man gör en livscykelanalys, LCA ...	66

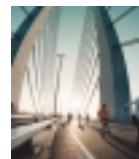


#### 7. STÅLETS POTENTIAL

Stålets potential .....	71
-------------------------	----

#### REFERENSER

Litteraturreferenser .....	72
Webbplatser .....	73
Jernkontorets utbildningspaket .....	73





5 LB

1



# Stålet och miljön

Stål är samhällets viktigaste industriellt framställda material. Tänk bara på vad som inte skulle finnas i din vardag om inte stålet fanns. Utan stål hade vi inga maskiner och inga verktyg – och då fanns heller inga kläder, inga hus, inga datorer, inga bilar och nästan inga råvaror. Ingen el och nästan ingen mat. Listan kan göras lång. Utan stålet skulle vår tillvaro vara förhistorisk.

Vårt samhälle är helt beroende av stålet och av hur vi använder det, nu och i framtiden. Lyckligtvis kan vi teoretiskt tillverka hur mycket stål som helst. Stålintustrins viktigaste råvara, *järn*, är nämligen jordskorpanns fjärde vanligaste grundämne. De många miljarder ton stål som redan cirkulerar i samhället kan gång på gång smältas ner för att användas till nytt prima stål.

Stål utvecklas hela tiden till att bli ett ännu bättre och effektivare material. Produktionen ökar för varje år och ger idag globalt cirka 700 miljoner ton färdiga stålprodukter om året. I Sverige är stålintustrin en mycket viktig del av svensk basindustri med över 20 000 heltidsanställda. Ett ständigt tillskott av duktig och välutbildad personal behövs inom stålintustrins många områden för att utvecklingen ska kunna fortsätta. Idag producerar samma antal anställda mer än dubbelt så mycket stål per timme som för 15 år sen. Och de tillverkar stål av en mycket bättre kvalitet och med betydligt högre prestanda.

Miljöarbetet i samhället fortsätter i en rasande takt. Det beror mycket på att du, jag och naturen ställer allt större krav på hanteringen av olika ämnen. Förr trodde vi att det var ofarligt att sprida stora mängder av mer eller mindre farliga ämnen i vår "oändliga" atmosfär, i världshaven och i jordskorpan. Men dessa "droppar i havet" kan inte nonchaleras.

Nu vet vi att det är ohållbart att producera sopor, icke-naturliga ämnen och *emissioner* som inte kan återanvändas, eller som inte under överskådlig framtid kan återgå till sin ursprungliga form.

Du och jag kan skapa grunden till ett fungerande kretsloppssamhälle, bli genom att använda *återvinnings-*

*bara* material och produkter. Och genom att se till att de verkligen återvinns. Innehållet i den här skriften beskriver stålet, ett av världens mest återvunna och återvinningsbara material.

## FRÅN JÄRNÅLDER TILL STÅLÅLDER

Stål är en metall som till största delen baseras på grundämnet järn. När man *reducerar* järnmalm med kol får man råjärn. Råjärn innehåller bl a grundämnena kol och svavel.

När man i olika processer minskar kol- och svavelhalten i råjärnet och tillsätter små mängder av egenskapsförbättrande ämnen, s k *legeringsämnen*, får man ett renare, mjukare, mer hållfast och lättbearbetat material som vi kallar stål.

Det man förr i tiden utförde på järnbruken kallades järnhantering. Sverige bestod av många och små järnbruk och hyttor som oftast var belägna nära råvarukällan – gruvan. Det var ett krävande och smutsigt jobb att för hand bryta malm, göra träkol, smälta järn samt bearbeta materialet till användbara produkter.

Järnbruken ser idag helt annorlunda ut. De är högteknologiska, automatiserade och datorstyrda. Kropparbetet är nästan borta och miljön är vad vi numera kräver av den. Det moderna stålverket är renare och har en fullständig kontroll över materialflödena. Datorkraft har tagit över muskelkraft. Stålverkets miljöpåverkan kan kontrolleras.



*De gamla järnbruken ser idag helt annorlunda ut.*



De sista lancashiremederna vid Häfla bruk i Östergötland 1929.

Britten *Sir Henry Bessemer* var den som på 1800-talets mitt revolutionerade världens ståltillverkning. Bessemer uppfann den sk konverterprocessen men lyckades aldrig framställa stål av tillfredställande kvalitet. Det var istället svensken Göran Fredrik Göransson som i juli 1858 var den förste att få metoden att fungera. Bessemers metod har sedan dess utvecklats och andra metoder har uppkommit.

Men i princip är det Bessemers metod som idag används vid malmbaserad ståltillverkning. I den näst vanligaste av dagens metoder använder man stålskrot som råvara i stället för malm. Mer om stålproduktion kan du läsa i kapitel 3.

Stål använde man förr till jaktredskap och verktyg. Idag finns stål i fordon, byggnader, maskiner, elektronik, förpackningar mm. Numera kan man tillverka stål med alla tänkbara egenskaper vilket har skapat en mångfald produkter och användningsområden.

Tekniken att bygga med järn och stål har gamla anor. Från 1500-talet och framåt smidde man järnplåt, bl a för att läggas på tak.

På 1700-talet blev även andra järnkonstruktioner vanligare. Under åren 1776–1779 uppfördes i England världens första bro helt i järn. Bron – som fortfarande står kvar – har ett spann på 30 m och har gett namn åt det lilla samhället Ironbridge i närheten.

Världens kanske mest kända järnkonstruktion är Eiffeltornet i Paris. Eiffeltornet konstruerades av Gustave Eiffel

och uppfördes till världsutställningen 1889. Tornet är 300 m högt, tog 17 månader att bygga och är ett av *fackverksteknikens* mästerverk. De olika delarna sammanfogades med nitar. Utvecklingen har gått snabbt framåt sedan dess, även om liknande ”skrytbyggen” sällan byggs idag p g a de stora kostnader uppförandet medför. Skulle ett liknande torn byggas med dagens teknik och med modernt stål, skulle endast en tredjedel av materialmängden behövas i konstruktionen tack vare stålets förbättrade egenskaper, ökade kunskaper om materialet samt förfinad konstruktionsteknik.

Stål i vår mening började alltså framställas på 1850-talet. Samtidigt utvecklade man tekniken att *vals*a stålet till moderna platta produkter. Tunnsplåt används idag t ex till bilkarosser, takplåt, diskbänkar och vitvaror. Du kan läsa mer om olika stålprodukter i kapitel 2.

I början av 1900-talet utvecklades sammanfogningsmetoderna *svetsning* och *skruvförband* som ersatte *nitning*. I och med detta var grunden lagd för våra moderna stålkonstruktioner, stora som små.

Enkel sammanfogning medför även enkel *demontering* efter fullbordad användning, varmed stålprodukten lätt kan återvinnas eller återanvändas.



Fackverk till Öresundsbron

Det finns idag många olika typer av stål med mycket varierande egenskaper. För att säkerställa den höga kvaliteten och få en internationell enhetlighet har man infört materialstandarder som t ex omfattar materialegenskaper och de provningsmetoder som används för att bestämma egenskaperna. Handel med stål sker över alla nationsgränser, och vi kan med hjälp av standarderna vara säkra på att stålet vi använder uppfyller egenskaps-

kraven oavsett var stålet har tillverkats. Sverige är världsledande inom flera specialstålsområden.

Nyttan med stål kan du se överallt i samhället. Åt vilket håll du än vänder dig kan du se nyttoprylar som innehåller stål eller är tillverkade med hjälp av stål. Kan du komma på någon som inte är det? I ett historiskt perspektiv har vi alltså sedan 1850-talet trätt in i en ny, långlivad epok: vi har gått från järnålder till stålålder.

## MILJÖBEGREPP ATT BEGRIPA

Ordet ”miljö” kommer från franskans ”milieu” som betyder omgivning. Ordet kan idag närmast förknippas med sammanhang som omfattar natur, *ekologi* och hälsa, vilket avses i denna skrift.

Miljöbegreppet kan även associeras till levnadsvillkor, verksamhetsområde eller krets, t ex skolmiljö eller datormiljö.

Miljöbegreppet kan indelas i två områden: yttre miljö och inre miljö. Till den yttre miljön räknas samhället och naturen i form av medierna luft, vatten och mark. Påverkan på den yttre miljön orsakas till en stor del av människan inom industrinäring, hushåll och transporter. Detta påverkar direkt naturens och människans hälsotillstånd. Exempel på effekter från denna påverkan beskrivs närmare i kapitel 6.

Inre miljöpåverkan kan innebära påverkan på människans hälsa, t ex i vår boendemiljö eller arbetsmiljö. Exempel på fysiska och psykiska effekter i den inre miljön är trivsel, allergier, sjukdomar och belastningsskador. Se avsnittet om arbetsmiljö i kapitel 4.

Vi själva är en del av vår globala miljö. Du och jag påverkas hela tiden – direkt eller indirekt – av de förändringar vi åstadkommer i samhället eller på ekosystemen. Naturen är givetvis själv föränderlig vilket vi lärt oss genom Darwins teorier om den *evolution* som skett under årmiljonerna. Men efter den industriella revolutionen har förändringarna blivit så stora och vanliga att de inte längre går att förklara med ”naturlig evolution”. Förändringarna går idag så snabbt att vi kan märka hur vår omgivning förändras och påverkas. Därmed har begreppet ”miljö” blivit en högt prioriterad vardagsfråga.

De viktiga miljöfrågorna ter sig olika beroende på var i världen vi bor, hur gott ställt vi har det ekonomiskt och hur vi påverkas av olika *miljöeffekter*. I små länder med

## ORDFÖRKLARINGAR

### APPLIKATIONER

Användningsområden.

### DEMONTERING

Isärtagning, rivning eller sönderplockning.

### EKOLOGI

Läran om samspelet mellan de levande organismerna och deras omvärld.

### EMISSIONER

Utsläpp. Ämnen som sprids, vanligen som gaser, vätskor eller partiklar.

### EVOLUTION

Biologisk utveckling av organismernas ärftliga egenskaper genom tiden.

### FACKVERKSTEKNIK

Teknik som bygger på att stänger eller balkar kopplas samman, så att man får ett stabilt bärverk. I ett renodlat fackverk är stängerna koplade med friktionsfria leder. Tekniken användes redan av romarna.

### JÄRN

Metalliskt grundämne med beteckningen Fe (Ferrum). Väger ca 7800 kg/m<sup>3</sup> och är det fjärde vanligaste grundämnet.

Framställning av järn anses ha börjat i Kaukasus ca 2000 f Kr, och spreds sedan till Mindre Asien, Indien, Kina, och så småningom även till Europa. Järnframställning i Sverige antas ha börjat omkring år 400 f Kr. Järn användes då främst till verktyg av olika slag.

Järn utgör den viktigaste basen vid tillverkning av olika stålsorter.

### KOKS

Stenkol som torrdestillerats (uppvärmts utan lufttillförsel). Koks används inom stålindustrin som reduktionsmedel, framförallt i masugnar för omvandling av järnoxider till järn.

### KORRODERA

Rosta. Se kapitel 5.

### LEGERINGSÄMNET

Tillsatsämnen, vanligen metaller, som genom att blandas med en baskomponent, t ex järn, skapar ett nytt material med särskilda egenskaper, en s k legering.

Stål är en legering som till största delen består av järn, kol, kisel och mangan. I specialstålen kan även krom, nickel, molybden och några andra grundämnen ingå. Andra viktiga legeringar är t ex brons som består av koppar och tenn, samt mässing (koppar och zink).

### MILJÖEFFEKTER

Förändringar av ekologi och miljö till följd av yttre påverkan. Effekten kan vara positiv eller negativ, men nämns vanligen som en störande negativ förändring. Exempel är försurning, global uppvärmning eller lokal algblooming.

### NITNING

Förband som bygger på att en nit med skaft och huvud placeras i ett förborrat hål i elementen, varefter niten pressas samman och ett nytt huvud bildas i andra änden. En annan form är stansnitning, där elementen läggs samman och deformeras lokalt så att vidhäftning sker.



tät bebyggelse och många människor är avfallshanteringen ett prioriterat område. I fattiga länder är reningen av föroreningar och avfall ofta dåligt utvecklad vilket förorsakar miljöproblem som främst drabbar lokalbefolkningen men även omvärlden. I rika länder som Sverige har industrin prioriterat miljöfrågorna under de senaste 30 åren. Försurning och övergödning är exempel på högt prioriterade miljöeffekter.

Bland det som fattiga och rika har gemensamt är att vi förbränner stora mängder fossila bränslen som kol och olja för att få större tillgång till energi. Detta ger upphov till både lokala och globala miljöeffekter som står högt på de internationella prioriteringslistorna är växthuseffekten och ozonlagerförtunningen. Så länge vi inte kan flytta till en annan planet får vi alla ta del av miljöeffekterna på jorden och det är bara vi själva som kan ta bort orsakerna och lindra effekterna. Miljö är därför ett viktigt men komplext begrepp som vi måste försöka begripa.

## STÅLET I VÅRA MILJÖER

Dagens miljöproblem kan aldrig skyllas på en enskild upphovskälla och kan heller inte botas med en enda medicin. Vissa mänskliga beteenden och industriella processer är dock så dominerande i vissa samhällen att de ofta beskylls för att ligga bakom uppkomna miljöeffekter.

Som föregångare kan basindustrin miljöanpassa processerna så mycket som möjligt och använda resurserna så effektivt som möjligt, och därmed bidra till att på sikt uppnå en hållbar utveckling i samspel med miljön.

Miljöanpassning kan stå i konflikt med vår välfärd, som vi ju vill behålla eller helst förbättra. Miljöanpassning innebär övergripande att sluta kretsloppen, att satsa på produkter och material som både är välfärdshöjande och kretsloppsanpassade. Stål är ett bra exempel!

Detta kommer oftast inte fram i miljödebatten där man ofta hävdar att de flesta s k ”miljöförbättrande åtgärderna” innebär att vi samtidigt måste sänka våra välfärdskrav.

Stål är ett hållbart, flexibelt och mycket långlivat material som kan användas över hela världen. Stål kan ersätta material som trä, betong, sten, plaster, aluminium och koppar i de allra flesta *applikationer*. Att använda stål kan även vara fördelaktigt på grund av små risker för

den yttre och inre miljön. Och stål kan alltid återvinnas till nya användbara produkter.

Faktorer som formbarhet, styrka och en obegränsad användning tillsammans med andra material är nog så viktiga ur ett miljöperspektiv som mer mjuka egenskaper som färg, känsla och lukt.

Färdig använda stålprodukter kan återvinnas. Om stål hamnar i fuktig miljö så *korroderar* järnet. Legeringsmetallerna i produkten återgår då till sina ursprungliga *oxidiska* former. En stålprodukt kan i princip leva sitt nästa liv som vilken ny och prima stålprodukt som helst.

Din gamla diskbänk har kanske blivit ett X2000-tåg och konservburken du lämnade för återvinning har man kanske byggt en bro av.

Enligt *termodynamikens* första lag kan energi varken skapas eller förstöras. När man framställer stål använder man energi främst från gas, elektricitet och oljeprodukter. *Koks*, som tillverkas av kol, används som reduktionsmedel i masugnar och järnsvampverk och bidrar därmed till ökat energiinnehåll i produkten. *Koks* klassificeras och beskattas som materialråvara, inte som energi. Stålintustrin har under en längre tid satsat kraftigt på att minska energianvändningen och levererar dessutom mycket värme till hushåll och industrier från överskottsenergin i processen.

Energiomvandling orsakar ofta betydande påverkan på den yttre miljön. Ska man jämföra energianvändning eller miljöprestanda för olika material är det viktigt att man jämför slutprodukterna för samma användning och funktion.

Energianvändningen per funktionell enhet är därför relativt låg för en stålprodukt vid jämförelse med motsvarande produkter av aluminium, trä eller betong enligt genomförda studier av bl a byggnadskonstruktioner. Att ersätta andra produkter med stål kan alltså minska den totala energianvändningen. Huvuddelen av byggnaders energianvändning kan dock relateras till användningen, t ex boendet.

Miljöanpassning av stålet sker dessutom genom att stålindustrins utsläpp av föroreningar kraftigt minskar. Kol-dioxidutsläppen är fortfarande relativt stora på grund av reduktionsarbetet, medan utsläppen av försurande ämnen minskat mest. Ozonnedbrytande ämnen och miljögifter är idag närmaste obefintliga inom stålproduktionen. Stålintustrin satsar kontinuerligt på att göra processerna ännu renare och på att öka sina egna och omvärldens kunskaper om stålet i våra miljöer.

#### OXIDISK

I form av en oxid. En oxid är en kemisk förening mellan ett grundämne och syre (oxygen), där syret är den elektronegativa beståndsdelen. Järn finns mycket sällan som ren metall i jordskorpan, utan vanligtvis som järnoxid. Exempel på oxidation av järn till järn(II)-oxid:  $2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO}$ .

#### REDUCERA

Process med kemisk förändring av en substans som resulterar i att antalet elektroner i en atom eller molekyl ökar. Reduktion av ett ämne innebär att ett annat oxideras (redoxreaktion). I järnets metallurgi får järnmalmens omvandling till järn tillsammans med kol i masugnen betraktas som den viktigaste redoxreaktionen. I detta sammanhang är reduktion alltså detsamma som borttagande av syre.



#### SIR HENRY BESSEMER

År 1855 patenterade britten Sir Henry Bessemer (1813–1898) sin konverterprocess. Hans metod innebär att luft blåses igenom ett bad av flytande järn inne i ett tråg (en konverter), som invändigt klätts med ett kemiskt surt kiselhaltigt foder. I och med detta oxideras grundämnena mangan, kisel och kol, varvid järnet "renas" till stål. Bessemer lyckades dock ej framställa några göt av tillfredsställande kvalitet.

När svensken Göran Fredrik Göransson den 18 juli 1858 i Edsken, som den förste i världen, lyckades tillämpa metoden i industriell skala och framställa göt av god kvalitet var detta en industriell revolution. Den blev inledningen till den moderna stålåldern genom att den möjliggjorde massproduktion och billig tillverkning av högkvalitativa stålprodukter såsom räls, järnvägshjul, fartygsplåt, m m.

#### SKRUVFÖRBAND

Förband där gängade skruvar håller ihop komponenterna. Föreses skruvarna med muttrar kallas de vanligen för bultar.

#### SVETSNING

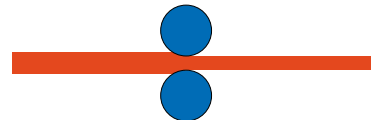
Teknik som bygger på att lokalt smälta ihop två eller fler komponenter, antingen genom att tillföra nytt material eller använda befintligt material.

#### TERMODYNAMIK

Läran om hur värme omvandlas till arbete, eller omvänt.

#### VALSA

Bearbeta stål genom att platta ut produkten mellan kraftiga rullar, s k valsar.



#### ÅTERVINNINGSBAR

En produkt som kan återvinnas genom att återanvändas, materialåtervinnas eller energiåtervinnas.



2

# Stål i kretsloppet

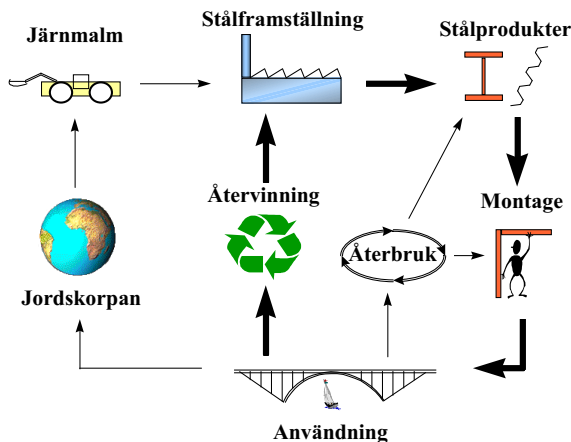
## KRETSLOPPEN

Järn är jordskorpanns fjärde vanligaste grundämne. Ett grundämne varken skapas eller försvinner, utan cirkulerar runt i samhällen och ekosystem i eviga kretslopp.

När en stålprodukt återvinns blir den en ny stålprodukt – en likadan eller en helt annan. En liten del av materialet i stålet kan *korrodera* för att så småningom återgå till sin ursprungliga form eller upptas i någon näringskedja. En annan del kanske kommer att användas i samman-satta produkter som inte återvinns till järn, t ex betong, glas eller läkemedel.

De övergripande kretslopp som definieras i miljö-sammanhang är naturliga kretsloppen (naturens egna) och det ”tekniska” kretsloppet (människans industriella). Ett visst ämnesflöde sker kontinuerligt mellan dessa kretslopp.

Ämnen från det tekniska kretsloppet till de naturliga kallas vanligen emissioner (utsläpp) eller avfall. En mer allmän term är ”föroreningar”. En stor del av det här ämnesflödet kan påverka den ekologiska balansen. Det kallar vi miljöpåverkan.



Exempel på kretslopp för en stålprodukt.

I motsatt riktning tar vi råvaror som ved, olja eller malm för att använda i *teknosfären*.

För att kretsloppsanpassa ska vi minska flödena av ämnen mellan de tekniska och naturliga kretsloppen och i stället använda och cirkulera (*återanvända* och *återvinna*) de material som redan finns i respektive system. ”Kretsloppsanpassning” är ett av de miljöbudskap som myndigheter och organisationer världen över ställer sig bakom med syftet att på sikt minska eller utradera flera olika typer av miljöpåverkan.

## DE NATURLIGA KRETSLOPPEN

De naturliga flödena av ämnen i naturen motsvarar vad som här kallas för ”naturliga kretslopp”. Dessa flöden kan ske inom eller mellan olika typer av medier, t ex levande djur och växter, vattendragen eller jordskorpan. Dessa medier, eller miljöer, kallas i turordning för *biosfären*, *hydrosfären* och *geosfären* (*litosfären*). Låt oss använda en järnatom som fortsatt exempel.

Järnatomen ingår naturligt i olika *kemiska former* (sammansättningar) som kan vara mer eller mindre stabila. Den sannolikt stabilaste och vanligaste formen är som mineral i geosfären. I detta fallet sker geologiska eller geokemiska kretslopp t ex genom att mineralet smälts, ändrar sammansättning och flyttas med lavaströmmar, varvid det senare återgår till ursprungsstadiet.

I mindre stabila biologiska eller biokemiska kretslopp kanske näringsämnet järnoxid tas upp av en växt, som äts av ett djur som lämnar järnet i avföring till marken, som bryts ner i jorden som åter tas upp av en växt och cirkeln sluts.

Naturliga kretslopp kan ha oändligt många varianter och vara mycket mer komplexa än ovan nämnda exempel. Genom omfattande internationell forsknings-samverkan försöker man öka förståelsen för de komplexa spelen mellan fysikaliska, kemiska och biologiska processer på Jorden för att bättre tolka betydelsen av t ex klimat-



Brytning av järnmalm.

förändringar och andra miljöeffekter. Här nöjer vi oss med ett fortsatt enklare exempel av järn i jordskorpan.

Det finns för närvarande 109 kända grundämnen, varav 83 är naturligt förekommande på vår jord. De vanligaste grundämnena i jordskorpan är syre (45,5 %) kisel (27,2 %), aluminium (8,3 %) och järn (6,2 %). Man har beräknat att järn är den vanligast förekommande metallen i universum efter grundämnena väte, helium och syre som på jorden normalt förekommer i gasform.

Grundämnena rör på sig under årmiljonerna. De byter fas, isotop eller jonform. De byter kemisk bindning, egenskaper och miljö. Grundämnen både sprids och koncentreras under korta eller långa tidsperioder. Högre koncentrationer av viktiga grundämnen brukar vi försöka utnyttja som råvarukällor. Att utvinna material ur grundämnen med lägre koncentrationer är möjligt, men vanligen för dyrt i större skala. Höga naturliga koncentrationer av järn som dessutom är brytvärda kallas *järnmalm*. Malm är alltså en ekonomisk term.

I Sverige bryts järnmalmen i Lappland, i Kiruna och Malmberget. Förr bröts även mycket malm på andra platser, främst i Bergslagen.

Järn förekommer inte som ren metall i jordskorpan utan är bundet till syre, svavel, kisel och andra grundämnen. Guld och silver är exempel på metaller som kan förekomma naturligt i elementär form, dvs inte kemiskt bundna.

Järnmalm består av järnhaltigt mineral och icke järnbärande berg, så kallad gångart eller gråberg. I Sverige finns

främst två järnmalmsmineral: magnetit och hematit. Båda är järnoxider.

Hematit har sammansättningen  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  och magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Under järnåldern framställdes järn från myrsmalm som kemiskt heter järnhydroxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Vid framställning av järn skall man alltså avlägsna gångarten och befria järnmineralen från syre.

Detta sker inte naturligt, utan måste ske med industriella processer. Järnet tas då från det biologiska kretsloppet till det tekniska.

Järnatomerna finns inte bara i mineralform i jordskorpan utan även i olika former i marken, i luft och vatten. Järn är dessutom ett livsnödvärdigt mikronäringsämne för levande organismer och tas upp av både växter, djur och människor. Även andra metaller klassas som mikronäringsämnen, t ex zink, nickel, krom, molybden och mangan.

Järn behövs bl a för produktion av röda blodkroppar, zink för att styra proteiner. Ett rekommenderat intag hos en vuxen person är 10–15 mg järn och 7–9 mg zink per dag.

Järnet som vi tillgodogör oss tillförs kroppen i form av bioackumulerbar järnoxid. Detsamma gäller för zink. Som jämförelse har ditt blod en zinkhalt som är ca 2 000 gånger högre än i de svenska vattendragen. Genom vår avföring tillför vi naturen 50 gånger mer zink än den totala svenska varmförzinkningsindustrin. Mer om zinkens betydelse för stålet finns att läsa i kapitel 5.

Järn reagerar ganska lätt med syre i luft eller vatten och bildar då en korrosionsprodukt som i dagligt tal kallas rost.





Rost är vanligen järnoxid som är på väg att inta samma form som järn i malmineral. Järnet återgår därmed till sitt grundtillstånd i naturliga kretslopp.

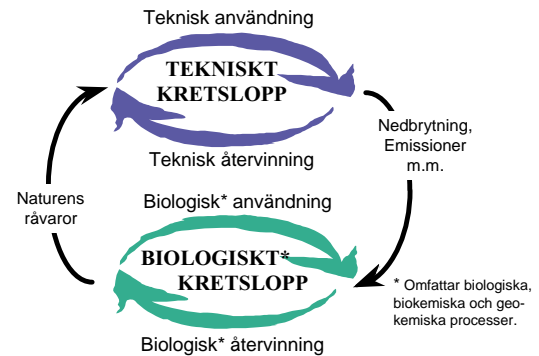
Ett grundämne i elementär form är sällan bioackumulerbar. Därför cirkulerar grundämnena mer i *geologiska* kretslopp än i biologiska. Järn i oxidform cirkulerar däremot i många korta eller långa cykler som en viktig del av biomassan innan det åter lagras i jordskorpan eller blir en del av det tekniska kretsloppet.

## DET TEKNISKA KRETSLOPPET

De tekniska kretsloppen motsvarar de cykler som närmast kan beskrivas som kretsloppen för alla återvinningsbara material och industriellt framställda produkter. Undantaget livsmedel har tekniska kretslopp ingen roll i någon näringskedja eller något biologiskt kretslopp. De tekniska kretsloppen omfattar nästan alla tillverkade material och produkter vi har omkring oss i samhället.

Råvaror som cirkulerar i det tekniska kretsloppet benämns alltid som återvunna eller återanvända råvaror. Övriga råvaror i detta kretslopp är råvaror från biologiska eller geologiska kretslopp. Flödet av material från det tekniska kretsloppet betraktas vanligen som emissioner och avfall.

Varför är det då intressant att betrakta det tekniska kretsloppet när vi kan nöja oss med att konstatera att de flesta ämnen någon gång i framtiden kommer tillbaka till sitt ursprung i naturliga kretslopp?



*Materialflöden inom och mellan kretsloppen.*

Jo, när vi talar i termer som miljöeffekter, återvinning, utsläpp, tillverkning och användning menar vi nästan alltid ämnen som flödar till, från eller i det tekniska kretsloppet.

Så länge ett ämne cirkulerar i det tekniska kretsloppet belastas inte den yttre miljön, såvida inte cirkulationen ger upphov till andra ämnen som lämnar det tekniska kretsloppet.

Mängderna av olika ämnen ökar kontinuerligt i det tekniska kretsloppet p g a den efterfrågan som skapas i vår strävan mot en hög samhällsstandard och välfärd. Dessutom skapar vi hela tiden nya ämnen och vi framställer naturliga bristvaror på industriell väg som naturen har svårt att omhänderta. Detta faktum kan ge upphov till olika miljöeffekter, se kapitel 6.

För att nå vad vi kallar en "bållbar utveckling" krävs en kretsloppsanpassning, d v s att vi ökar cirkulationen av befintliga material och produkter i det tekniska kretsloppet. Det krävs också att vi minskar råvaruflödet till kretsloppet – och att vi minskar emissioner och avfall från kretsloppet. Det är ett ansvar som alla måste ta på sig – både myndigheter, företag och privatpersoner.

Stål och metaller är de material som har allra bäst förutsättningar att cirkuleras många gånger i det tekniska kretsloppet med nära nog oförändrade egenskaper. Begagnat metalliskt material – d v s "skrot" – har oftast mycket goda egenskaper och ett högt ekonomiskt värde. Idag återvinns i princip allt insamlat stålskrot i Sverige, ca 1,5 miljoner ton per år.

Totalt återvinns globalt ca 400 miljoner ton järn och stål årligen. Men det räcker inte. Efterfrågan på stål är så stor att allt tillgängligt skrot inte räcker till för att producera det stål som behövs. Därför måste malm tillföras från geosfären, och samtidigt måste vi se till att stålet utnyttjas effektivare samt cirkuleras i det tekniska.

Det tekniska kretsloppet för järn i stål kan bestå av följande processteg i kronologisk ordning: förädling → materialtillverkning → bearbetning → produkttillverkning → produktanpassning → montering → användning → underhåll → demontering → materialåtervinning. Därefter tillbaka till materialtillverkning. Nästan allt stål går tillbaka i kretsloppet, hur mycket beror på produkt, tillverkningsprocess och användningsområde.

## VAD TILLVERKAR VI AV STÅL?

Produkter av stål används överallt i samhället. Färdiga stålprodukter kan indelas i några huvudgrupper – fördelningen du kan se i figuren intill.

I det här kapitlet ska vi titta lite närmare på kretsloppen för fordon, förpackningar, byggnader och hushållsvaror.

Den största gruppen, "rör och tråd" innehåller tillsammans med gruppen "övrigt" många produkter som är svåra att sortera in i användningsområde. Rören (cirka 15 %) används främst inom industrin för vätske- och gasledning, till byggnader, maskiner och annat. Gruppen "övrigt" består bl a av *vitvaror*. Fordonsgruppen omfattar t ex bilar, bussar, lastbilar, tågset, fartyg, flygplan och andra mobila maskiner. Till byggnader räknas bl a bostäder, industrier, broar, master och järnvägar.

Förpackningar av stål är vanligen färdiga produkter som konservburkar, hinkar, oljefat, containers och andra typer av behållare. Produkter inom verkstadsindustrin brukar placeras under kategorin maskiner. Övriga vanliga produkter av stål är t ex diskbänkar, möbler, verktyg och hemelektronik.

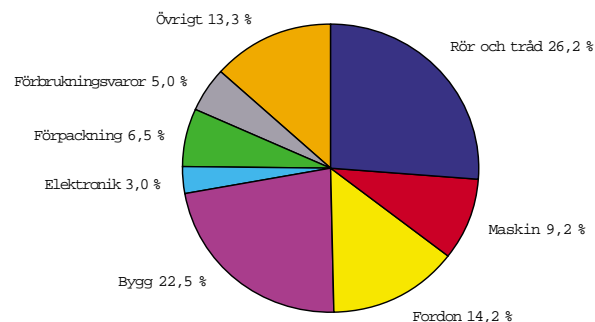
Den totala mängden stål i samhället är mycket svår att beräkna, men man vet att det finns mer än tio miljarder ton stål i världen. Stålmängden i det tekniska kretsloppet ökar med mellan 250 och 300 miljoner ton varje år till följd av den stora efterfrågan som finns för produkter av stål.

Stålprodukternas "livslängd" – d v s användningens tidsomfång – varierar mycket och är beroende av många parametrar. En konservburk återvinns vanligen efter ett antal månader när den fyllt sin funktion och deformationerats så att den inte kan återanvändas.

En stålbalk i en byggnad återvinns däremot efter kanske 50 år, trots att den kunnat fylla sin funktion i många hundra år till. Detta beror på att byggnaden måste rivs, för att andra material har "gjort sitt" och inte kan bytas ut, eller för att byggnadens användning eller omgivande miljö har förändrats. Den kan också behöva rivs till följd av en olycka som skadat viktiga komponenter.

Den tekniska livslängden hos en stålkomponent är därför mycket sällan den faktor som begränsar livslängden hos den sammansatta produkten.

Omfattande studier har visat att det är omöjligt att med god noggrannhet bestämma medellivslängden för alla stålprodukter. Av den anledningen kan man heller inte beräkna stålets återvinningsgrad. I dagens miljödebatt används ofta uppskattade siffror för olika materials



Fördelning av stålanvändningen i Europa.

återvinningsgrader för att avgöra hur kretsloppsanpassat ett material är, något som lätt leder till helt felaktiga jämförelser.

Att tala om återvinningsgrad fungerar ganska bra för material och produkter som har en mycket kort teknisk livslängd. Men begreppet återvinningsgrad passar inte för långlivade material vilkas återvinning beror av andra faktorer än den egna tekniska livslängden och i de fall då produkten varierar mycket under materialets livstid. För dessa material är det istället återvinningsbarheten som är den faktor som bör ligga till grund för bedömning av kretsloppsanpassningen.

Stål och några andra metaller är i det närmaste unika genom att ha en hög återvinningsbarhet samtidigt som materialegenskaperna ej försämras i den återvunna produkten.

Ser vi vidare på stålprodukternas miljöegenskaper under användningsskedet, så har man konstaterat att stålets enskilda inverkan på miljön under produktens användningsfas är mycket liten eller obefintlig i förhållande till övriga faser i stålproduktens *livscykel*.

Ser vi däremot på stålproduktens användning i en sammansatt konstruktion, t ex i en bil, i ett hus eller en spis, råder motsatta förhållandet. I dessa fall är produktens användningsfas den mest miljöpåverkande.

Med livscykelanalyser kan man se var miljöpåverkande faktorer uppkommer. Livscykelanalyser visar att användningen av ett fordon eller en byggnad medför ca 10–50 gånger större miljöbelastning än själva tillverkningen av material och produkter i dessa konstruktioner.

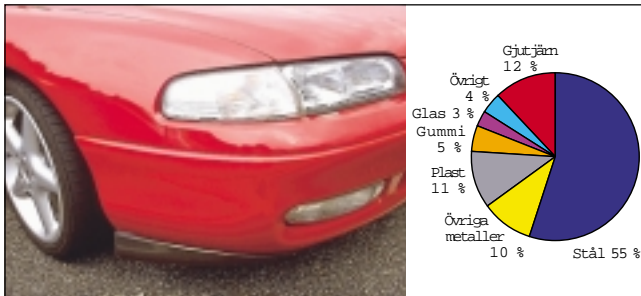
Omvandling av energi till värme i hus eller till kraft i motorer skulle man alltså kunna kalla de största ”miljöbovarna” i samhället. Trots detta så uppmärksammas miljöfrågorna under användningsfasen väldigt lite och stora resurser ägnas åt att studera och bearbeta miljöparametrar i samband med tillverkningen av enskilda material och produkter. Förändringar av miljöprestanda i tillverkningen medför därför för många betydande produktgrupper endast en liten förändring i den totala miljöbelastningen.

Framöver kan vi ana att miljöarbetet till en allt större del kommer att koncentreras kring användningen av produkterna, t ex energifrågor.

Mer information om livscykelanalyser och värdering av miljöpåverkan finns i kapitel 6.



Exempel på olika vardagsprodukter av stål.



Ungefärligt materialinnehåll i en ny personbil.



Återvinning av metaller från bilar är en väl etablerad industri.

## STÅL I BILAR

En personbil är en tekniskt avancerad och sammansatt produkt som till största delen består av metaller och metalliska legeringar tillsammans med olika plaster.

En bil innehåller många slags stålprodukter som tillsammans utgör 55 % av dess totala vikt. En stor personbil innehåller därför ca 1 ton stål och järn. Stål är vanligen huvudmaterialet i chassi, kaross, axlar och andra rörliga delar, katalysator, rörformade produkter, bensintank och ett flertal andra detaljer.

En bil innehåller många olika typer av stål och stålprodukter, t ex kallvalsad, belagd tunnplåt, varmvalsade profiler och balkar, formpressade detaljer, rostfri tunnplåt, kullagerstål och andra specialstål samt stålgiutgods. Mer om stålsorter finns att läsa i kapitel 3.

Kretsloppen för stålprodukterna i en bil skiljer sig något tidsmässigt eftersom vissa bildelar har kortare livslängd än bilens totala livslängd. Avgassystemet t ex har kort livslängd. Andra komponenter, vanligen fasta men även rörliga, väljer man av ekonomiska skäl att återanvända i stället för att materialåtervinna efter bilens avslutade liv. Därmed kan man bättre utnyttja deras tekniska livslängd.

En bil fyller normalt sin funktion i mellan 10 och 20 år. På 15 år kan den ha förbrukat 30 ton bensin och oljor, och därmed gett upphov till nära 80 ton växthusgaser och 70 kg syrabildande föreningar (t ex  $\text{NO}_x$ ) i atmosfären. Utsläppen motsvarar ungefär de mängder som släpps ut för att framställa stål till 70 nya bilar.

Bilindustrin och våra politiker har också insett att de viktigaste åtgärderna för att förbättra miljön är att reducera utsläppen från fordonets drift - inte primärt vid tillverkningen. Vägtrafiken står idag för ca 15 % av världens totala koldioxidutsläpp. Den fortsatta utvecklingen av stålets egenskaper medför att bilen kan göras lättare varvid bensinförbrukningen minskar.

Enligt överenskommelser i EU skall bilindustrin minska sina  $\text{CO}_2$ -utsläpp med 25 % till 2008 jämfört med 1995 års nivåer. I Kalifornien förväntas man införa krav på Zero Emission Vehicles (ZEV), inom några år - dvs fordonen ska ge inte några miljöfarliga utsläpp under drift.

För bilåtervinning gäller inom EU att 95 % av fordonets vikt ska kunna återvinnas senast 2013. Idag återvinns redan 98 % av stålet i västvärldens bilar. Ett problem är att intresset för de återvunna materialen från fordon (med

undantag av metaller) är så lågt att det kan bli svårt att nå de högt uppsatta målen – och att samtidigt minska miljöbelastningen för t ex *polymera material*.

## STÅL I BYGGNADER

Byggnadsbranschen tillhör de branscher som har störst krav på sig att öka återvinningen av material och produkter. Varje år deponeras nämligen nära 4–6 miljoner ton byggavfall i Sverige (1998/99), men mängderna minskar i takt med ökade krav från myndigheter. För att minska resursanvändning och annan miljöpåverkan utvecklas sätt att bygga som innebär åtgång av mindre materialmängd och användning av återvinningsbara material i husen.

Ett hus består till största delen av material till bärande konstruktionsdelar i grund, *stomme*, väggar och *bjälklag*, material som man oftast inte kan se med blotta ögat i en färdig byggnad. Dessa material är vanligen inte fler än tio till antalet. Men när all annan nödvändig utrustning, alla installationer och ytskikt finns på plats, kan ett hus bestå av hundratals olika material.

Huskroppen består sällan av fler än tre sorters stål. Mängden stål i ett bostadshus varierar från några få procent upp till kanske 50 % i vissa fall. Totalt används ungefär 700.000 ton stål i byggbranschen per år i Sverige varav det mesta går till broar och hallbyggnader.

Ett renodlat ”stålhus” eller ”trähus” finns inte. Definitionen beror vanligen av vilket material den bärande stommen är tillverkad av. Stommen utgörs oftast av stål eller *stålarmrad betong*, men även av trä, sten eller tegel.



Byggnad av ett miljöanpassat hus med stål, s k lättbyggnad.

## ORDFÖRKLARINGAR

### BILÅTERVINNING

I Sverige skrotas uppskattningsvis 150 000 personbilar varje år. Ca 98% av stålet i bilarna återvinns. I USA använder stålindustrin 13 miljoner ton stålskrot från bilar varje år, nära en fjärdedel av den totala konsumtionen av stålskrot i landet.

Återvinningen av bilar går till så att man först avlägsnar och säljer alla återanvändbara delar. Sedan tas de delar bort som kräver särskild behandling, t ex däck, vätskor och batterier. Slutligen pressas och krossas (fragmenteras) resterande delar som sorteras i kategorierna stål, andra metaller samt övrigt material. Stålet avskiljs magnetiskt och säljs till stålverket för omsmältning och tillverkning av nytt stål, kanske för användning i nya bilar.

### BIOSFÄREN

Sammanfattande namn på de delar av jorden där liv kan förekomma. Biosfären omfattar livet i atmosfären (luften), hydrosfären (vattnet) och litosfären (marken).

### BJÄLKLAG

Bärverk för golv och tak mellan byggnadens våningsplan.

### CFC

Samlingsnamn för en grupp klor-fluor-karboner (CFC-föreningar) som används i bl a kylskåp, sprayburkar och skumplast. CFC-föreningarna är mest kända för att bryta ner det ozon (O<sub>3</sub>) som skyddar oss mot skadlig ultraviolett (UV) strålning. Ett känt produktnamn är freon, vilket i dagligt tal brukar betecknas CFC. Se även kapitel 6.

### DENSITET

Vikt per volymenhet.

### ENERGIÅTERVINNING

Återvinning genom utvinning av energi. Lägsta formen av återvinning.

### FAS

De tre fundamentala faserna utgörs av tillstånden fast, flytande och gas. Ibland betecknas även plasma som ett fjärde tillstånd. Plasma är en gas av partiklar som samverkar genom krafter med lång räckvidd.

### FRAGMENTERA

Sönderdela i mindre delar (fragment).

### GEOLOGI

Läran om jorden (litosfären) och dess egenskaper.

### GRUVHANTERING

Samlingsord för malmbrytning och mineralberedning.

### HYDROSFÄREN

Jordskorpanns vattenhölje, t ex hav, sjöar och floder. Av grekiskans hydor (vatten) och sfaira (klot).

### HYTTSTEN

Långsamt avsvalnad masugnsslagg som är mörk och ogenomskinlig och som innehåller stora mängder kalcium, kisel, magnesium och aluminium. Snabb avsvalnning ger ett glasliknande material, s k hyttsand.

### HÅLLBAR UTVECKLING

Utveckling under lång tid utan att göra avkall på miljö, hälsa, ekonomi och andra välfärdsfaktorer.

Oberoende av material så är funktionskraven likvärdiga vad gäller hållbarhet, stabilitet, värmeisolering, brandmotstånd m m.

Precis som för bilen gäller för bostadshuset att den allra största delen av miljöbelastningen sker under driftstiden, d v s under den tid som byggnaden används. Detta är i Sverige i huvudsak kopplat till uppvärmning av bostaden.

Livslängden för ett bostadshus kan variera från ett tiotal år till flera hundra år. Stålkonstruktionen i ett bostadshus har så mycket längre teknisk livslängd än själva byggnaden att den med fördel kan återanvändas om delarna kan behållas intakta i samband med rivningsarbetet.

Lättbyggnad med stål är ett exempel på ett miljö- och kretsloppsanpassat byggande som uppfyller alla dagens funktionskrav. Lättbyggnad blir allt vanligare för både småhus och flervåningsbyggnader.

Lättbyggnad är att bygga med tre material: stål, mineralull och gips. Alla tre har mycket goda miljöegenskaper och väl fungerande kretslopp.

Inner- och ytterväggar byggs med en stomme av *tunnplåtsreglar* och bjälklagen kan utgöras av profilerade stålreglar och *trapetsprofilerad* stålplåt. På så sätt skapar man en hållbar byggnad, 4-6 gånger lättare än konventionella byggnader av betong. Därav namnet lättbyggnad.

Eftersom delarna i en lättbyggnad och andra typer av stålkonstruktioner enkelt kan skruvas ihop likt en färdig byggsats, är det dessutom lätt att demontera byggnaden och att återvinna eller återanvända komponenterna. Framöver kommer fler byggnader att ”konstrueras för att återvinnas”, d v s man anpassar byggnaden så att komponenterna ska gå att återvinna eller återanvända till så stor del som möjligt.

## KONSERVBURKENS ÅTERVINNING

En konservburk av stål är ett exempel på en förpackning som har ett relativt snabbt kretslopp. Återvinningsgraden beror på hushållens förmåga att återlämna den förbrukade burken. Idag återvinns ca 25 000 ton stålförpackningar från de svenska hushållen. Men många burkar, lock, kapsyler och annat följer med våra hushållssopor till värmeverk eller sottippar i stället för att återvinnas. Totalt konsumerar vi svenskar ca 40 000 ton stålförpackningar per år. Målet för den förordning om *producentansvar*

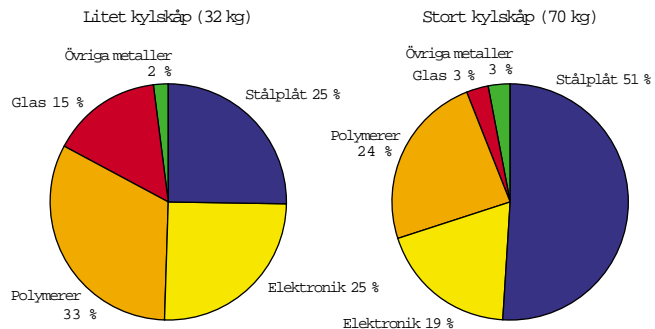
för förpackningar som infördes 1997 är att över 50 % skall återvinnas – ett mål som idag uppfylls för stålförpackningar.

Stålburken kan återvinnas för att användas i nästan alla typer av skrotbaserade stålprodukter.

En konservburk består vanligen av förtennad tunnplåt som pressformas, svetsas eller formas till en behållare. Utanpå limmas vanligen en pappersetikett. I konservburkens begynnelse använde man bly som tätningsmedel, men det slutade man med för länge sedan när man konstaterat förgiftningssymptom hos bl a sjömän. Dagens burkar avger inga farliga ämnen som påverkar innehållet eller den som tar del av det.

## STÅL I KYLSKÅPET

Kylskåpet är en vitvara som idag finns i nästan varje hushåll. Kylskåpet har löst problemet med lagring av livsmedel under det senaste århundradet. Den ursprungliga idén till kylskåpet kom från Albert Einsteins examensarbete som student på universitetet. Svenskarna Baltzar von Platen och Carl Munters förverkligade idén och startade tillverkningen 1925. Ett litet kylskåp består numera av nära 50 % stål av olika sorter och ett större av ca 70 % stål. Resten är plaster, glas, *köldmedium* och andra metaller. Cirka 400 000 *kylmöbler* säljs varje år i Sverige och nära 300 000 stycken skrotas.



*Kylskåpets beståndsmaterial i ungefärliga siffror.*

Miljödebatten kring kylanläggningar har nästan utslutande handlat om köldmediet och energianvändningen. När man förstod att CFC bryter ner ozonskiktet i stratosfären har dess användning helt förbjudits i de

flera industrialiserade länder. Avvecklingen av CFC som köldmedium pågår i många utvecklingsländer – se vidare kapitel 6. Det första CFC-fria kylskåpet lanserades 1993. Vitvaror måste lämnas för återvinning till särskilda anläggningar för att köldmediet först skall kunna tas omhand och förstöras innan övriga komponenter återvinns eller deponeras. De flesta komponenterna i ett kylskåp material- eller energiåtervinns. Återvinningen av stålet i ett kylskåp påverkas inte av köldmediet.

Dagens normalstora kylskåp använder ca 0,5 kWh energi per dygn, vilket är flera gånger mindre än för några år sedan. Utvecklingen går mot ännu energisnålare kylskåp. Den energi som används av ett modernt kylskåp under ett år motsvarar ungefär energin för att producera stålprodukterna i samma kylskåp.

De stora vitvaruproducenterna är mycket aktiva inom flera miljöområden vilket leder till hårda miljökrav på materialleverantörerna. Stål är därför ett material man väljer att behålla.

## ÅTERVINNING OCH ÅTERANVÄNDNING

I tidigare kapitel har vi sett olika exempel på *stålåtervinning*. Men stål innehåller mer än bara järn. Stålskrot med stort innehåll av legeringsmetaller, t ex rostfritt stål, har högt värde och kan lätt återvinnas.

Beteckningar som återvinning och *återanvändning* rangordnas enligt den förändring av produkten det innebär. Återanvändning av produkten utan bearbetning är den högsta formen av återvinning medan *energiåtervinning* är den lägsta formen.

Vilken återvinningsform som är bäst från miljösynpunkt kan variera från fall till fall.

Återanvändning innebär att man använder produkten på nytt i ursprungligt eller bearbetat skick. Vanligen gäller regeln: ju mindre bearbetning desto mindre *miljöpåverkan*.

Återvinning kan indelas i *materialåtervinning* och *energiutvinning*. Materialåtervinning innebär att man använder materialet i produkten som råvara vid framställning av nytt material av samma sort. Vanligen har man då tillgång till en bra råvara. Oftast blir miljöpåverkan mindre vid tillverkning från återvunna råvaror – dock inte alltid.

Energiutvinning sker när produktens inbyggda energi tas tillvara genom förbränning. Detta gäller t ex för trävaror,

### ISOTOP

Atom med samma antal protoner som grundämnet, men annan massa p g a annat antal neutroner.

### JÄRNMALM

Järn finns naturligt i jordskorpan i så stora mängder att det i praktiken kan betraktas som en oändlig resurs. Det är idag bara ekonomiskt lönsamt att utvinna järn ur mineraler med höga järnkonzentrationer och det är först då den kallas malm. Malm är alltså enbart en ekonomisk term. Dagens brytvärda järnmalm innehåller mellan 30 och 70 viktsprocent järn. Svensk järnmalm innehåller idag cirka 63 % järn, vilket är en mycket hög siffra internationellt sett. I Sverige bryts årligen nära 21 miljoner ton (1998), varav cirka 75 % exporteras. I världen bryts över 1 000 miljoner ton varje år.

### KAROSS

Det skal av tunnplåt som omger bilen för att skydda bil och passagerare mot lättare yttre påverkan.

### KEMISK FORM

Metaller kan förekomma i olika kemisk form som ren metall, legering, fri jon eller jon bunden till andra ämnen som t ex salter eller organiska komplex. I de olika formerna har metallen helt olika egenskaper. Metaller kan därför inte betraktas som en enhetlig grupp när det gäller hur de kan påverka miljö och hälsa.

### KORRODERA

Vanligen: metall och syre som reagerar och bildar en oxid. Ett vanligt ord för järnets korrosionsprodukt är "rost".

### KYLMÖBEL

Gemensamt ord för kylskåp, frys och sval.

### KÖLDMEDIUM

Det ämne som används i en kylanläggning med förångningskylprocess. Vanliga köldmedier är s k halogenerade kolväten, t ex CFC, men även ammoniak. CFC håller på att avvecklas helt p g a dess stora inverkan på stratosfärens skyddande ozonskikt.

### LITOSFÄREN

Jordskorpan, d v s jordklotets yttersta stela skikt. Av grekiskans lithos (sten) och sfaira (klot). Benämns ibland även Geosfären, av grekiskans ge (jord).

### LIVSCYKEL

Tidsperioden från födelse till död eller återuppståndelse. Uttrycket "från vaggan till graven" är vanligt förekommande i miljösammanhang.

### MATERIALÅTERVINNING

Återvinning av material i en produkt. Det återvunna materialet används som råvara för produktion av nytt material.

### MILJÖPÅVERKAN

Konsekvens av en verksamhet som inverkar på miljöns beskaffenhet.

### POLYMER MATERIAL

Material som består av flera delar (poly = fler/många, meros = del). Oftast organiska ämnen som består av kedjeformiga molekyler. Syntetiska polymerer finns i t ex plaster, lim, gummi, lack och textilier.

### PRODUCENTANSVAR

Producentens, importörens och försäljarens ansvar för att den färdig-använda produkten insamlas och återvinns. Insamlingen av förpackningar finansieras av förpackningsavgifter till REPA (Register för Producentansvar). Avgiften år 1999 för metallförpackningar var 1 kr/kg.



*Gjutning av stålarmerad betongbyggnad.*

de flesta plaster och andra oljebaserade produkter. Energin kommer hushåll och industrier tillgodo t ex genom lokal distribution av vattenburen fjärrvärme.

För att kunna tillverka nytt prima material från återvunnet material krävs att dess kvalitet inte går förlorad. Stål är i det närmaste ett unikt material genom att man undviker kvalitetsförluster i samband med återvinningen, s k downcycling. Andra metaller och t ex glas går också bra att materialåtervinna. Innehållet av legeringsämnen kan skapa vissa begränsningar för vilka produkter det återvunna materialet kan användas till.

Allt stål går att återvinna oavsett hållfasthet, legeringsinnehåll eller ålder. Man kan även återvinna den korrosionsskyddande zinken. När man smälter ner förzinkat skrot förgasas zinken och följer med ugnsgaser och stoft till ett reningsfilter där zinken samlas i stoftet som avskiljs. Stoftet sänds sedan till en anläggning för framställning av ny prima zink. Zinkens kokpunkt (förgasningstemperatur) är ca 907°C, d v s betydligt lägre än stålets smältpunkt.

Kvarsittande färger kan användas som energiråvara och behöver därför inte avlägsnas före återvinning. Numera finns även teknik och utrustning för att återvinna stål ur elektronikskrot, t ex från datorer. De ingående komponenterna *fragmenteras* och sorteras i olika processteg beroende på *densitet* och magnetiska egenskaper. Just kol-

stålets magnetiska egenskap gör det lätt att skilja från blandat avfall.

Stål går även att återvinna från stålarmerade betongkonstruktioner. Den armerade betongen krossas och stålet avskiljs med en magnet. Processen är ganska dyr, men eftersom efterfrågan och användbarheten hos återvunnen betong ökar kommer även armeringsstål i framtiden att återvinnas mer än idag. Förr deponerades man nästan allt byggavfall oavsett materialinnehåll, men dessa deponier kan komma att användas som råvarudepåer i framtiden tack vare ökad miljömedvetenhet, ny teknik och nya politiska och ekonomiska riktlinjer.

Andra material i bl a byggbranschen återvinns idag vanligen till mellan 5 och 50 %, d v s betydligt mindre än för stål. Dessa återvinningsandelar förväntas öka för varje år tack vare kretsloppsanpassningen och vår strävan mot en hållbar utveckling.

Handeln med stålskrot sker i stor skala inom och mellan olika länder. Kvalitetskraven på skrot är minst lika högt ställda som för de flesta råvaror. Stålskrotets innehåll och kvalitet regleras genom branschöverenskommelser på både nationell och EU-nivå.

Exempelvis råder krav på att skrotet inte får innehålla explosiva eller radioaktiva komponenter. Inte heller får det vara förorenat med organiska eller mineraliska material eller med kvicksilver. Beroende på skrottyp skall det också vara fritt från t ex koppar, tenn och bly.

Skrotet sorteras noggrant i bestämda kategorier baserat på ursprung, dimensioner och legeringsinnehåll. Anläggningar för återvinning av stålskrot finns över hela landet.

Återanvändning av stålkomponenter sker ännu inte i särskilt stor skala, även om det förekommer på flera håll. De större stålkonstruktioner som ibland återanvänds i sin helhet är hallar, master, formställningar, *spanter*, samt vissa typer av broar.

## HANTERING AV RESTPRODUKTER

Stålindustrierna producerar inte bara stål utan alstrar även en hel del andra produkter och material i de olika processerna. Generellt kan vi kalla dessa produkter för restprodukter, vare sig de är målmedvetet framställda produkter (biprodukter), råvaror till någon annan industri eller verksamhet, avfall för lagring eller deponering eller miljöfarligt avfall för särskild behandling.



Exempel på restprodukter som upparbetas till nytt prima material eller används som råvaror inom egna eller andra verksamhetsområden är olika slaggar, gasreningsstoft, koksgas eller andra energiinnehållande gaser och vätskor.

Upparbetningen och användningen av de förädlade produkterna innebär stora miljömässiga besparingar. Av de ca 2 500 kg råvaror som används för att producera 1 ton stål, deponeras eller lagras idag endast ca 60 kg restprodukter.

Masugnsslagg (*hyttsten* och hyttsand) används som vägbyggmaterial eller som råvara vid tillverkning av cement, glas och mineralull. Järnoxid är också en användbar restprodukt. Ren järnoxid framställs för användning inom bl a elektronikindustrin, läkemedelsindustrin och för tillverkning av färger. Järnoxid kommer främst från återvinning av förbrukad saltsyra från betningsprocesser.

Filterstoft och annat finpartikelmaterial med höga halter av zink, nickel och krom kan med fördel upparbetas till ren metall igen. Det kromnickelhaltiga stoftet blandas med sand och koks och injiceras i en plasmaugn vid höga temperaturer där metalloxiderna reduceras till rena metaller. Man erhåller då även energirik gas och ca 17 % slagg. 100 kg stoft genererar ca 65 kg metall. Zinkrikt stoft skickas till zinkproducerande verk för återvinning.

Även i andra processteg än själva stålproduktionen uppstår diverse restprodukter, t ex vid malmbrytning och bearbetning av stålet till olika stålprodukter. Den svenska *gruvhanteringen* förorsakar i ett internationellt perspektiv relativt liten åverkan på markytan, främst tack vare att järnmalmsbrytningen sker under jord. De restprodukter i form av gångart eller gråberg som inte används inom t ex byggindustrin läggs på permanenta eller temporära upplag.

Vid mekanisk bearbetning av stålprodukter uppstår en mindre del restprodukter, t ex tillskärningsspill som helt och hållet används som stålråvara. Internskrot (egen-genererat stålskrot) går direkt tillbaka till processen. Annat skrot förmedlas via metallåtervinningsföretag.

Järnverk och stålverk omsätter ganska stora energimängder. Vid stålindustrins högtemperaturprocesser får man restenergi som kan återvinnas. Järnverk och stålverk levererar mycket energiråvara i form av koksgas, masugnsgas, konvertergas samt hetvatten till hushåll, andra industrier och för intern användning. Andra viktiga biprodukter från ett koksverk är bitumen (som bl a används för tillverkning av asfalt), stenkolstjära, bensen och svavel.

#### **SPONT**

Stålpålar som slås ner i marken och sammanfogas till väggar. Används främst för att förstärka mark och förhindra ras eller vatteninträngning

#### **STOMME**

Det skelett som bär upp och stabiliserar byggnadens konstruktion, antingen ensam eller tillsammans med andra komponenter.

#### **STÅLARMERAD BETONG**

Betong som förstärkts med stänger av stål, s k armeringsstål. Stål och betong samverkar så att betongkonstruktionen bl a kan klara dragspänningar.

#### **STÅLÅTERVINNING**

Varje år återvinns ca 400 miljoner ton järn och stål i världen och långt mycket mer är i omlopp ute i samhället i fordon, maskiner och fasta anläggningar i väntan på att stålet ska återvinnas till nytt stål i framtiden.

#### **TEKNOSFÄREN**

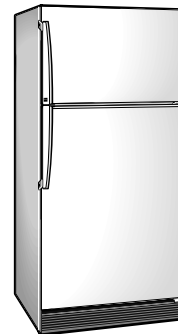
Ungefär: sammanfattande benämning av det globala flödet av de material och produkter som inte är producerade av naturen.

#### **TRAPETSPROFIL**

Särskild vågform (vågig profil), s k trapetsprofil, som man åstadkommer på tunnplåt med rullformning för att öka dess bärförmåga.

#### **TUNNPLÅTSREGEL**

Bockad profil av kallvalsad stålplåt med godstjocklek vanligen mellan 0,5 och 1,5 mm. Kan utformas på många sätt, men vanliga tvärsnittsformer är C-profil och Z-profil.



#### **VITVAROR**

Gemensam benämning för spisar, kylskåp, frysar, tvättmaskiner och andra liknande hushållsprodukter. Den vanliga vitfärgade emaljeringen har gett upphov till namnet. Numera används även andra vita färger och lacker.

#### **ÅTERANVÄNDNING**

Återvinning av en produkt som kan användas i befintligt skick eller efter viss tillsyn. Högsta formen av återvinning.

#### **ÅTERVINNING**

Nyttiggörande av restprodukt. Indelas i återbruk, materialåtervinning eller energiåtervinning.

A close-up, blurred photograph of hands typing on a computer keyboard. The image has a soft, out-of-focus quality with a blueish tint. A large, white, stylized number '3' is overlaid in the center of the image, with a thin black outline. The background shows the keys of a keyboard and the movement of fingers, but they are not sharp.

3

# Ståltillverkningen

## FRÅN MUSKELKRAFT TILL DATORKRAFT

Utgångsmaterialet för ståltillverkning är järnmalm (järnoxider) som reduceras med kol till *råjärn*. Råjärn i fast form kallas *tackjärn*. Namnet tackjärn lever kvar från förr i tiden när allt råjärn göts till stycken, s k tackor. I dag används det mesta råjärnet direkt i flytande form för ståltillverkningen.

Ståltillverkningen har genomgått stora förändringar i takt med att kunnandet och tekniken har utvecklats. Från början gällde enbart muskelkraft. Järnmalmen bröts och lastades för hand och fraktades med häst eller oxar till järnbruket. Hästar och oxar släpade fram det för tillverkningen nödvändiga kolet. Tillverkningen av järn i dåtidens s k blåstor, sedermera hyttor, var manuell liksom de processer som utnyttjades för att från järnet göra smidbart stål.

Smidbart järn, d v s stål som kunde formas genom mekanisk bearbetning med hammare och andra handverktyg, tillverkades så sent som på 1960-talet som en sorts halvfast stål. Kända metoder var bl a *vallonsmidet* och senare *lancashiresmidet*. Vallonsmidet förde med sig en omfattande invandring till Sverige av duktigt yrkesfolk från Mellaneuropa. Men långt innan den sista lancashiresmidjan i Sverige lades ner dominerade andra metoder för stålframställning.

Möjligheterna att utnyttja andra kraftkällor – först vattenkraft, sen ångkraft och till sist elektricitet – medförde stora förändringar. I Sverige utvecklades bessemerprocessen, en konverterprocess som innebar att råjärnet kunde färskas till stål genom att luft blåstes genom ugnsbotten i det flytande råjärnet varvid kolhalten sänktes. De mellan-svenska malmernas låga halt av fosfor gjorde dem speciellt lämpliga för bessemerprocessen. En vidareutveckling av bessemerprocessen ledde till thomasprocessen där även fosforrika malmer kunde användas. Slaggen efter thomasprocessen kunde användas som gödningsmedel i jordbruket, s k thomasfosfat.

Thomasprocessen medförde att de rika malmföremkomsterna i bl a Kiruna och Malmberget kunde utnyttjas. Samtidigt som bessemerprocessen infördes kom också martinprocessen. I den kunde man smälta stora mängder skrot d v s materialåtervinna uttjanta produkter.

Järn och stål är tunga material och tillverkningsprocesserna sker vid hög temperatur. I dag har maskinutrustning och elektronik tagit över det mesta av muskelkraften. Yrkeskunnandet som alltid varit ett kännetecken för svensk kvalitet när det gäller svensk ståltillverkning har idag stor hjälp av datorer och IT.

## STÅL OCH STÅLSORTER

Stål kallade man ursprungligen en legering av järn med kol där man genom olika metoder avlägsnat det mesta av det kol som blandats med järnet under reduktionsprocessen. I reduktionsprocessen förädlas järnmalm till järn.

Stål är numera ett samlingsord för flera olika slags legeringar. Stållegeringar får man fram när man i smält tillstånd blandar järn med metalliska och icke metalliska grundämnen så att nya material skapas. Legeringar har ofta nya egenskaper som helt skiljer sig från de ingående grundämnens egenskaper. Resultatet blir ett stort antal *stålsorter*. Det som kännetecknar dessa är att järn ingår som den främsta komponenten i materialet.

Stålsorterna – de olika legeringarna – är anpassade till de produkter som ska tillverkas av stålet. För att för enkla något skiljer man stålsorterna åt i grupper. Några viktiga grupper av stålsorter och deras användningsområden beskrivs nedan.

## OLEGERADE OCH LÅGLEGERADE STÅL

Med **konstruktionsstål** menar man stål där järnet legerats med bl a kol, kisel och mangan i olika halter. Legeringens



*Byggkranar som konstrueras i höghållfast stål kan göras både lättare och smidigare än kranar, med samma hållfasthet, som konstruerats i konventionellt stål.*

sammansättning beror mest på vilka värden man vill ha på stålets hållfasthet mot mekanisk påkänning. Exempel på användningsområden för konstruktionsstål är master, lyftkranar och tankar.

**Höghållfasta stål** är konstruktionsstål som även innehåller små mängder av t ex bor, kväve eller andra grundämnen. Genom val av legering och olika typer av bearbetning och värmebehandling kan man öka stålets hållfasthet.

Exempel på användning är t ex byggkranar och säkerhetsdetaljer i bilar, t ex krockskydd. Här eftersträvar man att minska vikten på den färdiga konstruktionen utan att ge efter för kraven på styrka.

Konstruktionsstål och höghållfasta stål har relativt liten mängd legeringsämnen, därför kallas de låglegerade stål.

## HÖGLEGERADE STÅL

**Rostfria och syrafasta stål** är legeringar där krom och nickel, samt vid syrafasta stål även molybden, är väsentliga legeringsämnen. De används, som framgår av namnet, när motstånd mot rostbildning, korrosion, önskas.

Man använder oftast dessa stål i frätande miljöer, t ex där man har höga hygieniska krav. Bra exempel är rostfria diskbänkar, bestick, hushållsredskap, medicinska utrustningar och detaljer som t ex höft- och knäledsproteser.

**Värmebeständiga stål** är vissa rostfria stål som används där man kräver motstånd mot höga temperaturer, t ex i värmeanläggningar och teknisk utrustning inom industrin.

**Verktøgsstål** används som framgår av namnet för tillverkning av verktyg. Utmärkande för verktygsstål är att de har hög motståndskraft mot förslitning. Denna egenskap uppnås genom att stålet legeras med en relativt hög halt av kol och ämnen som krom, volfram, molybden, kobolt, titan, vanadin m fl. En speciell grupp av verktygsstål är **snabbstål** som används till bl a borrar, fräsar och gängtappar.

## FRÅN JÄRNMALM TILL STÅL

Den väsentliga råvaran för tillverkning av järn är järnmalm. Dessutom krävs ett reduktionsmedel som vanligen utgörs av koks, kol och/eller reducerande gas. Slutligen krävs ett slaggbildande material som kan ta upp olika förorenande element. Föroreningar skulle annars bli kvar i det bildade järnet och vara skadliga för järnets fortsatta användning. De viktigaste förekommande råvarorna för

framställning av järn är:

- järn i form av oxider – järnmalm
- kol i form av koks
- reducerande gas framställd av naturgas
- kisel i form av t ex legering mellan järn och kisel – ferrokisel
- kalksten.

## JÄRN SOM RÅVARA

Rent järn förekommer ytterst sparsamt i jordskorpan. Däremot är järn bundet i föreningar med andra grundämnen som syre, svavel, klor m fl. För utvinning av järn är i praktiken föreningarna med syre de helt dominerande. Malmen, eller mineralen kallas för magnetit (svartmalm) eller hematit (blodstensmalm) beroende på vilken typ av syreförening som är företrädande.

Magnetiten, svartmalmen, har fått sitt namn efter sina magnetiska egenskaper. Om den repas mot en ofärgad yta får man ett svart streck. Dess kemiska beteckning skrivs ofta  $Fe_3O_4$ . Magnetiten är dock en blandoxid varför det är mer korrekt att skriva  $FeO \cdot Fe_2O_3$ .

Hematiten, blodstensmalmen  $Fe_2O_3$ , har fått sitt namn av en annan egenskap: om den repas mot en yta efterlämnar den ett blodrött streck.

Att bryta järnmineral lönar sig först om den är tillräckligt koncentrerad i den omgivande bergarten – i gråberget eller gångarten. Det är oundvikligt att gråberg följer med vid brytningen. Efter brytningen krossas materialet och

därefter avskiljs malmen från gångarten, s k anrikning.

När man bryter magnetit sker avskiljning med hjälp av magnetisk separation. Den anrikade produkten kallas *slig*.

## SINTRING OCH PELLETISERING

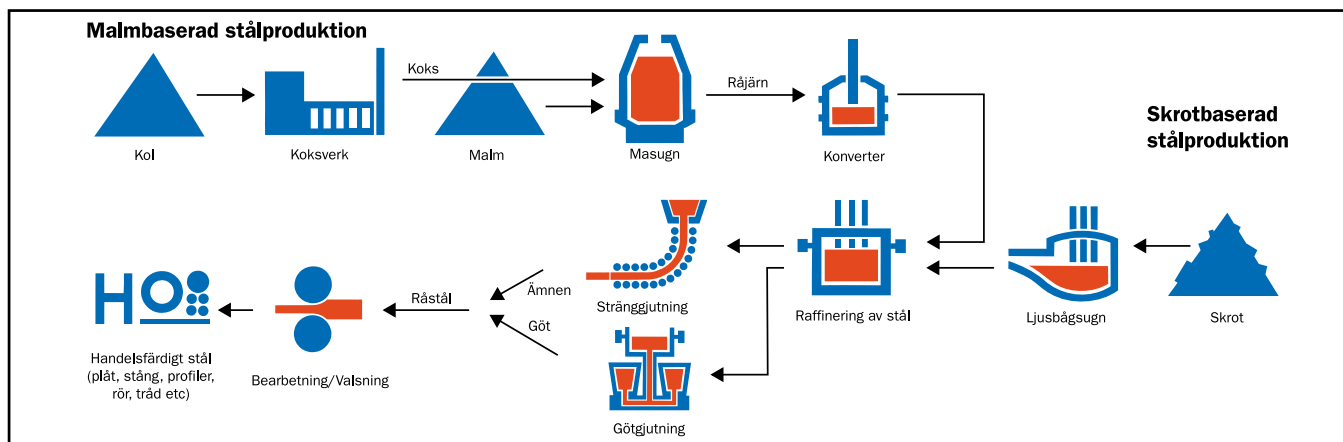
Sligen är för finkornig för att kunna användas i efterföljande processer där oxiderna skall reduceras, d v s befrias från sitt syre. Därför krävs det en förberedande process. Den görs normalt på två olika sätt – *sintring* eller *pelletisering*.

Vid sintringsprocessen blandas sligen med kalk och kol i form av koks-grus på en bädd som värms upp kraftigt. Den starka värmen gör att bädden bränns ihop till en porös massa som sedan krossas till lämpliga stycken.

Pellets framställs genom att mycket finkornig slig, slaggbildare och lite vatten matas in i en roterande trumma. Under roteringen bildas då alltmer växande kulor av blandningen. När kulorna nått lämplig storlek matas de ut ur trumman. Kulorna, eller pelletsen, går sedan till bränning för att de skall få den hållfasthet som efterföljande processteg kräver.

## MALMBRYTNINGENS MILJÖPÅVERKANDE FAKTORER

Utvinning av den järnbärande råvaran påverkar naturmiljön i större eller mindre grad. För det första utnyttjar man naturresurser. För det andra uppstår biprodukter och restprodukter vid framställningsprocesserna som skulle kunna påverka miljön om man okontrollerat skulle tillåta utsläpp i luft och vatten.



Järnmalm liksom kalksten och silikater är mycket vanligt förekommande. Brytningen av dessa råvaror har därför inte någon större påverkan på jordens resurser. Energiförbrukningen är låg i förhållande till verksamheternas totala omfattning och betydelse. Det har tidigare nämnts det oundvikliga i att det vid brytningen av mineralerna även följer med avsevärda mängder av omgivande gråberg, något som sedan avlägsnas genom olika anrikningsmetoder. Gråbergsresterna *deponeras* eller används som fyllnadsmaterial. Förädlingen av mineralet (sligen) genom sintning medför stora utsläpp till luft av framför allt svaveldioxid och kväveoxider men även organiska ämnen. Järnframställningen i Sverige baseras idag på uteslutande pellets. Pelletisering ger motsvarande utsläpp men i mindre mängder.

## KOL SOM RÅVARA

Tillverkningen av järn baseras idag mestadels på *stenkol*. Men den form av stenkol som finns är inte lämplig för direkt användning. Stenkol innehåller alltför stora mängder av olika ämnen som måste avlägsnas för att få fram den produkt som vi kallar *koks*.

## HUR MAN TILLVERKAR KOKS

Flertalet malmbaserade järnverk har idag egna koksverk som tillverkar den koks som processerna kräver. Biprodukterna – koksgas mm – som uppstår används antingen direkt i den egna verksamheten eller säljs externt.

Koksningen sker i smala ugnar uppställda i batterier med mellanliggande eldningskanaler där en del av den koksgas som bildas används för eldningen av ugnarna. Ugnarna fylls med den stenkol som skall koksas. I de slutna ugnarna sker utan lufttillförsel en torrdestillation så att ett flertal flyktiga föreningar avdrivs i gasform. När all gas avdrivits trycks den färdiga koksen ut ur ugnarna och släcks snabbt med vatten för att den inte skall brinna upp när den nu har kontakt med luftens syre.

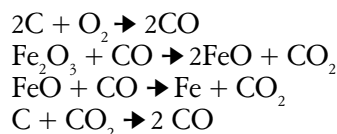
Koksgasen innehåller många ämnen. Gasen renas i biproduktverket där många biprodukter framställs som kan säljas på marknaden: tjära, naftalin, svavel, ammoniak och råbensen. Den renade koksgasen används både för att värma koksbatterierna, till olika processer i den egna tillverkningen samt för kraft- och värmealstring både externt och internt.

## KOKSNINGENS MILJÖ- PÅVERKANDE FAKTORER

Utsläppen till luft från koksningen är stoft, koldioxid, kväveoxider, svaveldioxid, polyaromater samt smärre mängder metaller bundna till stoftet. En stor del av reningen sker genom användning av vatten varvid bl a ammoniumkväve och syreförbrukande ämnen släpps ut till vatten.

## SÅ GÖR MAN RÅJÄRN AV MALM

Även om man genom åren har utvecklat många metoder för att reducera järnmalm till järn är den så kallade masugnprocessen fortfarande den helt dominerande. Masugnen består av ett schakt, där man överst tillsätter (chargerar) pellets eller sinter och koks. I nedre delen blåser man in luft genom sk formor. Luften är förvärmad till hög temperatur (>1 000°C). Syret i luften förenar sig med kolet i koksen och bildar koloxid som strömmar uppåt och möter malmen och kokset som rör sig nedåt. Malmen reduceras och värms upp av den heta gasen (masugnsgasen) som därför förlorar huvuddelen av värmen innan den lämnar ugnen. Ett flertal kemiska reaktioner sker i masugnen men de viktigaste är:



Förutom koks och sinter eller pellets tillförs även slaggbildande material. Slaggen som bildas tar upp föroreningar från koksen och gråberget. Slaggen, som är lättare än järnet, flyter ovanpå och kan tappas av separat.

## MASUGNENS MILJÖPÅVERKANDE FAKTORER

Grunden för råjärnframställningen är reduktion av järnoxider med hjälp av kol. Det innebär att koldioxid släpps ut till luften. Genom successiv utveckling av masugnprocessen har man fått ett allt högre utnyttjande av det kol som tillförs. Det innebär att det bildas allt mindre



*I pilotmasugnen bar man möjlighet att ta reda på följer av förändringen i processen innan det utförs i stor skala.*

koldioxid per ton tillverkat råjärn. Masugns gasen innehåller förutom koldioxid även bl a koloxid och kan därför användas som ett lågvärdigt bränsle.

Fasta restprodukter från råjärnstillverkningen är slagg samt stoft och slam från gasreningsfilter. Det grova stoftet kallas hyttsot och kan återvinnas. Slaggen används för många olika ändamål som t ex cement eller vid anläggningsarbeten (vägbyggnad).

## SÅ GÖR MAN STÅL

Råjärn innehåller 3–4 % kol och blir därigenom så sprött att det inte kan formas. Alltså måste det mesta av kolet avlägsnas. Dessutom skall legeringsämnen av olika slag tillsättas för att de olika stålsorterna ska få önskade egenskaper. De i dag helt dominerande processerna för stål-tillverkning är syrgasprocesser – framför allt LD-processen – i integrerade verk och tillverkning i elektrostål-ugnar (ljusbågsugnar) i skrotbaserade verk.

## INTEGRERADE VERK GÖR STÅL AV RÅJÄRN

Stålverk som själva tillverkar basråvaran råjärn brukar man kalla integrerade verk. Att göra stål av råjärn går till så här:

Det flytande råjärnet tappas i en syrgaskonverter (LD-konverter). Konvertern är ett stort kärl som är inklätt med en eldfast infodring. Syrgas, som tillförs uppifrån genom en lans, reagerar med kolet i råjärnet och bildar koloxid. I processen uppstår ett värmeöverskott som utnyttjas för skrotsmältning. 15–20 % av järnråvaruinsatsen kommer från skrot. Stålet transporteras därefter till en efterbehandlingsstation för slutjustering av analysen och eventuellt även av temperaturen.

## SKROTBASERADE VERK GÖR STÅL AV SKROT

Stål är ett kretsloppsanpassat material som kan återvinnas i praktiskt taget obegränsad omfattning. Det innebär att vi har många skrotbaserade stålverk. De flesta stålverk som tillverkar legerade stål använder skrot som en väsentlig råvara i sin tillverkning.

Den vanligaste utrustningen i skrotbaserade stålverk är en elektrisk ljusbågsugn för smältning av skrotet, en skänkbearbetningsanläggning för slutjustering av temperatur och analys samt en stränggjutningsanläggning. För tillverkning av rostfria stål har man också en s k AOD-konverter efter ljusbågsugnen.

Utseendemässigt skiljer sig det skrotbaserade verkets AOD-konverter inte mycket från det integrerade stålverkets LD-konverter. Processtekniskt är skillnaden att man förutom syrgas även tillför gasen argon. Genom denna utspädning av syrgasen kan man lättare kontrollera stålets kol- och kromhalt. Utan argon skulle värdefulla legeringselement oxideras och gå förlorade i slaggen.

Ljusbågsugnen består av ett eldfast kärl. Genom kärlets lock (valv) är tre elektroder nedstuckna. Kraftig ström leds till elektroderna och bildar elektriska ljusbågar som ger den energi som krävs för att smälta skrotet och legeringsämnen.

## ANDRA SÄTT ATT GÖRA STÅL

Förutom de två viktigaste processerna för tillverkning av olika stålsorter som vi redan har beskrivit, finns ett antal andra processer. De viktigaste är:

- HF-ugnar (högfrekvensugnar) som smälter om skrot i ett kärl omgivet av en elektrisk spole genom vilken högfrekvent ström leds.
- ESR-ugnar (elektroslaggraffinering) som har ett stålämne som elektrod. Stålämnet smälts ned och renas från inneslutna gaser eller föroreningar genom användning av speciella slagger. ESR-ugnar används när man vill tillverka mycket slaggrena, legerade stål.

## GJUTNING

När stålet har rätt sammansättning gjuts det. Det kan ske kontinuerligt i stränggjutningsmaskiner till ämnen med olika dimensioner. För plåt- och bandprodukter används platta format, s k slabs. För stångprodukter används mer eller mindre fyrkantiga format, s k blooms. Till trådprodukter används fyrkantiga format med klenare dimensioner, s k billets.

För vissa applikationer gjuts stålet i formar (kokiller) till göt.

## PULVERTILLVERKNING

Även om nästan all ståltillverkning avslutas med gjutning till solida ämnen, bör det dock nämnas att man kan tillverka en pulverformig produkt från det smälta stålet. Det gör man genom att blåsa sönder stålstrålen vid gjutningen med en kraftig tillförsel av argon. Då bildas små pärlor av smält stål. Resultatet blir ett pulver.

Pulvret kan sedan pressas till s k pulverkroppar, ofta till den form som den slutliga produkten skall ha. Genom påföljande värmebehandling görs produkten fast och hållbar.

## STÅLTILLVERKNINGENS MILJÖPÅVERKANDE FAKTORER TILL LUFT OCH VATTEN

Ståltillverkning ger upphov till att naturresurser utnyttjas utöver vad som krävs för själva tillverkningen av basråvaran järn. Främst krävs det legeringsmetaller. För de låglegerade stålen behöver man mangan och kisel som legeringselement i små mängder. Höglegerade stål innehåller krom, nickel, molybden, vanadin, wolfram, kobolt m fl, ofta i betydande mängder.

För smältning av skrot åtgår elektrisk energi. För att bilda de för processerna nödvändiga reaktionsslaggerna används kalk och *flusmedel*. Stålugnsslaggerna kan ibland användas som fyllnadsmaterial vid anläggningar eller som slaggbildare i masugnen.

Utsläppen från processerna inom ståltillverkningen är huvudsakligen:

### *till luft*

- utsläpp av stoft som bl a innehåller komplexa metall-oxider
- koldioxid
- kväveoxider
- kolväteföreningar

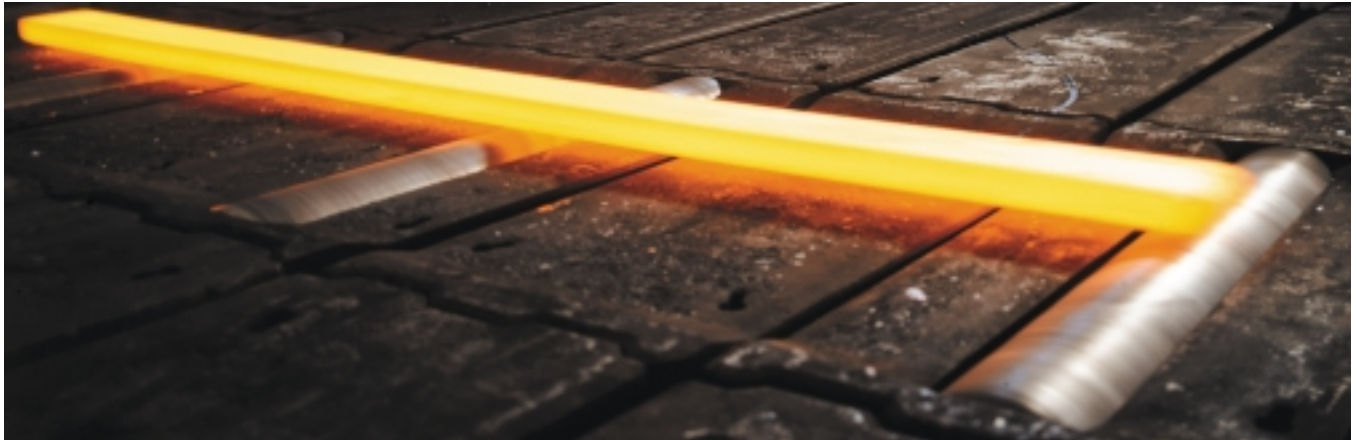
### *till vatten*

- utsläpp från stränggjutningsmaskiner av glödska-rester, oljor, fetter och smörjmedel





*Tappning av det färdiga stålet i en skänk. Skänken fungerar som ett transportkärl och transporterar det smälta stålet från ljusbågsugnen eller konverten till gjutningen.*



Efter gjutningen bearbetas stålet i olika plastiska processer till handelsfärdiga produkter t ex stänger.

## BEARBETNING

En liten del av det stål som tillverkas används för gjutning av detaljer (stålgjutgods). Största delen av allt stål bearbetas på annat sätt. Det innebär att det gjutna stålet formas till en önskad produkt genom att bearbetas i varmt eller kallt tillstånd med olika mekaniska metoder: tryck eller drag.

Bearbetningen syftar till att forma en produkt som är anpassad till efterföljande operationer och ändamål. Det viktigaste är kanske att genom bearbetning skapa många av stålprodukternas goda tekniska egenskaper.

När smält stål stelnar till en gjuten produkt består det av ett stort antal små korn. Kornen är visserligen små men är ändå för grova för att stålet skall ha de tekniska egenskaper som eftersträvas. Vi talar om att stålet har en grov struktur. Gjutstrukturen är dessutom mycket ojämn i kornstorleken och kornens kemiska analys kan variera avsevärt. Genom inverkan av *plastisk* bearbetning vid höga temperaturer får man en finkornigare struktur samtidigt som kornens analys likformas.

Den plastiska bearbetningen indelas i varmbearbetning och kallbearbetning.

## VARMBEARBETNING

Utmärkande för varmbearbetningen är att den sker vid hög temperatur, i regel i området 1 000–1 250°C. Vid dessa temperaturer är stålet mjukt (duktilt). Genom deformationen och påverkan av den höga temperaturen sker en

inre process som kallas rekristallisation. Den medför att stora korn ombildas till flera små. Den varma plastiska bearbetningen utförs på flera olika sätt.

De vanligast förekommande är:

- smidning
- valsning
- extrusion

Utmärkande för dem alla är att materialet upphettas före bearbetningen.

## VÄRMNING

Ugnar som används för värmning av stål före bearbetning kan vara kontinuerliga eller satsvisa. De kontinuerliga ugnarna indelas – beroende på sättet att förflytta stålämnen – i sk stegbalksugnar, genomskjutningsugnar eller roterhårdugnar. Ugnarna eldas normalt med gasol, olja, koksugns gas eller naturgas där sådan finns.

Det finns ett stort antal ugnstyper för satsvis charging. Några exempel är:

- *gropugnar*
- *kammarugnar*
- *vagnhårdugnar*

Ugns kroppens värme överförs till värmegodset på två olika sätt: genom strålning och konvektion. Strålning är

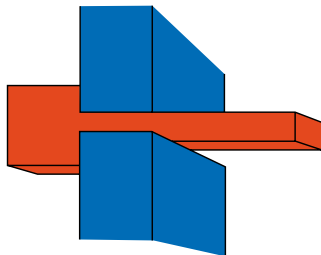
den värme som den lysande lågan och de lysande ugnsväggarna överför som ljusenergi. Konvektion är den del av värmen som de varma rökgasernas molekyler överför när de rent mekaniskt kolliderar med det material som skall värmas.

För att nå de höga temperaturer man vill ha spelar konvektionen en så stor roll att det – trots att många konstruktioner provats – visat sig vara oekonomiskt och i längden mer energikrävande att använda elektriska ugnar.

En speciell typ av värmning baserad på elektricitet finns dock i form av högfrekvensvärmning. Då sker värmningen genom att ämnet som skall värmas får passera genom en spole med högfrekvent växelström. Den här typen av värmning används när ämnets form är väl definierad och symmetrisk.

## SMIDNING

Att smida järnet är det äldsta sättet att plastiskt forma metalliska material. De första som använde metoden var troligen guld- och silversmeder. Länge var smidningen också den enda processen för att plastiskt bearbeta metaller. Vid smidning kan man antingen minska smidestyckets dimensioner eller också kan man åstadkomma bestämda, mer komplicerade former genom att smida i en form s k sänksmidning där utbredning sker i samtliga tre dimensioner.



## VALSNING

Vid valsning sker den plastiska bearbetningen genom att materialet som skall bearbetas dras genom en spalt mellan två roterande rullar, valsarna. Valspalten har mindre dimensioner än det ingående materialet.

Det finns ett antal olika valsverkskonstruktioner. De vanligaste är triovalsverk, duovalsverk och kvartovalsverk.

## ORDFÖRKLARINGAR:

### AOD

(Argon Oxygen Decarburization), en process för minskning av kolhalten i rostfria stål.

### BETNING

Process för borttagande av bl a järnoxid från varmbearbetat stål genom behandling med syra, i allmänhet svavelsyra eller saltsyra. För rostfritt stål används en blandning av salpetersyra och fluorvätesyra.

### DEFORMATIONSHÄRDNING

Vid bearbetning i kallt tillstånd blir materialet allt hårdare – det deformationshårdar. Genom att värma upp materialet över rekristallisationstemperaturen (650°C) får man en strukturförändring av stålet som gör det mjukare igen.

### DEPONERING

Placering av avfall inom avgränsat område. Indelas i kontrollerad eller icke-kontrollerad deponering.

### EMULSIONER

Uppslamning av ett olösligt ämne i en vätska. Av latinets emulgere (mjölka).

### FLUSSMEDEL

Ett material som ger en mer lättsmältande slagg tillsammans med kalk. Oftast används flusspat eller aluminiumoxid.

### GROPUGNAR

Ugnar som oftast finns i götvalsverk. Göten värms före valsning i ugnar som öppnas genom att taket – ”valvet” – lyfts av.

### KAMMARUGN

Ugn för satsvis värmning av material. Ugnen utgörs av ett slutet ugnsrum med en lucka som öppnas antingen genom att lyftas uppåt eller dras åt sidan.

### KOKS

Stenkol som torrdestillerats genom uppvärmning utan lufttillförsel. Koks används inom stålindustrin som reduktionsmedel, framför allt i masugnar (för omvandling av järnoxider till järn).

### LANCASHIRESMIDE

Äldre metod för framställning av smidbart järn (välljärn). Metoden infördes på 1830-talet till Sverige från England och var den helt dominerande välljärnsmetoden under andra hälften av 1800-talet. Metoden bidrog till att valsning i större utsträckning kunde användas för järnets utformning.

### LD

Linz-Donawitz. Förkortning efter två österrikiska stålorter.

### PELLETISERING

Tillverkning av järnmalmspelletts, små runda kulor (10–15 mm) bestående av finmald järnmalm som rullats ihop med bindemedel. Pellets är detsamma som kulsinter.

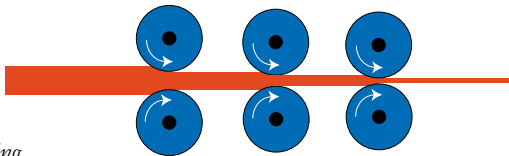
### PLASTISK

Mjuk och formbar. Av grekiskans plassein (forma).

De benämns efter antalet valsar.

Beroende på vilken typ av stålämne som valsas eller vilken dimension slutprodukten skall ha finns olika namn på valsverken:

- **Göt- och ämnesvalsverk** tillverkar ämnen för efterföljande bearbetning från mycket grova dimensioner på det ingående materialet.
- **Profilvalsverk** tillverkar profiler, t ex järnvägsräls och olika balkprofiler för byggnadskonstruktioner.
- **Stångvalsverk** valsar långsträckta produkter, som levereras i form av stänger. Stängerna håller oftast dimensioner under 50 mm i tvärsnitt. Slutprodukten kan även vara många skiftande tvärsnittsprofiler som t ex halv-runda, runda eller fyrkantiga.
- **Grovplåtvalsverk** producerar tjocka plåtar i styckeform. Tjockleken är i allmänhet över 12–20 mm beroende på stålsort.
- **Trådvalsverk** valsar ut trådmaterial som hasplas upp i ringform.
- **Varmbandvalsverk** tillverkar platt och långt material. Valsverksenheter är oftast ett antal valsverk uppställda i rad, i regel minst fem stycken. Det färdiga bandet lindas upp på en rulle (haspel) till en bandring (coil).
- **Rörvalsverk** tillverkar sömlösa rör.
- **Ringvalsverk** tillverkar valsade ringar.



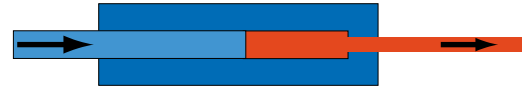
Valsning

## EXTRUSION

Extrusion är en process som har en begränsad användning inom stålindustrin – men större användning inom aluminium- och kopparindustrin.

Inom ståltillverkningen är den huvudsakliga tillämpningen framställning av sömlösa rör i högt legerade material, rostfria och syrabeständiga stål. Extrusion går

till så att det varma ämnet förs in bakifrån i en kammare varefter det pressas ut genom ett munstycke i kammarens främre del. Munstycket har den form som den utgående produkten skall ha.



Extrusion

## VARMBEARBETNINGENS MILJÖPÅVERKANDE FAKTORER

Varmbearbetning ger upphov till emissioner till luft som härrör från den värmning som föregår bearbetningsoperationerna. Utsläppen är framför allt koldioxid, kväveoxider samt svaveldioxid om olja används.

Vid varmvälsning används stora mängder vatten för kylning och smörjning av valsarna. Detta vatten förorenas av glödskal (järnoxider från den varma stålytan) samt olja och fett från de hydrauliska systemen i valsverken. Efter rening återstår en mindre mängd oxider som suspenderat material samt olja i utgående vatten. Vanligtvis cirkuleras vattnet tillbaka till processerna så att endast en liten del av det renade vattnet släpps ut i närliggande vattendrag.

## KALLBEARBETNING

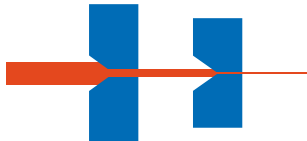
Kallbearbetning är plastisk deformation av materialet i rumstemperatur. Under bearbetningen blir stålet allt hårdare, det *deformationsbärdas*. Genom att värma upp stålet, till ca 800°C, blir det åter mjukt och kan bearbetas vidare. Denna värmebehandling kallas glödgning.

För själva deformationen används samtliga under varmbearbetningen beskrivna metoder, samt ytterligare några. Det varmbearbetade ingångsmaterialet som kommer till de kallbearbetande enheterna är oftast inte lämpligt för kallbearbetning direkt. Dels är ytorna täckta med oxider, dels är den inre strukturen ojämn, bl a beroende på det som händer när stålet svalnar från den höga varmbearbetningstemperaturen. Därför inleds kallbearbetningen oftast med att stålet glödgas för att uppnå en homogen struktur. Sedan *betas* eller *slungrensas* det så att alla oxider på ytan avlägsnas.

För att avlägsna oxider från stålets ytor som bildats vid varmbearbetning måste det betas före kallbearbetningen. Det görs genom att stålet får passera genom syrabad där syror löser upp oxiderna.

Syrabadens sammansättning beror på vilken stålsort som skall betas. För olegerade eller låglegerade stål används saltsyra HCl, eller svavelsyra  $H_2SO_4$ , medan t ex rostfria stål kräver en blandning av salpetersyra  $HNO_3$  och fluorvätesyra HF.

Den näst vanligast förekommande kallbearbetningsmetoden efter kallvalsning är kalldragning av stång och tråd. Detta görs genom att det tidigare varmvalsade materialet slungrensas (blästras) eller betas, därefter dras materialet genom en eller flera sk dragkivor som har en precisionsbearbetad insats av hårdmetall. Inom vissa tillverkningsprocesser förekommer även glödning. Principen för tråddragning framgår av bilden nedan.



Tråddragning

## KALLVALSNINGENS MILJÖPÅVERKANDE FAKTORER

I valsverket används *emulsioner* eller enbart olja för kylning av valsar och material. Dessa kan ge upphov till utsläpp till luft i form av oljedimma och olja i gasfas.

De olika värmebehandlingsprocesserna ger vissa utsläpp till luft, t ex koldioxid, kväveoxider och svaveldioxid – men de är normalt lägre än för värmningen före varmvalsningen eftersom värmebehandlingen sker vid lägre temperatur. Ofta används gasol som bränsle.

Efter betning med syror måste de använda betbaden regenereras dvs man tar då bort de lösta metallerna för att syran skall kunna återanvändas. De metallföreningar som bildas kan ofta också användas som ny råvara.

Betbad med salpetersyra och fluorvätesyra kan i viss utsträckning återvinnas, men i stor utsträckning måste de neutraliseras med kalk. Då bildas metallhydroxidslam som deponeras. Vid betning av höglegerade stål med salpetersyra bildas kväveoxider som till viss del släpps ut till luften.

### RÅJÄRN

Flytande tackjärn, vanligen i masugn framställt järn med hög kolhalt (ca 4,5 %). Råjärn färskas normalt till stål i syrgaskonverter.



### SINTRING

Tillverkning av järnmalmssinter genom upphettning av finkornig malm tillsammans med koksstybb i luftöverskott. Den pulverformiga sligen kan inte användas direkt i masugnen, eftersom den skulle förhindra den nödvändiga gastransporten upp genom ugnen. Om sligen först sintras ihop till lagom stora klumpar (agglomereras) sker gastransporten utan problem.

### SLIG

En finkornig järnmalm, till utseende och konsistens ungefär som sand. Slig är utgångsmaterial för den sintring som föregår råjärns-tillverkning.

### SLUNGRENSNING

Slungrensning är en blästringsmetod, där ytterst små stålkulor slungas mot det varmbearbetade materialet och åstadkommer en ren yta. Slungrensning anses vara en mer miljöanpassad metod än betning.

### STENKOL

Stenkol är en bergart som huvudsakligen består av kol. Stenkol är rester av vegetation för 200–300 miljoner år sedan.

### STÅLSORT

Beteckning syftande på stålets kemiska och fysiska egenskaper, alltså inte på dess formgivning. Ibland betecknar ordet en grupp av stål, t ex rostfria stål, snabbstål, verktygsstål men i detta fall får benämningen ståltyp anses vara lämpligare.

### TACKJÄRN

Vanligen i masugn framställt järn med hög kolhalt (ca 4,5 %). Förr göts järnet vanligen i tackor (därav namnet). Numera transporteras järnet från masugnen mestadels i flytande form direkt till stålugnar och kallas då råjärn, detta för att understryka att det inte rör sig om järn i form av tackor.

### VAGNHÄRDUGN

En ugn där själva ugnsbotten – härden – är murad på en vagn som kan köras genom ugnen. Materialet som skall värmas upp läggs på hårdvagnen som sedan körs genom ugnen samtidigt som värmningen sker.

### VALLONSMIDE

Äldre metod för framställning av smidbart järn, införd av invandrande valloner under 1600-talet. Vallonsmidet användes framför allt av upplandsbruken med dannemoralm som utgångsmaterial.



# Miljöarbetet

## JÄRN- OCH STÅLTILLVERKNINGENS MILJÖPÅVERKAN

Tillverkning av järn och stål kan liksom alla tillverkningsprocesser påverka miljön. Denna påverkan skulle vara stor om inte allt mer avancerade utrustningar för rening av utsläppen till luft, vatten och mark hade utvecklats och tagits i bruk. Samtidigt har förbättringar i själva processerna gjort att många miljöpåverkande faktorer minskat kraftigt.

*Tabellen nedan sammanfattar de viktigaste miljöpåverkande faktorerna, uppdelade på de olika stegen i ståltillverkningen.*

## VÄXANDE MILJÖMEDVETENHET

Fram till 1960-talet bedrevs tillverkningen inom stålindustrin liksom i stort sett all aktivitet i samhället utan större hänsyn till hur miljön påverkades. I och med att miljömedvetandet ökade, tekniken utvecklades och miljöskyddslagen beslutades 1969 har stålindustrin utträttat allt mer för att så långt som möjligt förhindra eller begränsa negativ påverkan på miljön.

## ATT SPARA PÅ NATURRESURSERNA

När man tillverkar en produkt behöver man råvaror. För tillverkning av stål krävs järnmalm, malmer för legeringar,

PROCESSTEG	MILJÖPÅVERKANDE FAKTORER				
	Användning av naturresurser	Användning av elenergi	Utsläpp till luft	Utsläpp till vatten	Utsläpp till mark
Framställning av råjärn	Malmer, kol, slaggbildare		Koldioxid, stoft	Suspenderat material, zink, gasreningsvatten	Nedfall av stoft, deponering av gasrenings slam
Stålmältning och raffinering	Legeringsmetaller	Skrotsmältning	Stoft (metaller), kolväten, koldioxid och kväveoxider		Nedfall av stoft, deponering av slagger, gasreningsstoft och slam
Gjutning av stål				Glödskaletsrester, olja och fett från maskiner	Deponering av oljigt glödskalets slam
Varmbearbetning	Olja, gas	Elvärmda ugnar	Koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider från värmning	Glödskaletsrester, oljor och fett från maskiner	Deponering av oljigt glödskalets slam
Glödgning och betning	Olja, gas	Elvärmda ugnar	Koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider från värmning samt kväveoxider från betning i salpetersyra	Metaller från betbadet samt kväve från betning i salpetersyra	Deponering av slam från neutraliserings/reningsanläggningar
Kallbearbetning			Oljedimma, olja i gasfas och stoft	Oljor från maskiner	Nedfall av olja från kondenserad oljedimma

slaggbildare samt fossila bränslen. Det är självklart att ju fler stålprodukter vi vill ha desto mer av befintliga naturresurser utnyttjar vi. Trots att vi återvinner skrotade produkter, täcker inte skrotmängden behovet av järnråvara.

Stålindustrins insatser för att spara på naturresurserna har sedan lång tid tillbaka varit betydande, inte minst därför att råvarorna alltid utgjort en stor del av kostnaden för tillverkningen. Utvecklingen har stort sett följt tre huvudlinjer:

**Produktutveckling.** Forskning pågår kontinuerligt för att få fram stål som är mer hållfast och som gör att t ex bilar, båtar, broar etc kan tillverkas med mindre materialåtgång för en given funktion. Dessutom utvecklar industrin stål som har bättre motstånd mot förslitning och korrosion. Då förlänger man livslängden på färdiga stålprodukter samtidigt som materialåtgången vid nytillverkning minskar. Nya stålprodukter kan också innebära att slutprodukten blir energieffektivare, t ex lättare bilar.

**Processutveckling.** Nya processer samt förbättringar och fintrimning av befintliga processer har medfört att den specifika användningen av kol, olja, gas och övriga förbrukningsmaterial per ton tillverkat stål ständigt har minskat. Inte minst har ny datorbaserad processtyrningsteknik bidragit till förbättringarna. Så har t ex användningen av kol per ton framställt järn i masugnprocessen halverats under 1900-talet. Inom ugnstekniken för värmning och glödgning har utvecklingen av bättre ugnar och brännarsystem medfört att man utnyttjar 25-50 % mindre olja eller gas per ton varmt gods.

**Återvinning.** Allt större mängder skrotade stålprodukter återförs till de skrotbaserade stålverken för att smältas om och raffineras till nytt stål. Även rest- och biprodukter från tillverkningen återvinns eller kommer i stor utsträckning till användning på nytt.

## EFFEKTIVARE ENERGIANVÄNDNING

Elektrisk energi är i grunden en naturresurs. Elenergi framställs från t ex vattenkraft, olja, gas, kol eller uran i förädlad form.

Mycket elenergi används vid omsmältning av skrot till nya produkter. Genom att använda ljusbågsugnen enbart som nedsmältningsskott och optimera processerna har man uppnått betydande inbesparingar av elenergi.

En annan betydande faktor är stränggjutningstekniken som medfört att allt mindre varmbearbetning behövs. Tillverkningskedjan har blivit kortare vilket ytterligare minskat behovet av energi. Dessutom används processgaser som frigörs vid tillverkning av koks och i masugnprocessen som bränsle i värmekraftverk. På så vis har behovet av extern elkraft minskat kraftigt.

Även de bearbetande verken är stora elenergianvändare. Också här har besparingar gjorts: vid moderniseringar i verken, vid införande av ny processtyrningsteknik och övergång till nya motorer etc.

## ARBETE FÖR RENARE LUFT

Utsläppen av stoft framför allt från sintringsverk, masugnar och stålugnar var betydande fram till 1970-talet. Hög energieffektivitet i ugnar för värmning och glödgning samt återvinning av spillvärme är exempel på åtgärder som reducerat behovet av bränslen till låga nivåer, och ny teknik för utsugningssystem samt allt effektivare filter gör att utsläppen av stoft i dag är mycket små. Installerade filter skiljer i regel bort över 99 % av de stoftpartiklar som följer med de utsugna ugnsgaserna. Stoftet som avskiljs omhändertas och upparbetas i stor utsträckning på sitt metallinnehåll (zink, nickel, krom, molybden).

Utsläppen av koldioxid i luften blir betydande eftersom kol används som reduktionsmedel vid framställningen av råjärn - då bildas processgaser som när de förbränns ger koldioxid. Fossila bränslen används dessutom för olika värmningsprocesser.

För närvarande finns inga konkurrenskraftiga alternativ varken till kol som reduktionsmedel eller till de fossila bränslena i värmningsugnarna. Utveckling av ny teknik pågår ständigt. Tillvaratagande av restenergier från stålindustrin ersätter behov av fossila bränslen för t ex lokaluppvärmning, fjärrvärme i kommunala nät samt elkraft från kraftverken i landet. På så vis avlastas berörda luftutsläpp.

Jordens atmosfär består till ca 79 % av det gasformiga grundämnet kväve. Vid tillräckligt höga temperaturer eller vid speciella kemiska processer kan kvävet förena sig med syre och bilda gasformiga oxider - kväveoxider - som brukar sammanfattas med begreppet  $\text{NO}_x$ .

De höga temperaturerna, som är nödvändiga inom järn- och stålindustrin, medför att bildning av  $\text{NO}_x$  är





*Vid varmbearbetning av stålet används stora mängder kylvatten. Vattnet blir förorenat av oljor och metalloxyder men renas internt och kan därefter användas om och om igen i processen.*

svår att undvika i samband med förbränning av bränslen. Dessutom tillkommer  $\text{NO}_x$  från de betningsprocesser där salpetersyra ( $\text{HNO}_3$ ) används.

Utsläppen av  $\text{NO}_x$  har minskats genom att göra ugnskonstruktioner täta för att förhindra att onödigt luft tränger in. Man kan också använda speciella brännare i värmugnar och i vissa fall använda ren syrgas i stället för luft vid förbränningen.

Utsläppen av  $\text{NO}_x$  som bildas i betningsprocesser med salpetersyra har under senaste decenniet minskat drastiskt tack vare processförändringar och reningsutrustningar. I Sverige har en metod utvecklats där väteperoxid tillsätts betbadet. Kväveoxiderna i betbadet reduceras till kväve och syran nybildas.

Vid kallvalsning används emulsioner. Emulsioner tillsätter man dels för att minska friktionen mellan valsar och valsat material, dels för att de utgör ett kylmedium.

När stålet deformeras övergår en stor del av det tillförda deformationsarbetet till värme som alstras inne i materialet. Temperaturen blir då så hög att en del av den tillförda oljan förångas och vållar utsläpp i form av oljedimma.

I dagens valsverk finns speciella utsugningssystem för den oljehaltiga luften. I systemen finns antingen filter där oljepartiklar avskiljs elektrostatiskt eller filter där oljedimman kondenseras och frånskiljs innan den når fria luften.

Innan dagens effektiva filter fanns innebar nedfallet av de stora stoftmängderna som släpptes ut att marken runt järn- och stålverken fick ta emot avsevärda mängder kalk och metallföreningar. Med hjälp av analyser på mossa har institut och industri följt utvecklingen under flera decennier. Det har visat sig att en påtaglig minskning av nedfallet av metaller har ägt rum. Detta visar att stålindustrins arbete för renare luft gett resultat.

## VATTENRENING

Stålindustrin utnyttjar stora mängder vatten. Vatten används som kylmedium i direkt kontakt med stålprodukterna i varmvalsverk och stränggjutningsanläggningar. Vatten används också som kylvatten i slutna kanaler, framför allt i ugnskonstruktioner. Vatten används även i vissa gasreningsfilter och som skölj- och spolvatten i betningsprocesser.



*Idag är stältillverkningen nästan helt datoriserad. Processerna styrs nästan uteslutande från kontrollrum med avancerad utrustning.*

Direkt kylning innebär att det kylande vattnet spolats direkt över det varma materialet och därmed också över valsar, rullar och annan maskinutrustning. Vid varmvalsning är det mycket viktigt att vatten under högt tryck får spola bort lös oxid som bildats under värmningen. Om oxiden inte avlägsnas kan den valsas in i och förstöra det valsade stålets ytor. Vid direkt kylning blir vattnet förorenat av oxider (glödskal) och av oljor och fetter från maskinernas smörjning. De direkta kylsystemen i moderna anläggningar görs alltmer slutna, d v s samma vatten pumpas och cirkuleras runt i systemet och renas kontinuerligt genom avskiljning av olja och fett. Glödskal avskiljs genom att grova partiklar får sedimentera medan fina partiklar frånges i filter. Fysiskt görs detta oftast genom att partiklar avskiljs i bassänger och sandfilter.

Vid indirekt kylning kommer det vatten som utnyttjas inte i kontakt med något som kan förorena det. Den enda påverkan som sker är en temperaturförhöjning.

Vatten som används för spolning och sköljning i betningsanläggningar blir förorenat av betsyror och metaller. Även förbrukade betbad utgör en källa till förorening av vatten. Surt vatten med höga halter av lösta metaller, som järn, krom, nickel, molybden m fl, måste därför genomgå flera reningssteg innan det kan släppas ut. Syrorna neutraliseras genom att man tillsätter kalk (CaO) eller ibland lut (NaOH). Samtidigt som syran neutraliseras kommer metallerna i form av lösliga klorider eller nitrater att fällas ut och avskiljas som olösliga hydroxider.

## SKYDD AV MARK

Processerna inom järn- och ståltillverkningen medför att det bildas rest- eller biprodukter. Vissa kan återgå till processerna, men för andra finns inte några lämpliga användningssätt för närvarande. De måste därför deponeras. De restprodukter som deponeras är i huvudsak stålslagger, gasreningsstoft och slam (hydroxidslam och glödskalsslam). Deponering innebär utnyttjande av befintlig mark. Dessutom kan miljöskadliga ämnen lakas ut och på så sätt spridas utanför deponierna. Därför är lakvattnet från deponier noggrant kontrollerat. Deponering av restprodukter är sedan lång tid hårt reglerad ur miljösynpunkt. Ytterligare skärpta krav kan förväntas. Samtidigt pågår forskning och utveckling för att finna användning för de deponerade produkterna. Exempel är

slaggprodukter som används som fyllnadsmaterial och återföring av hydroxid- och glödskalsslam till processerna.

## BÄTTRE ARBETS- OCH OMGIVNINGSMILJÖ

Stålintustrin liksom annan tung industri alstrar störningar i arbetsmiljön – buller, damm, rök, värme, kyla, drag etc. Stålintustrin har under flera decennier intensivt satsat på förbättringar av arbetsmiljön och den yttre miljön. Dels genom ständiga förbättringar och utveckling i de enskilda stålföretagen, dels genom ett omfattande forsknings- och utvecklingsarbete i samverkan med högskolor och specialister.

Förbättringarna har skett genom att förhindra

- miljöproblemens uppkomst redan vid källan genom val av nya produktionsprocesser och genom utveckling av befintliga processer.
- miljöstörande utsläpp till luft, mark och vatten.
- skadlig inverkan av utsläppen.

Genom den tekniska utvecklingen av stålintustrin till dagens högteknologiska industri har människan till stor del kunnat avskiljas från skadliga miljöstörningar. Mycket av det kvalificerade processarbetet sker numera i manöverrum med mycket god arbetsmiljö. Belastningen på omgivningen har också minskat.

Stålintustrin investerar kontinuerligt i förbättringar ett antal faktorer för att åstadkomma en bättre arbetsmiljö för de anställda. Arbetsmiljön omfattas i dessa exempel av moment som utförs på järn- och stålverk.

### Ergonomi

Förr var belastningsskador ganska vanliga genom det tunga fysiska arbete som järnhanteringen innebar. Idag förekommer belastningsskador främst genom monotona rörelser vid t ex monteringsarbeten. Genom utbildning, arbetsrotation och höga ergonomiska krav på ny utrustning kan för tidig förslitning av personalen undvikas.

Ergonomi betyder läran om hur människan fungerar under olika former av arbete och kommer av grekiskans ergon (arbete) och nomos (lag).



*Vid färdigställningen är en ren miljö viktig både för de anställda och produktens slutkvalitet.*

## Buller

Buller från t ex ljusbågsugnar eller slamrande stångstål kan vid ovarsamhet eller långvarigt intimt arbete försämra hörselfunktionen. Kontrollrum och till maskinhallarna angränsande lokaler är idag mycket väl ljudisolerade, men förbättringar sker och maskiner står under ständig över- syn för att undvika onödigt buller. Personalen skall all- tid bära hörselskydd i potentiellt skadliga miljöer.

## Vibrationer

Långvariga vibrationer från arbetsfordon och handhållna maskiner kan ge upphov till s k vita fingrar eller andra skador. Genom ökad automatisering av skadliga arbets- moment, vibrationsdämpande åtgärder och en bra per- sonlig utrustning kan vibrationsskadorna minimeras.

## Olycksfall

Olyckor kan man aldrig gardera sig emot till 100 %, men genom att föra statistik, kartlägga risker, utbilda persona- len och vara noggrann vid projektering av nya maskiner eller lokaler kan riskerna minskas. Bra utrustning finns för att t ex undvika brännskador eller mindre klämskador, och ansvarig personal skall tillse att den används korrekt.

## Kemiska produkter

Starka syror till betning och vissa andra kemiska pro- dukter kan ge upphov till frätskador vid ovarsam hante- ring. Här gäller samma höga säkerhetstänkande som vid förebyggande av andra olyckor. Tydlig skyltning och in- formation är också viktiga åtgärder som genomförs.

## Inomhusluft

Ibland förvånas besökare över hur relativt rent ett stål- verk kan vara invändigt. Med god ventilation och punkt- utsug vid speciella processer kan man nå en tillfredsstäl- lande arbetsmiljö. Kontroller och förbättringar görs regel- bundet, och andningsskydd skall bäras vid behov, även om det är mindre vanligt. Temperatur och fuktighet an- passas efter årstid för att öka trivsamheten.

## Belysning

Med dålig belysning ansträngs synen och risken för olycksfall ökar. Mätningar görs för att tillse en bra allmän- belysning och extra punktbelysning vid arbetsplatserna. God belysningsmiljö tillses såväl vid tunga maskiner som vid datorer.



## Social arbetsmiljö

Genom ständiga satsningar på ökad trivsel, gemenskap, personlig utveckling och stimulerande arbetsuppgifter försöker man även förbättra den inte minst så viktiga psykosociala miljön. God hälsa och välmående minskar även olycksriskerna, och är i längden lönsamt för både personal och företaget som helhet.



# Korrosion

## VARFÖR ROSTAR STÅL?

De flesta material och föreningar som vi använder är i längden inte beständiga i de former som vi normalt utnyttjar dem. De bryts ner och övergår till stabilara föreningar av de grundämnen de är uppbyggda av.

Trä bryts ner genom påverkan av klimat och bakterier. Plaster åldras, blir spröda och bryts slutligen ner under påverkan av sol, temperatur och atmosfär. När det gäller metaller och metalliska material talar vi om att de *korroderar*, eller i vardagspråk: rostar.

Järn och de flesta andra metaller utvinns ur naturligt förekommande mineral som är mer stabila föreningar än metallerna själva. Därför är det naturligt att korrosionsprocesser leder till att metallerna återgår till produkter som är mycket lika mineralerna. Järn återgår t ex under påverkan av syret i luften till oxiderna  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  och  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Vilka oxidtyper som bildas och i vilka andelar bestäms till största delen av tillgången på syre och vid vilken temperatur korrosionen sker. Finns det dessutom tillgång till vatten sker en *hydratiseringsprocess*.

Andra korrosionsprodukter kan bildas beroende på i vilken kemisk miljö järnet befinner sig. Finns t ex klor tillgängligt bildas det järnklorid ( $\text{FeCl}_3$ ) i stället för järnoxider. Korrosion kan även ske genom inverkan av elektriska strömmar, andra metalliska material, mekaniska spänningar och föroreningar i materialets inre struktur. Vi kan alltså konstatera att korrosion inte är ett entydigt begrepp utan ett samlingsnamn för många typer av "angrepp" på ett metalliskt material.

## KORROSIONSTYPER

Stål liksom många andra metalliska material har ett visst motstånd mot korrosion. Denna s k passivitet beror på att det bildas ett tunt, osynligt skikt av oxider på ytan genom en reaktion mellan metallen och det syre som finns i omgivningen.

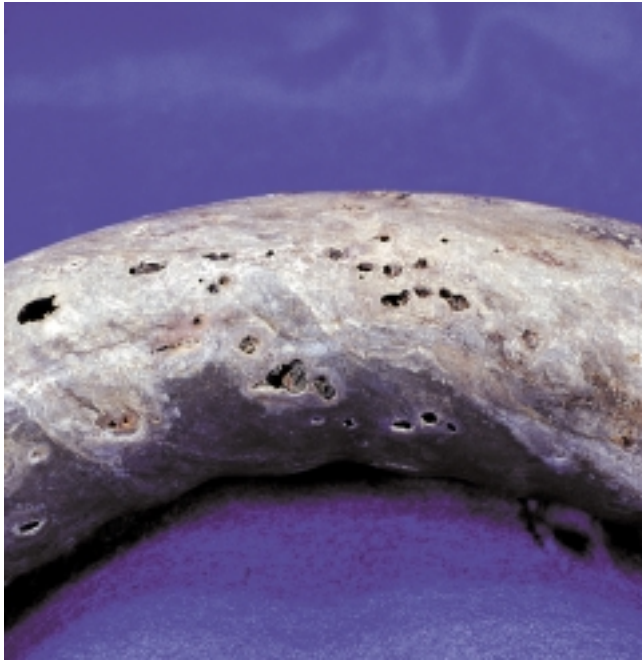
Oxidlagret minskar drastiskt materialets korrosionshastighet. Materialet sägs ha passiviserats.

En *allmän korrosion* är följden av en utbredd nedbrytning av det passiva skiktet. Det passiva skiktet kan även brytas ner lokalt medan det i övrigt förblir intakt. Korrosionsattacker av denna typ går under namnet "lokal korrosion". Det är oftast någon form av lokal korrosion som kan orsaka att produkter eller delar av anläggningar havererar och måste kasseras eller ersättas. Speciellt gäller det i starkt *korrosiva* miljöer att använda material med mycket god korrosionsbeständighet.

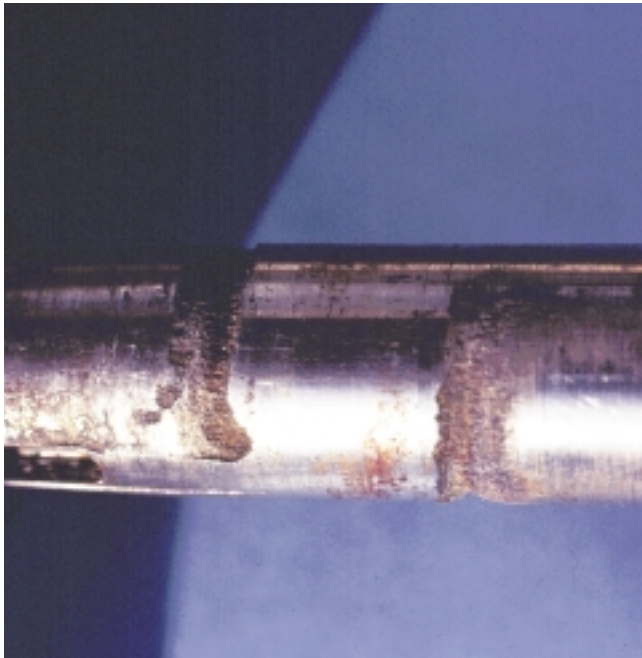
Korrosionshastigheten varierar vanligen över tiden, och beror t ex på temperatur och korrosionsskiktets tjock-



Allmän korrosion: hänglås utsatt för svavelsyra.



Punktkorrosion på rostfri detalj som utsatts för varm koncentrerad koksaltlösning.



Spaltkorrosion och spänningskorrosion.

lek. Hastigheten beskriver materialförlust per tidsenhet, t ex mm/år. Denna hastighet uttrycks oftast som förlust av materialets tjocklek per tidsenhet, t ex i mm/år.

För vägledning beträffande materialval och korrosionsskydd för olika miljöer finns korrosionstabeller att tillgå.

En form av lokal korrosion är *bimetallkorrosion* eller galvanisk korrosion som det kallades förr. Regeln är att den minst "ädla" metallen, *anoden*, angrips medan det ädlare materialet, *katoden*, i huvudsak är skyddad mot korrosion.

Den relativa ädelheten mellan ledande material i en viss omgivning indikeras av den *galvaniska spänningsserien* för denna omgivning.

En annan form av lokal korrosion är punktkorrosion som karaktäriseras av att små punktformiga områden utsätts för korrosion (frätning). Groparna som bildas tycks ofta vara ganska små på materialets yta, men kan ha betydligt större yttvärsnitt djupare in i materialet.

Punktkorrosion sker vanligen i neutrala eller sura miljöer där kloridjoner (Cl<sup>-</sup>) förekommer. En punktfrätning tränger ofta genom materialet med hög hastighet och kan i vissa fall förstöra produktens funktion på kort tid.

Spaltkorrosion sker under samma förhållanden som punktfrätning, d v s i neutrala eller syrehaltiga lösningar som innehåller joner av *halider*. I smala spalter, t ex mellan tätt sammanfogade metalliska material, är *kapillärkrafterna* så stora att det praktiskt taget är omöjligt att förhindra att en vätskelösning tränger in och orsakar korrosion. Ett typiskt exempel är spalten mellan sammanfogade plåtar på en bil.

Spänningskorrosion är också en form av lokal korrosion. Här är det spänningar i materialets ytskikt som påverkar passivskiktets stabilitet och försvagar den kemiska motståndskraften. Sprickbildning genom spänningskorrosion uppstår aldrig i rena metaller – men däremot i vissa legeringar, t ex rostfritt stål i kombination med salthaltig miljö.

Hittills har vi beskrivit den ogynnsamma korrosionen på stål. Men ibland finns det stora fördelar med att avsiktligt låta stålet korrodera. Ett bra exempel där man utnyttjar allmänkorrosion som fortsatt korrosionsskydd är att göra s k rosttrögt stål. Genom att blanda in lite extra koppar (Cu) i stålet orsakar man en snabb allmänkorrosion över produktens hela yta i vissa miljöer. De naturligt bildade oxiderna skyddar sedan det underlig-



gande stålet mot fortsatt korrosion. Metoden tillämpas bl a för skorstenar, broar och anläggningar i korrosiva miljöer.

Rostangrepp som får verka fritt under lång tid kan vara farliga om de t ex sker på en rörledning i ett kärnkraftverk, ett bromsrör i en skolbuss eller ett viktigt förband i en bro. Dessa indirekta olycksrisker undviker man genom att korrosionsskydda på rätt sätt, använda rätt sorts stål och genom att regelbundet underhålla de produkter som finns i korrosiv miljö.

Rostande metaller avger nästan uteslutande stabila och ofarliga metalloxider som inte är hälso- eller miljöfarliga. De små mängder potentiellt miljöfarliga metalljoner som frigörs är mycket reaktiva, och bildar därför stabila ofarliga föreningar medan de transporteras med dagvattnet eller rinner genom marken. Järn, zink och andra *bioackumulerbara* mikronäringsämnen behövs i markerna och i kroppen för att inte näringsbalansen ska störas. Kraftigt underskott kan orsaka svält och kraftigt överskott kan orsaka förgiftning. Detta gäller alla näringsämnen, så lagom är alltså bäst.

## KORROSIONSSKYDD

För att minska eller förhindra korrosion av stålet behöver det skyddas. Det kan man göra på flera sätt med hjälp av korrosionsskyddande produkter. Ett alternativ är att skapa ett tätt skikt som förhindrar att stålet reagerar med omgivningen (syre eller elektrolyt). Ett annat sätt är att applicera ett eller flera ämnen på eller i kontakt med stålet. Är ämnet elektriskt ledande och mindre ädelt än stålet korroderar ämnet istället. Ämnet agerar därmed *offeranod*.

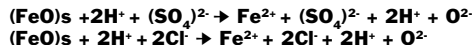
Andra sätt att korrosionsskydda stålet kan vara att höja det elektriska ledningsmotståndet i *korrosionscellen*. T ex genom att skapa en omgivning som inte uppfyller kriterierna för att korrosion skall uppstå. Viktigt är också att utforma konstruktioner på lämpligt sätt, t ex genom att undvika spalter, fuktlagringsutrymmen eller fysisk kontakt mellan olika metaller.

Det nyproducerade stålet kan skyddas kortsiktigt genom att det beläggs med ett tunt oljeskikt, s k anoljning. De flesta stålprodukter får sedan ett långsiktigt katodiskt korrosionsskydd genom att zink – eller blandningar mellan zink och aluminium appliceras på stålet.

## ORDFÖRKLARINGAR:

### ALLMÄN KORROSION

Med allmän korrosion menas när hela eller stora delar av ytan får det passiva skiktet nedbrutet. Omgivningsförhållanden som kan ge upphov till sådan nedbrytning är t ex vattenlösningar av svavelsyra [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] eller saltsyra [HCl].



Det passiva skiktet bryts ner och korrosionsprocessen kan fortgå till dess metallen upplösts helt. Detta är förklaringen till att en försurad miljö beroende på t ex svavelutsläpp eller närheten till salthaltig [NaCl] luft är skadlig för bilar, byggnader och andra stålprodukter.

### ANOD

Positiv elektrod.

### BIMETALLKORROSION

När två olika metaller fogas samman så att de står i elektrisk förbindelse med varandra samt omges av en ledande vätska, en elektrolyt, skapas en mycket korrosiv miljö och bimetallkorrosion uppstår. Den galvaniska korrosionsattacken är mest påtaglig nära kontaktstället mellan de två materialen. Viktiga faktorer som påverkar denna korrosionstyp är:

- skillnaden i ädelhet mellan de två materialen
- förhållandet i ytstorlek mellan materialen
- elektrolytens ledningsförmåga
- avståndet mellan de två materialen

### BINDEMEDEL

Binder färgens komponenter och ger färgen dess huvudsakliga egenskaper. Skyddar genom att vattnet/lösningssmedlet avdunstar, eller genom att härdas kemiskt. Exempel är akryl, PVC och epoxi.

### BIOACKUMULERBAR

Förmåga att tas upp och lagras (ackumuleras) i levande organismer (biomassa).

### DIFFUSION

En rörelse av atomer från ett område med högre koncentration av ett ämne till ett område med lägre koncentration.

### ELFÖRZINKNING

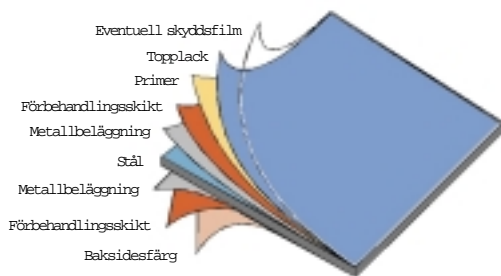
Elektrokemisk metod som bygger på att zink fälls ut på stålet i en elektrolyt. Ger tunt skikt för användning i mindre korrosiv miljö.

### GALVANISK SPÄNNINGSSERIE

	Metall	Elektrodpotential, E <sub>H</sub> [Volt]
”Ädel”	Guld	+ 0,42
	Silver	+ 0,19
	Koppar	+ 0,02
	Rostfritt stål	- 0,29
	Kolstål	- 0,46
	Aluminium	- 0,51
”Oädel”	Förzinkat stål	- 0,81
	Zink	- 0,86
	Magnesium	- 1,36

Applicering kan ske genom att plåten snabbt doppas i ett varmt zinkbad, s k varmförzinkning. Andra metoder är *elförzinkning* (galvanisering) eller genom att spruta zinken på stålet, s k sprutförzinkning. Vid tillverkning av byggnadsmaterial i form av plåt för tak- eller väggbeklädnad används ofta färgbelagd tunnplåt. Denna ger ett mycket gott korrosionsskydd och lång livslängd tillsammans med stora möjligheter att ge byggnaden önskad kulör och form. Idag tillverkas 65 miljoner m<sup>2</sup> färgbelagd plåt på den svenska marknaden.

För att få ett bra korrosionsskydd beläggs stål kärnan med ett metallskikt av zink eller av aluminium och zink. Det första steget i en bandlackeringslinje innebär att plåten förbehandlas i ett antal vattenlösningar som gör att färgen får god vidhäftning. I nästa steg läggs en grundfärg (primer) på plåtens framsida som ska ge korrosionsskydd och öka toppfärgens vidhäftning. På plåtens baksida läggs en baksidesfärg som fungerar som transportskydd. Till sist läggs toppfärgen på. Här väljer användaren färgsystem och kulör. Det finns flera olika färgsystem, t ex Polyester, Plastisol eller PVF<sub>2</sub>, som var och ett har olika egenskaper som passar till olika miljöer och användningsområden.



Exempel på de olika skikten på färgbelagd tunnplåt. Tunnplåten kan t ex användas som takbeklädnad.

Tillförseln av zink och andra metaller till naturen har omdebatterats i flera länder, men idag vet vi att zink i metallisk form eller i kemiska föreningar inte innebär någon påtaglig hälsorisk. Det råder snarare brist på detta livsnödvändiga mikronäringsämne i den svenska marken.

Förr skapade man kulörerna med rostskyddsaktiva pigment som blymönja och zinkkromat men den använd-

ningen har upphört p g a hälso- och miljöriskerna. Som miljövänligare alternativ används idag t ex kalciumfosfat och zinkfosfat.

Färgen är sammansatt av *bindemedel*, *pigment*, *tillsatsmedel* samt *lösningsmedel* eller vatten. Bindemedel (t ex PVC), pigment och lösningsmedel utreds noga från hälso- och miljömässig synpunkt. Miljökraven har lett till att ett antal produkter försvunnit från marknaden och ersatts av mer miljövänliga alternativ. Vid målning eftersträvas minimerade utsläpp av lösningsmedel och metoder som medför så lite spill som möjligt. I ett bandlackeringsverk tas lösningsmedlen normalt om hand och renas till nära hundra procent genom förbränning. Därmed erhålls också energi för värmning av torkugnarna.

Vill man helt undvika korrosionsskyddande beläggningar men ändå få ett utmärkt skydd är rostfritt stål ett föredra.

## VAD ÄR ROSTFRITT STÅL?

Järn vill gärna reagera med syre i omgivningen. Genom att tillsätta krom får man en avsevärt lägre korrosionshastighet. Den viktigaste egenskapen hos rostfria stål är korrosionsmotståndet. Genom att tillsätta olika legeringsmetaller förutom krom kan man även förbättra hållfasthet, svetsbarhet och andra egenskaper. Ett s k 18/8-stål är ett rostfritt stål bestående av 18 % krom och 8 % nickel.

Stål med minst 10,5 % krom kallas definitionsmässigt för rostfritt stål.

Hos de rostfria stålen bildas ett tunt, tätt och osynligt kromoxidskikt som skyddar mot vidare angrepp. Rostskyddet förbättras ytterligare om kromhalten ökas till 17 %.

Kromoxidskiktet får en kraftigt förhöjd kromhalt genom *diffusion* av kromatomer. Diffusionen gör oxidskiktet tätare och mindre genomträngligt för syreatomer att passera. En mekanisk skada på skiktet, t ex en repa, är självläkande. Andra stålsorter, t ex kolstål, är inte självläkande så därför måste deras ytor skyddas.

På rostfria stål uppträder korrosion på hela ytan endast i aggressiva (oftast sura) miljöer – den passiverade ytan är då inte längre effektiv. Ett antal korrosionsformer av mer lokal karaktär kan uppträda på rostfria stål. Sådana korrosionsformer är punktkorrosion eller gropfrätning, spaltkorrosion, *interkristallin korrosion*, spänningskorrosion



samt *korrosionsutmattning*. Det är främst kloridinnehållande miljöer, framför allt sura sådana, som orsakar lokala angrepp på rostfria stål. Den mest bekanta formen är punkt-korrosion som t ex exempel kan förekomma på rostfria bestick. Ofta angrips något ställe på ytan där defekter förekommer, exempelvis vid slaggineslutningar. Fenomenet punkt-korrosion kan ges en elektrokemisk förklaring som går ut på att den omgivande oangripna och fortfarande passiva ytan fungerar som katod och det lokala angreppet som anod.

Då lösningen i den uppkomna gropen är förhållandevis stillastående, anrikas metalljoner som förstärker korrosionsangreppet.

Krom, molybden och kväve ökar hårdigheten mot punktfrätning och spaltkorrosion. För resistens mot havsvatten krävs över 4 % molybden i stålet. Man kan också minska risken för korrosion genom att undvika trånga spalter eller konstruktionslösningar som samlar vatten.

#### **HALIDER**

Kemiska föreningar innehållande ämnen ur gruppen halogener d v s fluor, klor, brom och jod.

#### **HYDRATISERINGSPROCESS**

Reaktion där vattnet binds kemiskt till oxiderna så att korrosionsprodukten även kommer att innehålla väteatomer.

#### **INTERKRISTALLIN KORROSION**

Korrosion som sker i en tunn zon längs materialets korngränser. Ett annat namn är korngränsfrätning.

#### **KAPILLÄRKRAFT**

Vätskedrivande kraft som uppkommer i smala spalter eller rör, s k kapillärer, till följd av att krafterna mellan olika molekyler på mycket nära avstånd är olika starka.

#### **KATOD**

Negativ elektrod.

#### **KORRODERA**

Vanligen: metall och syre som reagerar och bildar en oxid. Ett vanligt ord för järnets korrosionsprodukt är "rost".



#### **KORROSIONSCELL**

Område där våt korrosion sker. Är en strömälstrande cell som fungerar på samma sätt som ett ficklampsbatteri.

#### **KORROSIONSUTMATTNING**

Uppkommer till följd av upprepade påkänningar i materialet under användning i korrosiv miljö.

#### **KORROSIV**

Korrosionsfrämjande eller frätande.

#### **LÖSNINGSMEDEL**

Medel som löser bindemedlet och avdunstar lätt, vilket t ex gör att färg kan torka.

#### **OFFERANOD**

Anod som "offras" för att korrodera i stället för det material man vill skydda och som därvid blir katod i systemet.

#### **PIGMENT**

Mycket små partiklar som ger färgens kulör men kan även ha rostskyddande och andra egenskaper. Exempel är järnglimmer, zink, järnoxid och talk.

#### **TILLSATSMEDEL**

Ämnen som i små tillsatser förbättrar färgens specifika egenskaper, t ex konsistens, vidhäftning eller påskyndande av torkning.



# Miljöpåverkan

## ARBETET FÖR EN BÄTTRE MILJÖ

Internationellt sett är svensken ganska väl insatt i miljöfrågor. Vi har väl alla någon gång gjort en insats för att förbättra miljön.

Hur duktiga vi än tror att vi är idag, gör vi fortfarande naturen mer skada än nytta. Det är därför viktigt att vi inte missbrakar naturens begränsade resurser, utan återanvänder eller återvinner produkter och material till dess att vi har kretsloppsanpassat hela vårt levnadssätt. Ökad kunskap är en förutsättning för att kunna ta kloka beslut när det gäller vad som är bäst för miljön och samhället. Ett av myndigheternas långsiktiga mål med miljöarbete är att skapa en *hållbar samhällsutveckling*. Det syftar till att finna en långsiktig balans där samhällets system bevaras med hänsyn till bl a miljön, resurser, välstånd och hälsa. Stålintustrin är en del av samhällets bas, och stålet kan därför spela en betydande roll för vår framtida miljö-situation.

Vi kan alla bidra till en långsiktigt hållbar utveckling genom att tillverkning och användning av produkter sker med lägsta möjliga totala miljöbelastning. Viktiga parametrar är låg användning av *naturens resurser*, lång livslängd hos produkterna samt hög grad av återanvändning och återvinning.

Agenda 21 är FN:s handlingsprogram för miljö och hållbar utveckling inför det 21:a århundradet (därav namnet). Agenda 21 antogs vid konferensen om miljö och utveckling i Rio de Janeiro 1992. Agenda 21 ger mål och riktlinjer för en hållbar utveckling genom att motverka fattigdom och undanröja de stora hoten mot vår miljö. Sverige är ett av de 106 länder som undertecknade Agenda 21. Ansvaret för Agenda 21 ligger nu på kommunerna.

Sveriges miljölagar och miljöpolitiska mål fastläggs av riksdagen. Med utgångspunkt från dessa arbetar bl a Naturvårdsverket mot 15 olika *miljökvalitetsmål* för att försöka åstadkomma ett *ekologiskt* hållbart samhälle inom en generation.

*Miljölagarna* i Sveriges Rikes Lag är moderna och i flera fall hårdare än på andra håll i världen. Miljöbalken från 1999 samlar bestämmelser från 15 tidigare miljölagar. Miljöbalken ska bl a genom införande av de allmänna hänsynsreglerna skapa förutsättningar för en fortsatt hållbar utveckling. Exempel på några av hänsynsreglerna är *Försiktighetsprincipen*, *PPP*, och *Produktvalsprincipen* (*Substitutionsprincipen*).

Inom vissa branscher finns organ som skapar ramar och mer detaljerade riktlinjer för att hjälpa företag och enskilda personer med miljöarbetet.

Världens industrier och hushåll tillför större eller mindre mängder av nya och gamla ämnen till naturen som kan störa det under lång tid utvecklade *ekologiska* samspelen i naturen.

Samhällen utvecklas idag snabbare än vad naturen tål, och detta är inte hållbart. Världens organismer kräver en kretsloppsanpassning av samhällets materialflöden för att inte kollapsa under trycket av nya, koncentrerade eller icke biologiskt nedbrytbara ämnen.

Stålintustrin är ett bra exempel på en industri som både föregår och styrs av miljölagarna. Stålintustrin satsar stora pengar på ännu bättre rening och kontroll över ämnesflödena och på en ökad användning av återvunna material.

Exempelvis renas den stora vattenmängd som används vid ståltillverkningen i egna reningsverk, varefter samma vatten används om och om igen i samma processer.

I Sverige har vi det gott ställt. Det innebär att vi har råd att kontrollera våra ämnesflöden. I tredje världen tvingas man däremot till ett ohållbart utnyttjande av en redan hårt belastad natur som på många håll påverkas av en småskalig, kraftigt förorenande industri. Tredje världens samhällen utvecklas mycket snabbt och utan västvärldens hjälp med kunskap och kapital kan detta skapa förödande effekter på den lokala och globala miljön. Vi i I-länderna kan med våra resurser arbeta för att hjälpa både tredje världen och oss själva mot en mer hållbar situation.



Idag finns det en stor efterfrågan på miljöinformation och eftersom miljöområdet fortfarande är ganska nytt och utforskat sprids lätt informationen vare sig den är tillförlitlig och vetenskapligt baserad eller inte. Under de senaste decennierna har många miljöorganisationer med olika inriktningar bildats med olika åsikter i miljöfrågorna. Det är därför viktigt att man beaktar information från flera håll och att man särskilt ser till att informationen är vetenskapligt baserad.

Visst kan man se det som att det skulle vara mer miljöanpassat att leva som vi gjorde för 1 000 år sedan, men det skulle gå stick i stäv med både vår hälsa och vår *välfärd*. Om vi däremot kan komma till rätta med den kraftiga befolkningstillväxten och införa ett globalt kretsloppstänkande, har vi lagt en god grund till vår fortsatta existens. Lyckas vi sedan nå en balans mellan samhälle och natur, och samtidigt tillfredsställa vår hälsa och välfärd, så har vi nått målet med den hållbara utvecklingen.

## MILJÖEFFEKTER

Resultaten av påverkan på den yttre miljön kan man dela in i olika övergripande miljöeffekter som alla anses ha betydelse för den ekologiska balansen och människans överlevnad. En miljöeffekt får vi när ett eller flera ämnen tillförs eller tas bort i sådana koncentrationer eller mängder att balansen i naturen rubbas. Detta kan medföra att en eller flera länkar i de olika kretsloppen eller näringskedjorna störs eller slås ut.

Detta kan t ex innebära att rovfiskarna i en sjö inte kan överleva eller att klimatet på jorden förändras. Det största skälet till att försöka undvika miljöeffekterna är att säkerställa människans överlevnad.

## VÄXTHUSEFFEKT

Atmosfären består av ett stort antal gaser. Kväve och syre är huvudbeståndsdelarna i det vi kallar luft. Koldioxid ( $\text{CO}_2$ ), *CFC* (freoner), *metan*, och *lustgas* tillhör den grupp som kallas "växthusgaser". Jorden värms hela tiden av solens strålar som har kort våglängd. Samtidigt strålar jorden ut värme som har lång våglängd. En del av denna värmestrålning reflekteras och stängs inne i atmosfären av växthusgaserna, som har fått sitt namn av att glasrutorna i ett växthus fungerar på samma sätt.

Växthuseffekten är dessutom både naturlig och livs-nödvändig. Om inte den fanns skulle jordens medeltemperatur vara 18 minusgrader i stället för dagens 15 plusgrader.

Diskussionerna kring växthuseffekten har dominerat miljödebatten under 1990-talet. Många menar att temperaturen på jorden kan stiga till följd av våra stora utsläpp av föroreningar och växthusgaser, vilket kan leda till flera ödesdigra konsekvenser: de stora inlandsisarna kan smälta, torra områden blir torrare, regniga områden blir regnigare, vi får medelhavsklimat i Sverige o s v.

Alla är inte överens om att klimatet och därmed livet på jorden påverkas av våra utsläpp. Många samverkande faktorer bestämmer jordens klimat. Exempel på detta är att om temperaturen ökar p g a växthusgaserna bildas det mer moln. Vidare har man konstaterat att svavel kan verka avkylande. Men givetvis orsakar dessa utsläpp andra allvarliga miljöeffekter istället, så riktigt så enkelt är det inte.

Stora naturliga temperaturvariationer har skett under den tid som jorden har existerat. Det har dock konstaterats att sedan industriernas omfattande verksamheter började för ca 250 år sedan har koldioxidhalten i atmosfären ökat med ca 25 %. Koldioxid bildas när vi eldar t ex med träkol, ved eller *fossila bränslen*. Genom att använda fossila bränslen tillför vi stora mängder kol till atmosfären som idag inte ingår i det naturliga utbytet mellan biomassa och atmosfär. Gasen binds åter i växternas biomassa genom växternas fotosyntes, varvid det bl a bildas syre. Denna process hanteras av världshavens plankton, världens skogar och annat växtliv.

För att minska samhällets inverkan har det upprättats internationella överenskommelser för att skärpa restriktionerna för utsläpp av växthusgaser. Den mest kända av dessa överenskommelser avseende växthusgaser är *Kyotoprotokollet*.

Världens samlade utsläpp av koldioxid beräknas till ca 23 miljarder ton per år. De svenska utsläppen är mindre än 0,3 % av detta. Sverige är internationellt sett duktigt på att minska utsläppen av koldioxid, minus 45 % mellan 1970 och 1990. Kyotoprotokollet slår fast att den industrialiserade delen av världen skall minska sina CO<sub>2</sub>-utsläpp med 5,2 % jämfört med 1990 års nivå till perioden 2008–2012. Under våren 2001 hoppade USA av avtalet.

## VÄXTHUSEFFEKTEN OCH STÅLINDUSTRIN

Koldioxid är stålverkens största enskilda atmosfäriska emission. Främst gäller detta de malmbaserade verken. Kolet i koks är ett effektivt reduktionsmedel som frigör syre från järnmalmen och bildar råjärn och koldioxid. Detta processkol genererar ca 80 % av den svenska stålindustrins CO<sub>2</sub>-utsläpp. Resterande utsläpp av koldioxid kommer till stor del från användning av gasol och eldningsolja.

Den svenska stålindustrin genererar ca 5 miljoner ton CO<sub>2</sub> (2000), vilket motsvarar 9 % av de svenska utsläppen.

Den svenska stålindustrin arbetar flitigt med att minska dessa utsläpp. Mellan 1987 och 1997 gjordes processförbättringar som innebär 23 % lägre koldioxidutsläpp med motsvarande produktion.

De åtgärder som alla kan göra för att minska utsläppen av växthusgaser är främst att minska energianvändningen samt byta de fossila bränslena mot andra typer av energikällor. För stålindustrin kan det i framtiden kanske röra sig om att använda alternativa reduktionsmedel.

## FÖRSURNING

Graden av surhet i en lösning är förknippad med koncentrationen av vätejoner (H<sup>+</sup>). Måttet på hur sur eller basisk (alkalisk) en lösning är anges i pH, vilket vanligtvis ligger mellan 0 och 14. Är pH-värdet under 7,0 har lösningen ett överskott av vätejoner och sägs då vara sur.

Försurningen av mark och vattendrag var den mest uppmärksammade miljöfrågan i Sverige på 1980-talet. Försurningen är nästan helt orsakad av förbränning av fossila, svavelhaltiga bränslen. Märkbare långtidseffekter från försurningen är bl a toxiska effekter i skogar och mindre insjöar. Cirka 17 000 svenska sjöar är försurade.

Effekterna från försurningen har främst märkts på skogarna i Centraleuropa, samt i vattendrag i Sverige och Finland. Särskilt drabbade områden i Sverige har kalkfattig mark. Stora insatser har gjorts för att höja pH-värdena i vattendrag genom att tillföra kalk, som är basisk.

En effekt av sänkta pH-värden är att metaller frigörs som annars ligger bundna i marken. Metallkoncentrationerna i det mottagande vattnet kan bli betydligt högre än normalt och metallerna kan tas upp av djur och människor, vilket kan leda till olika sjukdomstillstånd.

Försurning orsakas främst av de kemiska föreningarna *svaveloxider* ( $\text{SO}_x$ ) och *kväveoxider* ( $\text{NO}_x$ ). När t ex kol eller olja eldas, förbränns de ingående svavelföreningarna till svaveldioxid, som i kontakt med vatten kan bilda svavelsyra och andra sura ämnen. Vid förbränning, t ex i bilmotorer, bildas kväveoxider som i kontakt med fuktig luft kan bilda salpetersyra, en annan mycket sur förening.

Det svenska samhället genererar ca 54 000 ton svavel-föreningar per år (1999). Massa- och pappersindustrin står idag för över 1/3 av de nationella utsläppen och energiproduktionen för nära hälften. En betydande del av de svenska föroreningarna kommer också från den regionala vägtrafiken.

Anmärkningsvärt är att av de försurande föroreningarna som faller ner i Sverige kommer 80 % från utlandet, främst från kolkraftverk i Östeuropa och från industrier i Tyskland och Storbritannien.

Hårda krav från myndigheter har lett till att utsläppen av försurande föroreningar minskar kraftigt. Försurningen går märkbart långsammare nu än för 20 år sedan. Dock uppskattas att nedfallet av sura ämnen fortfarande är fem gånger större i södra och västra Sverige än vad naturen tål.

## FÖRSURNINGEN OCH STÅLINDUSTRIN

Tack vare modernisering av tekniken för malmförädling och stål tillverkning samt övergång till svavelfattig olja eller gasol har svavelutsläppen minskat kraftigt inom den svenska stålindustrin. Den största stålproducenten har minskat utsläppen till nära 1/8 av värdet för 15 år sedan. Den svenska stålindustrin genererar ca 1 700 ton svaveldioxid per år (2000).

Stålindustrins minskade användning av eldningsolja och andra fossila bränslen leder på sikt till ytterligare minskade utsläpp av försurande föreningar.

## ÖVERGÖDNING

Övergödning, eller eutrofiering, är en miljöeffekt som främst uppstått i fotspåren av allt högre krav på avkastning inom jordbruket. De för växterna viktiga näringsämnena kväve (N) och fosfor (P) har på flera håll tillförts genom gödsling i så stora mängder att växter i vatten och på land börjat växa till på ett ohämat sätt. Luftföroreningar, bl a från fordonstrafik, har också bidragit till ett stort nedfall av kväve.





Dessa näringsämnen transporteras naturligt med regnvattnet och hamnar slutligen i våra vattendrag. De mest påtagliga resultaten är igenvuxna åar och sjöar, samt algblomning och syrebrist i sjöar och hav. Vid algernas föruttnelse på bottenarna går vattnets lösa syre åt till nedbrytningen och det blir inget över till fisk och plankton. Sörjan som breder ut sig kväver därmed både bottenliv och de som lever i vattnet. Alger kan dessutom avge giftiga ämnen som kan skada djurlivet svårt.

En annan konsekvens av övergödningen är att träden i våra skogar växer för fort vilket medför att de blir känsliga för frost, torka, vind och insektsangrepp. Markerna är *mättade* på kväve, och för att naturen ska återfå sin balans måste kvävetillförseln minska med ca 60 % i södra Sverige, och lite mindre i norra Sverige.

Det svenska samhällets årliga utsläpp av kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) uppgår till drygt 267 000 ton (1999). De nationella utsläppen har ändå minskat med över 30 % de senaste 15 åren.

De stora  $\text{NO}_x$ -utsläppen sker i huvudsak genom olika transporter och annan förbränning av fossila bränslen. Utsläppen kan därmed minskas genom användning av alternativa bränslen eller genom att i högre grad använda sig av järnväg för transporter. Bilar förses idag med katalysatorer som omvandlar  $\text{NO}_x$  till kvävgas.



Utsläppen av kväve till vatten var i Sverige 1998 ca 87 000 ton. En stor del av det kväve och den fosfor som tillförs marker och vattendrag hamnar så småningom i Östersjön. Genom att mäta halter av dessa ämnen i Östersjön försöker man uppskatta hur de nationella utsläppen förändras. Utsläpp av kväve och fosfor till vatten

har minskat något under senare år, men minskningen är inte lika tydlig som för utsläppen till luft.

## ÖVERGÖDNINGEN OCH STÅLINDUSTRIN

Av samhällets årliga utsläpp av kväveoxider står den svenska stålindustrin för 3 000 ton eller cirka 1 % av de totala utsläppen.

Utsläppen av kväveoxider från stålproduktionen kommer från förbränning i ugnar och ångpannor, från ljusbågsugnar samt från betning med salpetersyra.

Vid förbränning i hög temperatur sker reaktion mellan luftens syre och kvävet i luften och i bränslet.  $\text{NO}_x$ -bildningen kan minskas genom att luften införs stegvis i förbränningszonen, eller genom att rökgaserna tvingas tillbaka till förbränningszonen (s k låg- $\text{NO}_x$ -brännare). I täta satsvisa ugnar kan förbränning med ren syrgas (oxyfuel-brännare) ge minskad energianvändning och låga  $\text{NO}_x$ -utsläpp. Vid skrotsmältning i ljusbågsugnar bildas också kväveoxider, men genom att försöka hindra inträngning (läckage) av luft kan  $\text{NO}_x$ -utsläppen minska. Detta kan ske genom att hålla ugnen så tät som möjligt och ha ett litet övertryck i ugnen.

Vid betning av rostfritt stål med salpetersyra ( $\text{HNO}_3$ ) bildas också kväveoxider, men genom att tillsätta väteperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) återbildas syran genom en reaktion mellan kväveoxiderna och väteperoxiden varvid både kväveoxidutsläppen och användningen av syra minskar.

## OZONLAGERUTTUNNING

I de yttre delarna av atmosfären – i *stratosfären* – finns gasen ozon ( $\text{O}_3$ ) i låga koncentrationer i form av ett gasmoln. Detta ozon bildas genom att solens strålning omvandlar syrgas till ozon. Det stratosfäriska ozonlagret fångar upp en del av solens *UV-strålning* (UV-B) som är mycket energirik. UV-B strålningen har förmåga att sönderdela molekyler och i för stora doser har den förödande konsekvenser på levande organismer. UV-B-strålning orsakar bl a cancer. En näraliggande fara med ökad UV-B-strålning är att världshavens växtplankton skadas och minskar i tillväxt och därmed påverkas allt liv i haven.

När ozonet absorberar UV-B-strålningen förstörs ozonmolekylen. Normalt sker återbildningen i samma takt som nedbrytningen men under 1980-talet fann forskare att ozonlagret regelbundet förtunnas kraftigt i ett stort



*Atmosfären och de gaser som den är sammansatt av är livsviktig för allt liv på jorden, men sedan industrialismen inleddes har förhållandet mellan beståndsdelarna i atmosfären ändrats. Vad detta kan få för konsekvenser vet man ännu inte, men en effekt som diskuteras är att medeltemperaturen på jorden kan komma att höjas.*

område över Antarktis, men även över andra områden. Ozonnedbrytningen går fortare i de områden där atmosfären är mycket kall.

De mest ozonnedbrytande ämnena är CFC-föreningar (freoner), samt olika bromföreningar. CFC-föreningarna har gradvis fasats ut i Sverige och användningen av dessa föreningar upphörde i stort sett helt efter 1996. CFC består i tiotals år och det tar dessutom 20–30 år för dessa ämnen att nå ozonlagret. Även om vi idag skulle införa ett totalstopp av utsläppen så skulle alltså ozonhålet fortsätta att öka under flera decennier.

Det finns i de allra flesta fall alternativ till CFC för användning i kylar, frysar, sprayburkar och skumplast mm. Det finns även så kända mjuka freoner som är mindre skadliga, HCFC. Sverige har dock satt som mål att även användningen av dessa ska avvecklas till 2015.

## OZONLAGERUTTUNNINGEN OCH STÅLINDUSTRIN

CFC har tidigare använts inom stålindustrin i fasta och mobila kylanläggningar. CFC-föreningarna har under 1990-talet fasats ut och ersatts av mjuka freoner och i vissa fall ammoniak. Kylanläggningarna är slutna system och kontrolleras kontinuerligt för att undvika läckage.

## FOTOKEMISKA OXIDANTER OCH MARKNÄRA OZON

Marknära ozon kan uppkomma vid varmt och soligt väder genom kemiska reaktioner mellan kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) och kolväteföreningar (HC) eller andra så kallade VOC. Kväveoxider och kolväten uppstår främst vid energiproduktion, vägtrafik, småskalig vedeldning, lösningsmedelsanvändning och vissa andra industriella processer. Marknära ozon, som utgör ca 10 % av den totala ozonmängden, hör till de så kallade fotokemiska oxidanterna.

Det tar relativt lång tid för dessa fotokemiska oxidanter att bildas. Det medför att de högsta halterna av marknära ozon ofta uppmäts utanför de områden inom vilka de stora utsläppen av kolväten och kväveoxider sker.

Ozonet i sig är relativt långlivat. I kombination med den långa bildningstiden medför det att merparten av det marknära ozon som förekommer i Sverige har transporterats hit med vindar från Centraleuropa.

Ozon är en starkt reaktiv gas som kan vara frätande på

vegetation. Man har visat att ozonet har dödat hela skogsområden. Man kan se spår utmed hårt trafikerade vägar. Höga ozonhalter kan även påverka människans hälsa genom förmågan att irriteraslemhinnor och lungor.

## FOTOKEMISKA OXIDANTER OCH STÅLINDUSTRIN

Utsläppen från den svenska stålindustrin av VOC och kolväten är mycket små jämfört med Sveriges totala utsläpp. Främst kommer utsläppen från användning av lösningsmedelsbaserade färger eller från lösningsmedel i samband med rengöring.

## TOXISKA EFFEKTER

Med toxiska effekter menar vi effekter från ämnen som verkar förgiftande (toxiskt) och som alltså är direkt farliga för miljö och hälsa.

Miljögifter är nästan alltid exempel på farliga och naturfrämmande ämnen - kemikalier som människan frivilligt eller ofrivilligt har producerat. En stor grupp är *organiska miljögifter*. Toxiska effekter kan även uppkomma vid överdosering av ämnen som kan vara nyttiga i normala mängder.

Spridningen av organiska miljögifter sker främst från förbränning och användning av olika kemikalier. Miljögifterna sprids även från kemisk industri, pappersindustri, metallindustri och soptippar. Besprutning mot "ogräs" och insekter är globalt ett vanligt sätt att sprida miljögifter. Några av de mest kända organiska föreningarna är DDT, PCB, dioxin och klorparaffiner.

Vissa föreningar är sk fotokemiska oxidanter som blir farliga först efter omvandling ute i naturen. Andra ämnen är fortfarande bundna i sina produkter och har därför ännu inte nått ut i naturen.

Det kan gå många år innan de organiska miljögifterna bryts ner och nedbrytningen sker långsammare i kalla områden. De vållar främst skador på djur och slår hårdare ju längre upp i näringskedjorna de förekommer. Detta beror på att de organiska miljögifterna kan lagras i levande organismers vävnader, så kallad bioackumulering. Exempel på drabbade grupper är sälar, rovfåglar och människor.

Kunskapen om vilka direkta och indirekta effekter många kemikalier har på miljön är i dag inte tillräcklig. FN har beräknat att ca 10 000 personer dör och ca 400 000 skadas varje år av bekämpningsmedel i världen. Vidare vet man att livet både i industrinära hav (t ex i Öster-

sjön) som i svenska fjällsjöar påverkas av de organiska miljögifterna. I svenska sjöar har det dock skett vissa förbättringar sedan metoden att klorbleka pappersmassa har ersatts med bättre metoder och sedan de gamla tvättmedlen bytts ut mot mindre miljöpåverkande.

## TOXISKA EFFEKTER OCH STÅLINDUSTRIN

Utsläpp av toxiska ämnen från stålindustrin hänger ofta ihop med störningar i processerna. Exempel på detta är cyanid från masugnar som kan förekomma i tillfälliga utsläpp i samband med processproblem. Cyanid är akut toxiskt om koncentrationen i t ex vatten blir för hög, men cyanid oxideras snabbt och lagras inte i naturen. Från koksverken förekommer utsläpp till luft av polyaromatiska kolväten (PAH). Utsläpp av dioxiner kommer i någon mån från elektrostälverk. Bildningen av dioxin sker i ett visst temperaturintervall och de dioxiner som bildas binds i hög grad till stoft.

Genom att styra temperaturen på rökgaserna och ta hand om stoftet med effektiva filter kan utsläppen av dioxin hållas mycket låga.

## RESURSUTARMNING

För att tillverka en produkt eller utföra en handling behövs resurser i form av råvaror och energi. Grundämnen eller energi kan varken tillverkas eller förstöras, men de kan ändra koncentration, form och andra egenskaper ett oändligt antal gånger.

Mycket sällan använder vi ett rent grundämne som resurs, utan snarare ett stort antal kemiska föreningar med fördelaktiga egenskaper. Lika sällan använder vi också energi i dess naturliga form, utan omvandlar den till en typ av energi som lättare kan tillgodogöras, t ex som el eller värme.

För att hålla igång vårt moderna samhälle krävs oerhört mycket resurser. För att kunna få tillräckligt mycket resurser måste vi bearbeta och förädla naturliga resurser till andra mer användbara resurser i flera steg. Till de naturliga råvarorna kan vi t ex räkna skogar, *malmer*, olja och vatten, och till de förädlade resurserna t ex ved, järn, bensin och elektricitet.

Alla nödvändiga resurser finns inte i obegränsade mängder utan kommer med en fortsatt hög grad av nyttjande att "ta slut" i sin naturliga form - resurserna utarmas. Om resursuttaget är större än nybildandet av samma re-



*Stålindustrin har kommit långt i sitt miljöarbete, men precis som all annan industriell verksamhet påverkar stålindustrin miljön genom resursuttag och utsläpp till luft, mark och vatten.*

surs kallas den för ”ändlig resurs” eller icke förnyelsebar resurs. Motsatsen är en förnyelsebar resurs. Exempelvis kan fossila bränslen, naturgrus och vissa malmer definieras som ändliga resurser, medan skog, vatten, vind och solstrålning räknas till de förnyelsebara resurserna. Användningen av dessa har dock vissa begränsningar och de kan därför inte överutnyttjas.

Att vissa resurser betecknas som förnyelsebara och andra inte, betyder inte att de ej förnyelsebara inte förnyas. Det gör de – men på längre sikt. Indelningen beror på att begreppet förnyelsebar är kopplad till människans tidsperspektiv vilket innebär att de förnyelsebara resurserna bör förnyas inom 50–100 år för att kunna kallas så.

Fossila bränslen är en grupp naturresurser som många har befarat kan ta slut redan under 2000-talets första århundrade. Det kommer få ödesdigra konsekvenser för vårt samhälle om vi inte snabbt kan ersätta dem med andra råvaror eller energiformer. Men det är svårt att säga hur länge en resurs räcker eftersom beräkningarna baseras på kända tillgångar och på vad som är tekniskt och ekonomiskt brytvärt.

Förädlade resurser som kan återvinnas, t ex metaller, är också en tillgång som innebär att den naturliga resursen inte behöver utnyttjas i samma grad. En naturresurs tar sannolikt inte helt slut, utan priset stiger med minskad tillgång vilket leder till att billigare alternativ tas fram.

## RESURSUBARMNINGEN OCH STÅLINDUSTRIN

Exempel på primära råvaror för stålframställning är metallmalmer, kol, kalksten, vatten och olja. Förädlade råvaror är t ex stålskrot, järnsvamp, zink, legeringsmetaller, koks, kalk och bensin. De ändliga resurser som används i stålindustrin är främst malm och fossila produkter som olja och kol. Tack vare processförbättringar har stålindustrin halverat kolanvändningen per ton produkt under det senaste århundradet. Användningen av gas och olja minskar ständigt.

Den svenska stålindustrin använde under 2000 cirka 23 TWh energi, samtliga energiråvaror inkluderade. År 1999 var den totala svenska energianvändningen cirka 440 TWh.

Moderniseringen av de svenska stålverken och utveckling av mindre energikrävande metoder har lett till att den specifika användningen av elenergi, olja och gasol (per ton stål) har minskat med mellan 30 och 40 % under de senaste 15 åren.

## ORDFÖRKLARINGAR:

### ALLOKERING

Betyder fördelning och avser dels fördelning av en miljöparameter mellan olika inflöden till en process, en s k multi-inputprocess till en process, dels mellan olika utflöden från en process, s k multi-outputprocess. Allokering kan även avse en fördelning över materialets eller produktens olika livscyklar, om det går att återvinna eller återanvända det eller de material som ingår i produkten.

### BIOTILLGÄNGLIG

Tillgänglig för levande växter och djur, d v s möjlig att ingå i det biologiska kretsloppet. För metaller kan den biotillgängliga delen variera från mycket liten till en större del av metallmängden.

### CFC

Samlingsnamn för en grupp klor-fluor-karboner (CFC-föreningar) som tidigare användes i bl a kylskåp, sprayburkar och skumplast, men som numera är förbjudna i Sverige. CFC-föreningarna är mest kända för att bryta ner stratosfärens ozon (O<sub>3</sub>) som skyddar oss mot skadlig ultraviolett (UV) strålning. Ett känt produktnamn är Freon, vilket i dagligt tal brukar beteckna CFC.

### DDT

Ett vitt vattenolösligt ämne som lanserades 1942 som ”riskfritt” insektsbekämpningsmedel. DDT och nedbrytningsprodukten DDE kvarstår länge i naturen och vållar nervskador hos främst fisk och fiskätande djur. Besprutning med DDT förbjöds i Sverige på 1970-talet.

### EKOLOGI

Läran om samspelet mellan de levande organismerna och deras omvärld.

### FOSSILA BRÄNSLEN

Kolföreningar från döda växt- och djurdelar som lagrats i hundratals miljoner år på t ex gamla havsbottnar. Exempel är olja och stenkol.

### FOTOKEMISKA OXIDANTER

Luftföroreningar som bildas kemiskt ur andra föroreningar vid god tillgång till energi från solens ljus (lat: foto). Oxidanter är reaktiva syreföreningar. Den viktigaste av dessa är ozon (O<sub>3</sub>). När luften innehåller mycket fotokemiska oxidanter och olika partiklar, brukar blandningen kallas ”fotokemisk smog”.

### FUNKTIONELL ENHET

Den funktionella enheten används för att beskriva en klart definierad funktion för en viss produkt eller tjänst, vilket bl a möjliggör jämförelser med andra produkter. Exempel på en funktionell enhet för ett färgsystem (en målarfärg) kan vara 1 m<sup>2</sup> färgbelagd yta med färgtjocklek om 0,18 mm och en teknisk livstid på tio år.

### FÖRSIKTIGHETSPRINCIPEN

Försiktighetsprincipen, som är miljöbalkens grundläggande hänsynsregel, innebär att redan risken för skador och olägenheter medför en skyldighet att vidta åtgärder för att hindra negativa effekter på hälsa och miljö.

### GWP

Global Warming Potential, d v s den potentiella förmågan för vissa emissioner att bidra till den globala uppvärmningen. Termen används för att beskriva bidraget till växthuseffekten, och anges i enheten ”CO<sub>2</sub>-ekvivalenter”, d v s man sätter index för CO<sub>2</sub> till 1,0 och jämför de andra växthusgaserna, t ex metan och freoner, med CO<sub>2</sub>.

## METALLER – NYTTIGA OCH FARLIGA

Vår värld består av ca 110 hittills kända grundämnen. Av dessa är 85 metaller, sex s k halvmetaller och 19 icke-metaller. Endast åtta metaller anses vara lättmetaller. De övriga 77 är därmed *tungmetaller*. Aluminium och järn är två av jordens fyra vanligaste grundämnen, något som ytterligare understryker att metaller förekommer naturligt i stora mängder överallt i vår miljö.

Många metaller fyller livsnödvändiga funktioner i alla levande organismer. Exempel på dessa är järn, zink, koppar och krom. För några metaller har man ännu inte funnit att de har någon biologiskt fördelaktig funktion – de gör endast nytta i det tekniska kretsloppet. Exempel på dessa metaller är bly, kadmium och kvicksilver. Användningen av dessa tre metaller och andra giftiga ämnen skall enligt riksdagens miljökvalitetsmål ha upphört före 2020 i nya produkter. Ämnena kan främst ha skadlig inverkan på människor och djur som står högt upp i näringskedjan.

Bly används ännu i vissa bränslen samt i kristallglas och ammunition. Blyersättningsmedel finns idag på marknaden för dessa funktioner. Bly kan förekomma i ett fåtal rostskyddsfärger (blymönja) med särskilt tillstånd från myndigheter. För vissa mekaniska komponenter i stål med höga krav på ytfinhet finns idag inga godtagbara alternativ till blylegerat stål (max 0,35 % bly). Sverige tillverkar inget sådant råstål, utan allt importeras och till stor del kallbearbetas inom landet till färdig produkt. Användningen av bly har minskat kraftigt under senare år och har i vissa applikationer upphört helt. Ett betydande exempel är som tillsats i bensin. Idag finns ingen blyad bensin att köpa i Sverige. Kadmium finns bl a i konstgödsel, batterier och som ytskikt på vissa motorkomponenter.

Utsläppen av dessa metaller från industrier har minskat kraftigt under senare år tack vare mindre mängder i inkommande råvaror och förbättrad stoftrening i smältugnar.

Kvicksilver används i amalgam för tandfyllningar, termometrar mm och används fortfarande i vissa batterier och i elektriska kontakter.

I bilens "airbag" används kvicksilver i kontakter för att den vid en kollision snabbt skall kunna fyllas med luft. Användning av amalgam i tänder har gjort krematorier till en av de största utsläppskällorna av kvicksilver.

Gemensamt för många metaller är att större delen av

dagens utsläpp ansamlas i det slam som avskiljs i reningsverk. Slam är ett effektivt och billigt gödningsmedel inom jordbruket. Därför finns det idag lagar som reglerar användning, handhavande och halter av vissa metaller i avloppsslam.

Vissa metaller är *humans essentiella* mikronäringsämnen som vi behöver tillföra kroppen i väl avvägda mängder för att vi ska må bra. Exempel på dessa metaller är järn, zink, mangan och koppar. Essentiella metaller ger vid normal tillförsel inte upphov till reaktioner som allergi eller förgiftning. För alla ämnen, inte bara metaller, gäller att "lagom är bäst". Får vi eller naturen för lite av ett ämne kan naturen ersätta det saknade ämnet med ett annat mycket farligare. Överdoserar vi tillförseln kan förgiftning uppstå, även om de normalt är nyttiga ämnen. För de nyttiga metallerna har människor, djur och växter genom årmiljonerna utvecklat ett system för att reglera upptagning och utsöndring. För att detta ska fungera måste metallerna finnas i en *biotillgänglig* form. Du kan t ex inte äta trådspik i tron att du tillför dig själv ett nyttigt näringstillskott, utan järnet och zinken måste ingå i särskilda kemiska föreningar för att de ska kunna tillgodogöras. Järn behövs bl a för vår produktion av röda blodkroppar och zink bl a för att styra kroppens proteiner.

Ett rekommenderat intag av zink hos en vuxen person är 7–9 mg per dag. Som jämförelse innehåller ditt blod 2000 gånger mer zink än de svenska vattendragen.

En vanlig missuppfattning är att alla metallutsläpp till luft, vatten och mark skulle vara miljö- och hälsoskadliga. Det är de inte så länge de finns i vanliga icke biotillgängliga former eller i miljöer där de inte kan bilda ohälsosamma föreningar tillsammans med andra ämnen.

Kontaktallergier mot metaller som nickel kan uppstå hos överkänsliga personer. Det gäller främst långvarig hudkontakt med t ex smycken.

Nickel är också en essentiell metall, så allergin antas bero på flera samverkande parametrar där inte bara en överdosering av metallen har betydelse. Nickel i rostfritt stål är bundet, så risken för en allergisk reaktion är i de flesta fall obefintlig.

Stål är som tidigare nämnts en legering med järn (Fe) som basmetall samt ibland en eller flera av metallerna krom (Cr), nickel (Ni) och molybden (Mo). Stål ytbeläggs i många fall med zink (Zn) eller aluminium (Al).

Vetenskapliga undersökningar av Sveriges marker, vat-



ten, växter och djur visar att halterna av Fe, Cr, Ni, Mo och Zn generellt ligger på så låg nivå att inga skadliga effekter föreligger. Förhöjda halter finns i tätorter och i närområdena kring de största lokala utsläppskällorna i landet.

När det gäller zink är halterna i jordbruksmark på flera ställen så låga att man talar om zinkbrist. Denna undernäring kan missgynna grödornas tillväxt och sänka vårt naturliga intag av detta mikronäringsämne. Ett problem med zink är att zinkmalm ofta innehåller ett antal olika metaller förutom zink, bl a den mindre önskade metallen kadmium.

Detta medför att framställning av zink även kan frigöra kadmium vilket inte är önskvärt. En allt större del av zinken återvinns och då undviks de geologiska kopplingarna till kadmium.

Järn- och stålindustrin står för knappt 3 % av Sveriges industriers totala metallutsläpp till vattendragen, vilket får anses vara ett gott betyg. Det mesta kommer från gruvnäringen samt från massa- och pappersindustrin.

Stora utsläppskällor är förutom industriproduktionen även avloppsreningsverken, förbränningsanläggningarna och fordonstrafiken.

Eftersom Sverige har en mineralrik berggrund har också de naturliga metallhalterna stora variationer inom landet.

#### **HUMANESSENTIELL**

Livsnödvändig för människan.

#### **HÅLLBAR UTVECKLING**

Utveckling under lång tid utan att göra avkall på miljö, hälsa, ekonomi och andra välfärdsfaktorer.

#### **INDEX**

För miljöpåverkans kategorier innebär index ett framräknat eller uppskattat tal som beskriver den relativa miljöpåverkan som utsläpp eller användning av respektive parameter kan medföra.

#### **ISO 14000**

ISO står för International Organisation for Standardization, översatt: Internationella Standardiseringsorganisationen som bildades 1946. Organisationen ger ut internationella standarder för arbete inom flera områden, t ex miljö och kvalitet. Standarden för miljöarbete kallas ISO 14000, och innehåller miljöledningssystem (14001-), miljörevision (14010-), miljömärkning (14020-), miljöprestanda (14031), LCA (14040-), miljöterminologi (14050), och produktstandarder (14060). Svensk medlem i ISO är Standardiseringskommissionen i Sverige, SIS.

#### **KYOTOPROTOKOLLET**

Internationell överenskommelse som upprättades 1997 i Kyoto, Japan, för att begränsa de globala utsläppen av växthusgaser. Globalt gäller att industriländerna i genomsnitt ska minska sina utsläpp med 5,2 % i jämförelse med 1990 års nivå. USA hoppade dock av avtalet under våren 2001.

#### **LCA**

Från engelskans Life Cycle Assessment, vilket betyder Livscykelbedömning, d v s en bedömning av en vara och dess egenskaper under dess definierade livscykel. En "livstid" kan innehålla flera cykler. Den svenska termen är LivsCykelAnalys.

## HUR MAN BEDÖMER MILJÖPÅVERKAN

För att kunna skapa sig en uppfattning om miljö- och hälsoeffekternas storlek, vill man kunna värdera miljöpåverkan och sätta olika utsläpp, effekter eller andra parametrar i relation till varandra. ”Vad kostar ren luft?”, ”Är det bättre att tillverka en ny och miljövänligare produkt än att återvinna den gamla?” eller ”Om vi måste välja – Är försurning bättre än övergödning?” är exempel på frågor vi gärna vill kunna svara på.

Många har försökt att på olika sätt värdera miljön. Baserat på skadeverkningarnas typ och storlek har man även försökt värdera utsläpp, råvaror och energi. Värderingen av miljöaspekter och miljöegenskaper överläter vi oftast till expertis i form av myndigheter och organisationer. En fördel är att detta underlättar värderingen och valet av bättre miljöanpassade produkter för gemene man, en nackdel är dock att vi själva inte kan välja vilka miljöparametrar som vi tycker är viktigast. En produkt som är bättre ur en aspekt kan vara sämre ur en annan. Det är därför viktigt att man ser på helheten och inkluderar produkttegenskaper som funktionalitet, livslängd, återvinningsbarhet mm för att kunna göra en total miljöbedömning. Detta saknas ofta i de enklare miljöbedömningsmetoderna.

## MILJÖMÄRKNING

En metod som miljöorganisationer, och i vissa fall företag och myndigheter, använder sig av för att jämföra olika produkters miljöpåverkan är värdering genom *miljömärkning* enligt ISO 14000-serien. Märkningen kan vara av tre olika typer:

- Typ I miljömärkning: miljömärkning ISO 14024
- Typ II miljömärkning: egna miljöuttalanden ISO 14021
- Typ III miljömärkning: miljödeklarationer ISO/TR 14025

Det som utmärker dem alla är att bedömningen ska ske ur ett livscykelperspektiv.

”Marknadens val” – d v s vars och ens val – betyder mycket för miljön.

Att välja en miljöanpassad produkt trots ett kanske högre inköpspris, medför att belastningen på miljön kan

reduceras samt att varan på lång sikt kan bli billigare. Med stöd av t ex miljömärkning överläter vi värderingen av en produkts *relativa miljöegenskaper* till någon annan som vi antar är mer kunnig än vi själva inom området, t ex en miljöorganisation. Typ I miljömärkning sker vanligen med en egen symbol, medan värderingen baseras på några utvalda parametrar som den värderande organisationen anser vara viktiga i ett miljösammanhang. De mest kända miljömärkena i Swedish Standards Institute (SIS) ”Svanen”, Svenska Naturskyddsföreningens ”Bra miljöval” och EUs märke ”EU-blomman”.



Några kända miljömärkningsymboler, Svanen, EU-blomman och Bra Miljöval.

Ramar för hur miljömärkning av Typ I ska utföras och tolkas finns specificerade i den internationella standarden ISO 14024.

Att en vara är miljömärkt med t ex Svanen behöver inte alls innebära att varans faktiska miljöbelastning är låg, enbart att den för stunden enligt en värderare är miljömessigt bättre, baserat på de uppställda kriterierna, än liknande produkter för samma användning.

För tillfället är endast produkter inom ett begränsat antal produktgrupper värderade, vilket innebär att avsaknad av miljömarke inte behöver betyda att produkten har en hög miljöbelastning.

Det som utmärker Typ I miljömärkning är att produkten ska vara tredjepartsgranskad, d v s den ska vara granskad av en oberoende expert eller expertgrupp. Den stora fördelen med Typ I miljömärkning är att vi som konsumenter kan få hjälp att köpa och använda produkter som miljöexpertisen tror innebär den lägsta miljöbelastningen. Miljömärkning Typ II (egna miljöuttalanden) skiljer sig gentemot Typ I miljömärkning genom att de inte är tredjepartsgranskade. Dessa egna miljöuttalanden ska dock enligt ISO 14021 vara verifierbara, d v s det ska gå att kontrollera de uppgifter som har lämnats och informationen ska vara vetenskapligt bevisbar. Typ II-märkning ger till skillnad mot Typ I inte några anvisningar om vilka



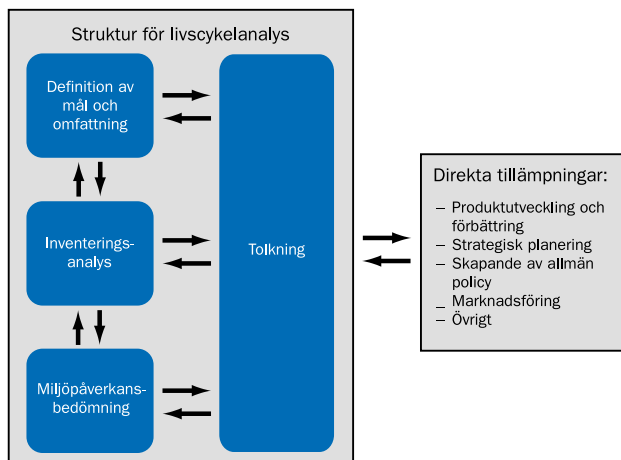
produkter som är lämpliga att välja ur ett miljöperspektiv, utan användaren av informationen måste själv bedöma produkten. Exempel på Typ II miljömärkning är de tre cirkulationspilarna (Möbiusslingan) som betecknar återvinningsbarhet och byggvarudeklarationer, som används för att deklarerar byggvarors innehåll och miljöpåverkan på både inre och yttre miljö under dess livscykel.

Miljödeklarationer är en annan form av miljömärkning: typ III-märkning enligt ISO/TR 14025. Många produkter är alltför komplexa för att det ska vara möjligt att sätta upp kriterier för miljömärkning typ I. Detta innebär att alla produkter inte kan miljömärkas med t ex Svanen. Miljödeklarationer gör det därför möjligt för kunden att själv bedöma vilken produkt han anser vara den miljömässigt bästa för tillfället. En miljödeklaration är en varuspecifikation som beskriver en produkts miljöprestanda och miljöpåverkan. Efterfrågan av denna faktabaserade information har ökat kraftigt sedan mitten av 1990-talet.

Efterfrågan kommer främst från företagets kunder som önskar information om företagets miljöarbete och produkternas miljöprestanda.

Typ III-deklarationer är baserade på en livscykelanalys (LCA) av den deklarerade produkten och ska betrakta hela den studerade produktens livscykel.

Miljödeklarationer ska vara expertgranskade för att säkerställa att de uppfyller kraven i ISO 14040-43 samt ISO 14025.



LCA-studiens faser. Pilarna i figuren symboliserar den iterativa karaktären hos en LCA-studie (ISO 14040).

#### LCE

LifeCycle Economy, d v s livscykelekonomi.

#### LCC

Life-Cycle Cost, d v s livscykelkostnad.

#### LCI

Life Cycle Inventory som betyder Livscykelinventering, d v s en kartläggning och storleksangivelse av material- och energiflöden under produktens livscykel.

#### LIVSCYKEL

Tidsperiod från födelse till död eller återuppståndelse. Uttrycket "från vaggan till graven" är vanligt förekommande i miljösammanhang.

#### LUSTGAS

Gasförening mellan kväve och syre som kemiskt heter dikväveoxid (N<sub>2</sub>O). Används bl a inom medicinen som narkosmedel. Vid inandning ger den en euforisk och lustfylld känsla, därav namnet. Utsläpp sker främst från fordon med katalysatorrening.

#### MALM

Malm är en ekonomisk term och står för en i naturen förekommande, metallhaltig mineralkoncentration vilken är brytvärd ur ekonomisk synvinkel. Alltså skiftar andelen metall i en malm tidsperiod till tidsperiod och påverkas av den tekniska utvecklingen av gruvbrytning, förädlingsprocesser, påträffade fyndigheter, metallens ekonomiska värde, etc. Detta innebär att när man diskuterar hur många år en viss malmfyndighet räcker (malmareserven) utgår man från dagens tillgängliga teknik och det aktuella metallpriset. Malmareservens storlek har alltså inget direkt samband med den mängd av den aktuella metallen, som finns i jordskorpan.

#### METAN

Brandfarlig gas med kemisk beteckning CH<sub>4</sub>, som alstras bl a vid naturliga nedbrytningsprocesser av organiskt material under syrefattiga förhållanden. Härrör t ex från myrmarker och boskap. Kan även framställas ur koldioxid. Naturgas består huvudsakligen av metan.

#### MILJÖKVALITETSMÅLEN

Riksdagen har fastställt 15 miljö kvalitetsmål som ska ange inriktningen för det fortsatta miljöarbetet:

- Frisk luft
- Grundvatten av god kvalitet
- Levande sjöar och vattendrag
- Myllrande våtmarker
- Hav i balans, levande kust och skärgård
- Ingen övergödning
- Bara naturlig försurning
- Levande skogar
- Ett rikt odlingslandskap
- Storslagen fjällmiljö
- God bebyggd miljö
- Giffri miljö
- Säker strålmiljö
- Skyddande ozonskikt
- Begränsad klimatpåverkan

## HUR MAN GÖR EN LIVSCYKEL-ANALYS, LCA

En metod för att bestämma och analysera den miljöpåverkan som en produkt, process eller tjänst orsakar under hela dess *livscykel* "från vaggan till graven" är att använda sig av LCA-metodik, d v s göra en livscykelanalys. Det innebär i princip en kartläggning och storleksbestämning samt eventuellt en *viktning* och värdering av produktens och processens material- och energiflöden inklusive utsläppen till luft, vatten och mark.

En studie ur ett livscykelperspektiv behöver inte innebära att det är nödvändigt att genomföra en LCA - och det behöver inte heller innebära att man studerar miljöpåverkan. Det finns även metoder för att studera ekonomiska flöden ur ett livscykelperspektiv. Antingen studerar man både kostnader och intäkter, man gör en livscykeleconomisk studie (*LCE*) eller man studerar bara kostnaderna under produktens livscykel, en livscykelkostnadsstudie (*LCC*).



Livscykelanalyser kan användas för att ta fram olika typer av miljöinformation som kan användas i en mängd olika situationer. Vanligen kan LCA-studier delas upp i två huvudgrupper beroende på om resultaten av studien ska användas internt eller externt, vilket ställer lite olika krav på utförandet och granskningen av det utförda arbetet.

Vanliga interna användningsområden för LCA-studier är produkt- och processutveckling samt strategisk planering. Skapande av policy, marknadsföring och kontakt med myndigheter är vanliga externa användningsområden. Generellt kan sägas att LCA-resultat ofta används som underlag för olika typer av beslut.

Det har tidigare inte funnits generella riktlinjer för hur en LCA ska utföras. Det har resulterat i ett oräkneligt antal olika riktlinjer, s k guidelines. På senare tid har man dock utarbetat en internationell standard för LCA som ger generella råd och som ställer upp vissa krav på hur en LCA ska vara utförd för att kunna bli godkänd vid en granskning. Denna internationella standard består i huvudsak av fyra dokument, ISO 14040-43 som behandlar de fyra faser som en LCA-studie kan delas in i:

1.  
Definition av mål och omfattning (ISO 14041)
2.  
Inventeringsanalys (ISO 14041)
3.  
Miljöpåverkansbedömning (ISO 14042)
4.  
Tolkning (ISO 14043)

I den första fasen - definition av mål och omfattning - bestämmer man avgränsningarna avseende det studerade systemet. Man beslutar om målgruppen för studien, en *funktionell enhet*, de allokeringsprinciper som ska gälla för studien, kraven på datakvalitet samt hur miljöpåverkansbedömningen ska göras.

Den andra fasen av en LCA-studie - inventerings-

analysen – är den mest arbetskrävande. I den fasen samlar man så mycket information som möjligt om de material- och energiflöden och emissioner till luft, vatten och mark som faller inom de valda avgränsningarna. Avgränsningarna beskriver det system som ska studeras och kallas därför för systemgränser.

Ska två produkters miljöprestanda jämföras måste deras systemgränser och funktionella enhet överensstämja för att ge ett rättvisande resultat.

Avgränsningarna kan t ex vara gjorda mot andra produkter än den studerade – i tiden, geografiskt och mot personal och maskiner.

För att underlätta arbetet med inventeringsanalysen brukar man upprätta ett flödesschema som visar de valda avgränsningarna. Flödesschemat beskriver också de processer som ingår i den studerade produktens livscykel. Processer som kan ingå är t ex råvarubrytning, energiframställning, materialförädling, tillverkningsprocesser, transporter, användning och underhåll. Även sluthantering i form av återanvändning, återvinning eller deponering kan ingå.

I inventeringsanalysen använder man de allokeringprinciper som har angivits i fas ett. *Allokering* utför man dels för att miljöbelastningen ska fördelas rättvist mellan produkterna som används eller framställs vid tillverkningen av en huvudprodukt, dels för att man ska kunna ta hänsyn till återvinningsbarheten hos slutprodukten och de i processerna ingående materialen.

När mängderna för de olika råvarorna, energityperna och emissionerna till luft, vatten och mark har sammanställts och fördelats, presenterar man en sammanställning av alla in- och utflöden som kan som hänföras till det studerade systemet.

Inventeringsresultatet presenterar man antingen i tabellform eller som ett histogram. Ibland nöjer man sig med det eftersom det är möjligt att jämföra enskilda parametrar mellan produkterna.

Kanske ville man bara veta vilken produkt som medförde störst CO<sub>2</sub>-utsläpp eller vilken som använde mest energi från fossila bränslen. Om miljöanalysen avslutas efter inventeringsfasen kallas studien inte en LCA utan en livscykelinventering (*LCI*).

För många material och produkter finns idag stora databaser med LCI-data, något som sparar mycket tid och möda för LCA-utövare.

## MILJÖLAGAR

De tidigare miljölagarna i Sveriges Rikes Lag uppgick från och med 1999 i Miljöbalken. Några exempel på viktiga tidigare miljölagar är: Naturvårdslagen, Miljöskyddslagen, Miljöskadelagen, Hälso- och skyddslagen, och Lagen om kemiska produkter.

## MILJÖMÄRKNING

Det finns tre typer av miljömärkning enligt ISO 14000: Typ I: Miljömärkning, Typ II: Egna miljöuttalanden och Typ III: Miljödeklarerationer.

Det som skiljer dessa typer av miljömärkning åt är att Typ I och III är granskade av en oberoende tredje part, Typ I och II innehåller kvalitativ data medan Typ III innehåller kvantitativ data samt att Typ III ska inkludera hela livscykeln och inte bara delar av den vilket är vanligt i de två andra varianterna.

## MÄTTNAD

När depaerna av ett ämne är så fyllda att naturen inte kan tillgodogöra sig mer, sägs att man uppnått mätnad (är mättade) på detta ämne.

## NATURENS RESURSER

Råvaror i form av energi eller material som finns i naturen och som används eller förbrukas av samhället. Exempel är olja, trä, vatten och malmer.

## ORGANISK

Ett ämne eller en förening som innehåller grundämnena kol och väte klassas vanligen som organiskt.

## PPP

Polluter Pays Principle, dvs förorenaren ska betala för de skador som de egna utsläppen vållar.

## PÅVERKANSKATEGORIER

Det finns ett ekvivalens-index för ett stort antal emissioner som används eller viktningfaktorer för att uppskatta olika emissioners relativa inverkan på följande påverkanskategorier:

- Råvarureserv
- Ekotoxicitet
- Försurning
- Resursuttag
- Växthuseffekt
- Övergödning
- Humantoxicitet
- Ozonuttninning
- Marknära ozon

## RELATIVA MILJÖGENSKAPER

En varas miljöprestanda i förhållande till andra varor. Jämförelser kan ske mellan likartade produkter med samma användning och funktion.

## STRATOSFÄREN

En av atmosfärens fyra temperaturzoner belägen på mellan 10 och 50 km höjd.

## SUBSTITUTIONSPRINCIPEN

Skadliga ämnen och produkter ska om det är möjligt bytas ut mot mindre skadliga.

## SVAVELOXIDER (SO<sub>x</sub>)

Gemensam benämning på syreatomerföreningar mellan svavel och syre, vanligen benämnda SO<sub>x</sub>, där x står för antalet oxidjoner. Exempel är SO<sub>2</sub> och SO<sub>4</sub>.

## TUNGMETALL

Är per definition en metall med en densitet (vikt per volymenhet) som är större än ca 4 500 kg/m<sup>3</sup> och inkluderar därför de flesta metaller. Ordet har inga kopplingar till miljöegenskaper. Övriga metaller kallas lättmetaller.



Ibland vill man gå ytterligare ett steg och försöka bedöma den påverkan som produktionen ger upphov till, inte bara registrera den belastning som genereras - t ex mängden CO<sub>2</sub>-utsläpp. Det gör man i fas tre som kallas miljöpåverkansbedömning. Den utför man för att få en helhetsbild av produktens inverkan på t ex en eller flera påverkanskategorier.

Påverkanskategorierna avspeglar många av de miljöeffekter som har tagits upp av Naturvårdsverket m fl. En påverkanskategori som nästan alltid brukar presenteras är växthuseffekt eller *GWP* (Global Warming Potential) som är den engelska förkortningen för ett potentiellt bidrag till växthuseffekten.

Bedömningen sker genom en trestegsprocedure. Det första steget är klassificeringssteget - det avgör vilka av emissionerna från inventeringssteget som bidrar till vilken eller vilka påverkanskategorier. Därefter räknar man fram de olika emissionernas bidrag till de valda påverkanskategorierna med hjälp av *index* som konverterar emissionerna till ekvivalenter - t ex CO<sub>2</sub>-ekvivalenter för påverkanskategori växthuseffekt. Det steget kallas karakterisering.

I det tredje steget, vilket är frivilligt, viktas de olika påverkanskategorierna och summeras för att erhålla ett endimensionellt värderingsresultat.

Det finns idag ett flertal internationellt använda värderingsmetoder som viktat olika emissioner, råvaror och andra miljöparametrar med hänsyn till de miljöeffekter eller miljöpolitiska mål som metoden baseras på. Dessa metoder bygger vanligen på samma trestegsprocedure som ovan, men de tre stegen är kombinerade till ett enda värderingssteg.

Index för olika emissioner appliceras på LCI-resultatet som efter summering ger ett endimensionellt värderingsresultat, ett miljötal. Den svenska EPS-metoden skiljer sig från de andra, eftersom den baserar sig på betalningsviljan hos medborgarna i OECD-länderna att undvika en viss miljöpåverkan.

Den fjärde fasen i en LCA är tolkningen av resultaten. I detta steg analyseras resultatet och förslag till förbättringar eller val av ett visst material. Tolkningsfasen kan även innehålla en genomgång och revision av studiens mål och krav på datakvalitet. Det gör man för att kontrollera om de ursprungliga mål och krav som presenterades i mål- och omfattningsdefinitionen har uppfyllts.



#### **TWh**

**Terawattimme.** En wattimme är ett mått på använd effekt (W) under en timme, dvs energi. Tera är grekiska och betyder 10<sup>12</sup>, dvs 1 000 miljarder. En 60 W glödlampa som är påslagen under ett helt år använder således 24x365x60 = 526 kWh = 0,000000526 TWh energi.

#### **UV-STRÅLNING**

**Elektromagnetisk strålning med våglängd mellan röntgenstrålning och synligt ljus. Det synliga violetta (blå) ljuset har en något längre våglängd än de ultravioletta strålningarna, vilka indelas i tre grupper: UV-A, UV-B och UV-C. UV-C är den mest kortvågiga och mest skadliga men absorberas lyckligtvis nästan helt av atmosfären. UV-A absorberas knappast alls men har ungefär samma biologiska verkningar som synligt ljus.**

#### **VIKTNING**

**En relativ värdering som jämför olika miljöparametrar eller effekter med varandra utgående från de riktlinjer och antaganden som värderingsmetoden baseras på. Viktningen gör det möjligt att i dessa sammanhang "jämföra äpplen med päron".**

#### **VOC**

**VOC står för Volatile Organic Compounds, vilket betyder flyktiga organiska föreningar. Vissa av dessa kan vara irriterande, allergiframkallande, cancerogena eller ge effekter på den yttre miljön.**

#### **VÄLFÄRD**

**Samlande benämning på människors levnadsförhållanden som vanligen beskriver ekonomi, hälsa, utbildning och andra förhållanden som uttrycker graden av befolkningens välmående.**

#### **VÄRDERINGSMETODER**

**Metoder som innehåller flera påverkanskategorier eller som baseras på andra faktorer som resulterar i ett endimensionellt värderingsresultat. Exempel är:**

- **EPS** (svensk)
- **Effektkategori**
- **Ekoknapphet**

**Vid värdering av en studie bör alltid fler än en värderingsmetod användas för att få en jämförelse.**



# Stålets potential

För att förbättra den globala och lokala miljön räcker det inte med att bara förändra material, produkter och industriprocesser till det bättre. Både producenter och konsumenter måste dessutom skaffa sig de rätta kunskaperna och det rätta beteendet innan man kan komma tillrätta med de fysiska miljöproblemen.

Det sägs ofta att vi inte har råd att satsa på miljöförbättrande åtgärder, det kostar för mycket. Men vad kostar det oss och kommande generationer att inte satsa på miljön? Förmodligen mycket, mycket mer i det långa loppet. Två saker lägger hinder i vägen: Vi har svårt att se miljöproblemen på lång sikt, och vi vill gärna värdera allt i pengar men har svårt att värdera miljön i kronor och ören.

Miljöförbättrande åtgärder kan stå i viss konflikt med vår välfärd. Välfärden vill vi ju helst både behålla och förbättra. Att agera miljöanpassat och samtidigt behålla vår levnadsstandard diskuteras alltför sällan i miljödebatten. De flesta "miljöförbättrande argument" som presenteras innebär att vi tvingas sänka vår levnadsstandard. Men sänkt levnadsstandard behöver inte vara den enda vägen till ett hållbart samhälle. Det finns faktiskt ett antal andra möjligheter, andra vägar att gå.

Långsiktigt miljötankande innebär främst att knyta samman kretsloppen. Så varför inte satsa mer på produkter och material som både kan befästa vår levnadsstandard och samtidigt vara kretsloppsanpassade?

Stål är ett bra exempel. Stålintustrin världen över satsar miljardbelopp på bättre rening och andra åtgärder för en minskad miljöpåverkan. Målet är en hållbar utveckling och att samtidigt klara av den globalt ökande efterfrågan på stål.

Stål är ett hållbart, flexibelt och mycket långlivat material som kan användas överallt och som kan ersätta trä, betong, sten, plaster, aluminium och koppar i många

applikationer där man vill åstadkomma en bättre miljö-situation.

Stålet som material utvecklas hela tiden. Lär vi alla känna stålet samt stålets fördelar och möjligheter lite bättre, så kommer vi dessutom att kunna utnyttja det ännu bättre.

Sverige är en ledande stål-nation, inte minst när det gäller produktutveckling och miljö.

Här följer en sammanfattning av några av stålets goda miljöegenskaper:

- Stål har lång livslängd
- Stål är ett mångsidigt material och har många goda materialegenskaper, t ex hög hållfasthet. Det gör att materialet kan anpassas exakt till användningsområdet, vilket innebär att mindre materialmängder behövs för att fylla avsedd funktion.
- Mindre materialmängder leder i sin tur till färre transporter, mindre resursuttag, mindre utsläpp och mindre energianvändning.
- Fortsatt hög potential för utveckling av stål med allt bättre egenskaper beträffande hållfasthet, korrosion och bearbetbarhet m m.
- Stål avger inga direkta emissioner som kan skada hälsan.
- Stål binder inte fukt som i förlängningen kan orsaka allergier och hälsoproblem.
- Byggnader med stålstomme ger bra säkerhet, god komfort och god ljudisolering. Stålbyggnadssystem ger god värmeisolering och därmed lägre energiförbrukning.
- Enkla metoder för sammanfogning och stålets magnetiska egenskaper gör att stålprodukter lätt kan demonteras och sorteras för återvinning eller återanvändning.
- Allt stål kan återvinnas eller återanvändas!

# Referenser

## LITTERATURREFERENSER

Avenberg E et al. *Svensk produktion med miljön i fokus*. Naturvårdsverket, Stockholm (1999).

Byman K et al. *Basindustrins emissioner av växthusgaser*. Koldioxid 1990 och 1997. ÅF-Energikonsult, Stockholm (1999).

Eriksson M et al. *Inneboken. En bok för alla som bryr sig om en hälsosam innemiljö*. Svensk Byggtjänst, Stockholm (1998).

Holm F *Miljöboken 1998/99*, Allde & Skytt AB, Stockholm (1998).

Hubendick B et al. *Miljö från A till Ö, Svenska folkets miljölexikon*. Bra Böcker, Höganäs (1995).

Kvist K et al. *Miljöanpassat bilåtervinningssystem*. Stiftelsen REFORSK, Malmö (1994).

Landner L et al. *Zink - Resurs och/eller hot?. En fakta-redovisning*. Miljöforskargruppen, Kil (1996).

Lindfors L-G et al. *Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment*. Nordiska Ministerrådet, Köpenhamn (1995).

Lundqvist B et al. *Bygandet i kretsloppet - Miljöeffekter, kostnader och konsekvenser*. FoU 100. Stiftelsen REFORSK, Malmö (1994).

Ryding S-O et al. *Miljöanpassad produktutveckling*. Industrieförbundet, Stockholm (1995).

Skjönsberg G *Handbok över återvinningsindustrin och kretsloppet 1995*. REinformation, Skogås (1995).

Walterson E *Krom, Nickel och molybden i sambälle och miljö*. Miljöforskargruppen, Stockholm (1999).

Widman J *Livscykelanalys av samverkansbroar*. SBI Rapport 183:1. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1998).

Widman J *Verksambet inom stålbyggande och miljö*. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1996).

*Handbok i Rostskyddsmålning*. Bulletin nr 107. Korrosionsinstitutet, Stockholm (1999).

*Klimatboken. Industrins grundsyn på klimatfrågan*. Industrieförbundet, Stockholm (1999).

*Miljö - Fakta om det gröna stålet*. SBI Rapport 182:1. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1997).

*Miljö - Fakta om stål och lättbyggnad*. SBI Rapport 182:2. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1997).

*Miljö - Fakta om LCA*. SBI Rapport 182:3. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1997).

*Miljö - Frågor och svar om stålbyggande*. SBI Rapport 182:4. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1997).

*Miljö - Frågor och svar om ståltillverkning*. SBI Rapport 182:5. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1997).

*Miljö - Frågor och svar om stål och hälsa*. SBI Rapport 182:6. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1997).

*Miljömanual för byggsektorn, version 2.1*. Miljöstiftelsen för byggsektorn (1998).

*Producentansvar för förpackningar - Näringslivets lösning*. REPA-REGISTRET AB, Stockholm (1999).

*Skrotboken 1985. Bestämmelser för leverans och klassificering av stålskrot och gjutjärnsskrot*. Skrotnämnden, Horndal (1985).

*SNR97, Svenska Näringsrekommendationer 1997*. Livsmedelsverket, Uppsala (1997).



*Steel Consumption by User Branch 1970-1990.* Eurostat, Luxemburg (1993).

*Stålbyggnad.* SBI Publikation 130. Stålbyggnadsinstitutet, Stockholm (1997).

*Svensk stålstatistik, Årshäfte 1996.* Järnverksföreningen, Stockholm (1997).

*Tunnplåtskursen.* SSAB Tunnplåt AB, Borlänge (1998).

*Vem förorenar Sverige?* Rapport 4788. Naturvårdsverket, Stockholm (1997).

*Verksamheten -98.* Jernkontoret, Stockholm (1999).

*Vår miljö.* Vägverket Produktion, Borlänge (1995).

*Nationalencyklopedin* Höganäs (1989-1996)

*Compact 99.* Bonnier Lexikon, Stockholm (1999)

## WEBBPLATSER

Electrolux: [www.electrolux.se](http://www.electrolux.se)

Hållbara Sverige: [www.hallbarasverige.gov.se](http://www.hallbarasverige.gov.se)

Jernkontoret: [www.jernkontoret.se](http://www.jernkontoret.se)

Miljödepartementet: [www.miljo.regeringen.se](http://www.miljo.regeringen.se)

Naturvårdsverket: [www.environ.se](http://www.environ.se)

Statistiska Centralbyrån: [www.scb.se](http://www.scb.se)

Stålbyggnadsinstitutet: [www.sbi.se](http://www.sbi.se)

Svenska Miljönätet: [www.smn.environ.se](http://www.smn.environ.se)

## JERNKONTORETS UTBILDNINGSPAKET OM STÅL

Uggla J et al. *Järn- och stålframställning, Utbildningspaket del 1, Historia, grundläggande metallurgi.* Jernkontoret, Stockholm (1991).

Uggla J et al. *Järn- och stålframställning, Utbildningspaket del 2, Malmbaserad ståltillverkning.* Jernkontoret, Stockholm (1991).

Uggla J et al. *Järn- och stålframställning, Utbildningspaket del 3, Skrotbaserad ståltillverkning.* Jernkontoret, Stockholm (1991).

Uggla J et al. *Järn- och stålframställning, Utbildningspaket del 4, Skänkmetallurgi, gjutning.* Jernkontoret, Stockholm (1991).

Uggla J et al. *Järn- och stålframställning, Utbildningspaket del 5, Driftsekonomi, underhåll, energi, miljö.* Jernkontoret, Stockholm (1991).

Bavrell C *Analytisk kemi, Utbildningsmateriel kapitel 6.* Jernkontoret, Stockholm (1996).

Fors J et al. *Energi och ugnsteknik, Utbildningsmateriel kapitel 7.* Jernkontoret, Stockholm (1996).

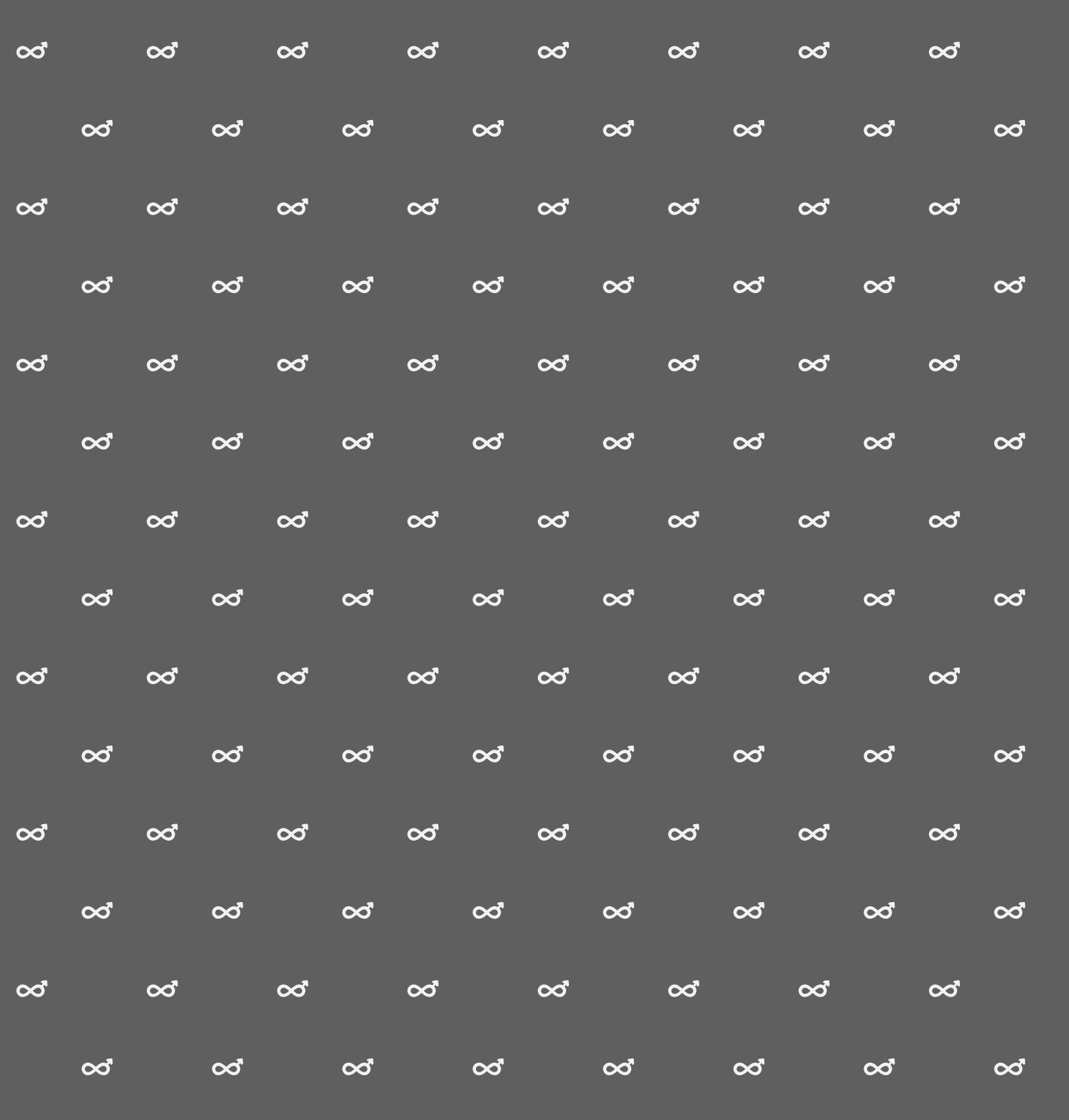
Jarl M et al. *Bearbetning av långa produkter, Utbildningsmateriel kapitel 8.* Jernkontoret, Stockholm (1996).

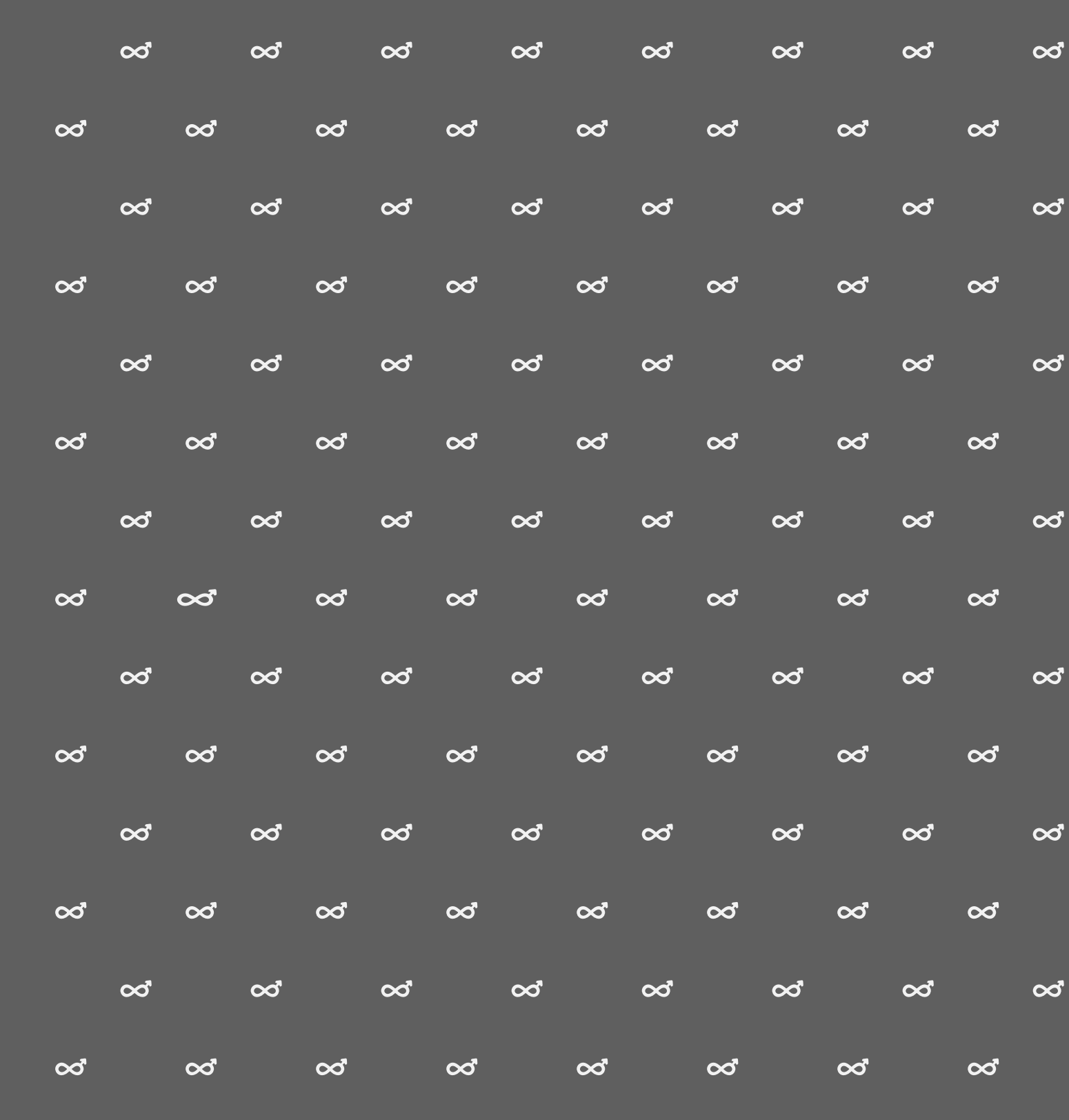
Jonsson N-G et al. *Bearbetning av platta produkter, Utbildningsmateriel kapitel 9.* Jernkontoret, Stockholm (1996).

Bohman J-E et al. *Oförstörande provning, Utbildningsmateriel kapitel 10.* Jernkontoret, Stockholm (1996).

Lilljekvist B *Olegerade och läglegerade stål, Utbildningsmateriel kapitel 11.* Jernkontoret, Stockholm (1997).

Herzman S et al. *Rostfria stål, Utbildningsmateriel kapitel 12.* Jernkontoret, Stockholm (1997).





## **DEN SVENSKA STÅLINDUSTRINS BRANSCHORGANISATION**

Jernkontoret grundades 1747 och ägs sedan dess av de svenska stålföretagen. Jernkontoret företräder stålindustrin i frågor som berör utbildning, handelspolitik, forskning och utveckling, standardisering, energi och miljö samt skatter och avgifter. Jernkontoret leder den gemensamma stålforskningen i Norden. Dessutom utarbetar Jernkontoret branschstatistik och bedriver bergshistorisk forskning.

# JERNKONTORET

Box 1721, 111 87 Stockholm · Kungsträdgårdsgatan 10  
Telefon 08-679 17 00 · Fax 08-611 20 89  
E-post [office@jernkontoret.se](mailto:office@jernkontoret.se) · [www.jernkontoret.se](http://www.jernkontoret.se)

