

Vägledning om reduktions- och smältugnar

25 MARS 2026



© Naturvårdsverket 2026

Omslagsfoto: Casting Process of Molten Gold, United Archives/Svensimonark

Bild 1–2: Naturvårdsverket 2026

Bild 3: Tömning skänk Outokumpo, Avesta, Tomas Jansohn/TT

Bild 4: Abinsk Electric Steel Works, Dmitry Feoktistov

Bild 5: Britain Bafta Masks Photo Call, Scott A Garfitt /AP/TT

Figur 6–47: Naturvårdsverket 2025–2026

Bilaga: Naturvårdsverket 2026

1.	BAKGRUND	7
1.1	Vägledningens syfte	7
1.2	Vägledningens förhållande till IED-verksamheter	8
1.3	Läshänvisning	9
2.	CENTRALA BEGREPP OCH DEFINITIONER	10
2.1	Begreppen reduktions- och smältugnar	10
2.2	Begreppen primär produktion, sekundär produktion samt gjuterier	11
2.3	Förkortningar	13
2.4	Ordförklaring	14
2.5	Figurer i vägledningen	19
3.	UGNSOBEROENDE DELAR	20
3.1	Metaller och föroreningar	20
3.1.1	Metaller	21
3.1.2	Föroreningar som inte är metaller	25
3.2	Kolråvaror	28
3.2.1	Fast kol	28
3.2.2	Kolinnehållande gas och olja	29
3.3	Hantering före chargering	30
3.3.1	Hantering råvaror	30
3.3.2	Från upplag till ugn	31
3.4	Chargering	32
3.4.1	Chargering via chargeringslucka	32
3.4.2	Chargering via schakt	32
3.4.3	Chargering när ugnen är avstängd	33
3.5	Infodring	33
3.6	Reduktion	35
3.7	Smältning	36
3.7.1	Smältningstekniker	37
3.7.2	Värmeledningsprinciper	38
3.8	Slagg och dross	39
3.9	God energihushållning	40
3.10	Luftrening	44
3.10.1	Cyklon	44
3.10.2	Textilt spärrfilter	44
3.10.3	Våtskrubber	46
3.10.4	Elektrostatiskt filter	47
3.11	Tappning/tömning	47
3.11.1	Kontinuerlig tappning	48
3.11.2	Semikontinuerlig tappning	48
3.11.3	Tappning med tippning	48
3.11.4	Tappning med sugning	49

3.11.5	Tappning med tryck	49
3.12	Processteg efter tappning	50
3.12.1	Från ugn till flytande metall med rätt sammansättning	50
3.12.2	Fast material från ugn	50
3.12.3	Tillverkning av färdig metallprodukt	51
4.	UGNSINDELNING	52
5.	UGNSTYPER JÄRN	56
5.1	Masugn (Blast Furnace)	56
5.1.1	Teknisk beskrivning av ugnen	56
5.1.2	Juridisk reglering	57
5.1.3	Naturvårdsverkets bedömning	57
5.2	Kupolugn (Cupola Furnace)	58
5.2.1	Teknisk beskrivning av ugnen	58
5.2.2	Juridisk reglering	59
5.2.3	Naturvårdsverkets bedömning	60
5.3	Tunnelugn för järnframställning (Tunnel Furnace)	61
5.3.1	Teknisk beskrivning av ugnen	61
5.3.2	Juridisk reglering	62
5.3.3	Naturvårdsverkets bedömning	62
5.4	Roterugn för järnframställning av järnsvamp (Rotary Kiln/ Rotary Hearth Furnace)	62
5.4.1	Teknisk beskrivning av ugnen	62
5.4.2	Juridisk reglering	63
5.4.3	Naturvårdsverkets bedömning	63
5.5	Elektrisk smältugn med reduktion (Electric Smelting Furnace, ESF)	64
5.5.1	Teknisk beskrivning av ugnen	64
5.5.2	Juridisk reglering	65
5.5.3	Naturvårdsverkets bedömning	65
5.6	Schaktugn för järnreduktion (Shaft Furnace for DRI production)	65
5.6.1	Teknisk beskrivning av ugnen	65
5.6.2	Juridisk reglering	67
5.6.3	Naturvårdsverkets bedömning	68
5.7	Fluidiserande bädd reaktor för järnreduktion (Fluidised Bed Reactors for DRI Production)	68
5.7.1	Teknisk beskrivning av ugnen	68
5.7.2	Juridisk reglering	70
5.7.3	Naturvårdsverkets bedömning	70
5.8	LD-konverter (Basic Oxygen Furnace, BOF)	71
5.8.1	Teknisk beskrivning av ugnen	71
5.8.2	Juridisk reglering	72
5.8.3	Naturvårdsverkets bedömning	72
5.9	AOD-konverter (AOD-Converter)	73

5.9.1	Teknisk beskrivning av ugnen	73
5.9.2	Naturvårdsverkets bedömning	73
5.10	Ljusbågsugn (Electric Arc Furnace)	74
5.10.1	Teknisk beskrivning av ugnen	74
5.10.2	Juridisk reglering	76
5.10.3	Naturvårdsverkets bedömning	76
6.	UGNSTYPER JÄRN OCH ICKE-JÄRN	80
6.1	Klockugn för reduktion (Bell Furnace for Reduction)	80
6.1.1	Teknisk beskrivning av ugnen	80
6.1.2	Juridisk reglering	81
6.1.3	Naturvårdsverkets bedömning	81
6.2	Smältelektrolys (Molten Salt Electrolysis, MSE, och Molten Oxide Electrolysis, MOE)	82
6.2.1	Teknisk beskrivning av ugnen	82
6.2.2	Juridisk reglering	83
6.2.3	Naturvårdsverkets bedömning	84
6.3	Induktionsugn (Induction Furnace)	85
6.3.1	Teknisk beskrivning av ugnen.	85
6.3.2	Juridisk reglering	87
6.3.3	Naturvårdsverkets bedömning	88
7.	UGNSTYPER ICKE-JÄRN	89
7.1	Fumingugn (Fuming Furnace)	89
7.1.1	Teknisk beskrivning av ugnen	89
7.1.2	Juridisk reglering	90
7.1.3	Naturvårdsverkets bedömning	91
7.2	Roterugn av Waelz-typ (Rotary Kiln/ Waelz Kiln)	91
7.2.1	Teknisk beskrivning av ugnen	91
7.2.2	Juridisk reglering	92
7.2.3	Naturvårdsverkets bedömning	93
7.3	Kaldokonverter/-ugn (Kaldo Converter/Furnace)	94
7.3.1	Teknisk beskrivning av ugnen	94
7.3.2	Juridisk reglering	95
7.3.3	Naturvårdsverkets bedömning	95
7.4	Våningsugn (Multiple Hearth Furnace)	96
7.4.1	Teknisk beskrivning av ugnen	96
7.4.2	Juridisk reglering	97
7.4.3	Naturvårdsverkets bedömning	97
7.5	Rostugn med fluidiserande bäddreaktor (Fluidised Bed Roaster) och kalcinering med fluidiserande bädd (Fluidised Bed Calciners)	98
7.5.1	Teknisk beskrivning av ugnen	98
7.5.2	Juridisk reglering	99
7.5.3	Naturvårdsverkets bedömning	99

7.6	Flashugn (Flash Smelting Furnace, FSF)	100
7.6.1	Teknisk beskrivning av ugnen	100
7.6.2	Juridisk reglering	101
7.6.3	Naturvårdsverkets bedömning	101
7.7	Schaktugn med toppmonterad lans (Top Submerged Lancing Furnace)	102
7.7.1	Teknisk beskrivning av ugnen	102
7.7.2	Juridisk reglering	103
7.7.3	Naturvårdsverkets bedömning	103
7.8	Ljusbågsugn med reduktion (Electric Arc Furnace Smelter)	104
7.8.1	Teknisk beskrivning av ugnen	104
7.8.2	Juridisk reglering	105
7.8.3	Naturvårdsverkets bedömning	105
7.9	Smältelektrolys för aluminiumframställning (Electrolytic Reduction of Aluminium Oxide in a Molten Bath)	106
7.9.1	Teknisk beskrivning av ugnen	106
7.9.2	Juridisk reglering	107
7.9.3	Naturvårdsverkets bedömning	108
7.10	Reaktor för reduktion med metall (Metallothermic Reactor)	109
7.10.1	Teknisk beskrivning av ugnen	109
7.10.2	Juridisk reglering	110
7.10.3	Naturvårdsverkets bedömning	110
7.11	Plasmaugn (Plasma Furnace)	111
7.11.1	Teknisk beskrivning av ugnen	111
7.11.2	Juridisk reglering	112
7.11.3	Naturvårdsverkets bedömning	112
7.12	Flamugn (Reverberatory Furnace)	113
7.12.1	Teknisk beskrivning av ugnen	113
7.12.2	Juridisk reglering	114
7.12.3	Naturvårdsverkets bedömning	114
7.13	Degelugn med flamma (Gas Fired Crucible Furnace)	115
7.13.1	Teknisk beskrivning av ugnen	115
7.13.2	Juridisk reglering	116
7.13.3	Naturvårdsverkets bedömning	116
7.14	Schaktugn för smältning (Shaft melting furnace)	117
7.14.1	Teknisk beskrivning av ugnen	117
7.14.2	Juridisk reglering	118
7.14.3	Naturvårdsverkets bedömning	118
7.15	Degelugn med motståndsvärmare (Resistance Furnace)	119
7.15.1	Teknisk beskrivning av ugnen	119
7.15.2	Juridisk reglering	120
7.15.3	Naturvårdsverkets bedömning	120
7.16	Andra ugnar	121

8.	KÄLLOR	123
8.1	Teknikdokument framtagna inom EU	123
8.2	Myndigheter och institut	123
8.3	Övriga källor	123

1. Bakgrund

1.1 Vägledningens syfte

Syftet med vägledningen är att samla och presentera kunskap om ugnstyper som förekommer i Sverige, som kan komma att installeras framöver och som förekommer i referensdokument för bästa tillgängliga teknik (BREF).

Naturvårdsverket har identifierat att det finns behov av vägledning som kan fylla den lucka som finns mellan branschens beskrivningar¹ och det som anges i relevanta BREF:ar². Dels är syftet med branschens beskrivningar främst att förstå metallurgin och inte miljöpåverkan, dels är BREF:arna på engelska och kan vara svårgenomträngliga. Vissa ugnstyper förekommer därtill i olika BREF:ar. Kunskapen samlas därför i denna vägledning i stället för att snarlika vägledningar kopplat till enskilda BREF:ar tas fram. Kunskap som finns i BREF:ar kan också vara relevant även om en enskild anläggning inte formellt omfattas av en BREF, så som grundläggande beskrivningar. Som exempel förklaras järn och stål på ett bättre sätt i BREF:en avseende gjuterier än i BREF:arna som rör järn och stål.

Vägledningen riktas i första hand till tillsynsmyndigheter i deras arbete med tillsyn och deltagande i prövningar. Naturvårdsverket ser även att tillståndsmyndigheter, konsulter och verksamhetsutövare kan ta stöd i vägledningen.

Vägledningen hänvisar i flera hänseenden till BREF-dokument, vägledande avgöranden från Mark- och miljööverdomstolen och relevanta avgöranden från underinstanser, samt annan litteratur. Allmängiltig information av generell karaktär saknar enskilda referenser men återfinns i de källor som anges i litteraturlistan sist i dokumentet. Naturvårdsverket ger genomgående uttryck för myndighetens bedömningar, då oftast under rubriken "Naturvårdsverkets bedömning".

Naturvårdsverket försöker vara tydlig med hur Naturvårdsverket resonerat, bl.a. genom hänvisningar till olika källor. Värden avseende energi och utsläpp finns i flera fall med för att underlätta förståelsen. Detta både när det kommer till storleksordning av exempelvis utsläpp och energianvändning, samt variationen mellan olika anläggningar med samma ugnstyp.³

Naturvårdsverket vill slutligen uppmärksamma läsaren på att kommande praxis kan medföra att rättsläget tydliggörs eller ändras, vilket i sin tur kan innebära att vägledningen ändras.

¹ Metallkompetens är en digital plattform med handböcker inom aluminium, stål och gjuteriteknik, som tagits fram av industrin.

² I detta fall järn och ståltillverkning (IS), icke-järnframställning (NFM) och gjuterier (SF).

³ Värdena speglar inte hela variationen och ska inte användas som referens när det gäller vad som är skäligt för en enskild verksamhetsutövare att uppnå.

1.2 Vägledningens förhållande till IED-verksamheter

Reduktions- och smältugnar finns i industriutsläppsverksamheter (IED-verksamheter) inom järn- och stålframställning (IS)⁴, gjuterier (SF)⁵ och icke-järnmetallframställning (NFM)⁶. De finns även i icke IED-verksamheter med kommersiella reduktions- och smältugnar samt ugnar som används för forskning och utveckling, se figur 1.



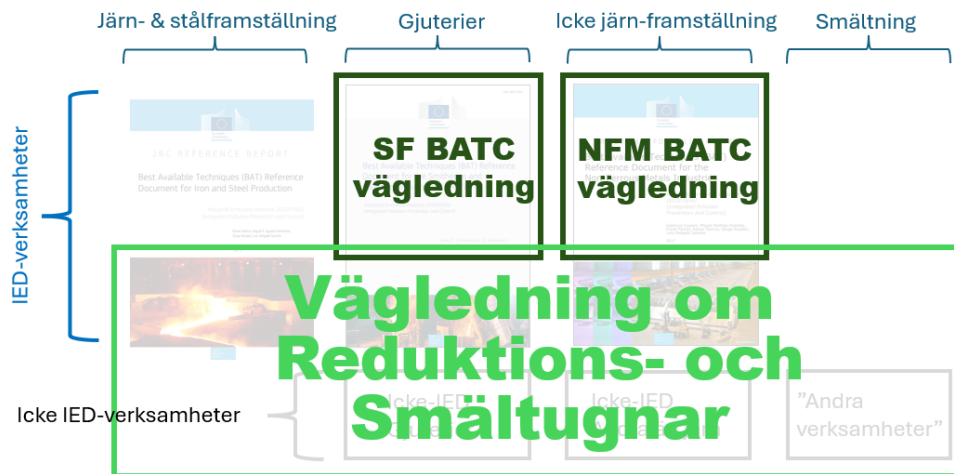
Figur 1: Olika verksamheter med reduktions- eller smältugnar. Figurerna visar de olika BREF-dokumenterna och ska symbolisera tillämpningsområdena för dessa.

⁴ <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/industriutslapp-ied/bat-slutsatser-for-industriutslappsverksamheter/tillverkning-av-jarn-och-stal/>

⁵ <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/industriutslapp-ied/bat-slutsatser-for-industriutslappsverksamheter/smideshammare-och-gjuterier/>

⁶ <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/industriutslapp-ied/bat-slutsatser-for-industriutslappsverksamheter/icke-jarnmetallindustrin/>

Naturvårdsverket har tagit fram tre vägledningar på området och en illustration av hur de hänger ihop finns i figur 2.



Figur 2: De tre vägledningar som Naturvårdsverket har tagit fram och hur de hänger ihop. Vägledningarna täcker delvis BREF:ar men överlappar inte med övrig vägledning.

1.3 Läshänvisning

I *avsnitt 2* förklaras grundläggande begrepp samt vanligt förekommande förkortningar och ord.

Avsnitt 3 innehåller information som är relevant för flera ugnstyper. Här beskrivs hantering av råvaror, energi, ugsinfodring, de vanligaste föroreningarna samt de vanligaste metallerna på ett generellt plan.

Beskrivningar av de enskilda ugnarna inleds med *avsnitt 4* som förklarar principerna för hur indelningen av ugnar gjorts. Därefter följer *avsnitt 5* som hanterar ugnar för järn och stål, *avsnitt 6* beskriver ugnar för både järn och icke-järnmetall och *avsnitt 7* för icke-järnmetall. De enskilda avsnitten inleds med en grundläggande teknisk beskrivning av respektive ugn inklusive användningsområde, energianvändning och generell miljöpåverkan. Sedan följer en beskrivning av den juridiska regleringen dels i BREF-dokument, dels i svenska miljötillstånd. Varje avsnitt om respektive ugnstyp avslutas med att Naturvårdsverket redogör för myndighetens bedömningar avseende relevanta områden för tillsynen, lämplig reglering samt en kort beskrivning av hur framtiden kan komma att se ut.

Vägledningen avslutas med en källhänvisning, *avsnitt 8*.

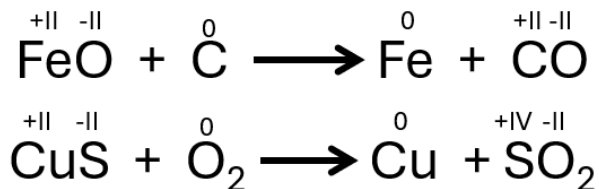
2. Centrala begrepp och definitioner

Avsikten med detta avsnitt är att beskriva centrala ord och begrepp. Beskrivningarna är i flera fall förenklade och andra förklaringar förekommer i andra sammanhang. Begrepp och ord används olika i olika rättsakter varför det är av vikt att vid oklarheter läsa varje rättsakt separat med de definitioner som används där. Det förekommer även att begrepp används olika mellan olika branscher och mellan olika verksamhetsutövare. Nedan lyfts likheter och skillnader mellan hur begrepp används av branscher och i olika rättsakter, beskrivningen är dock inte komplett. När ett begrepp används i denna vägledning åsyftas den definitionen/förklaring som finns i detta avsnitt.

2.1 Begreppen reduktions- och smältugnar

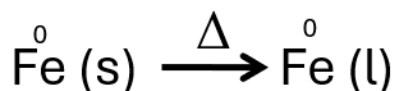
Inom ståltillverkning, gjuterier och annan metallframställning förekommer ett stort antal ugnstyper som grovt kan delas in i reduktions-, smält-, sintrings- och behandlingsugnar. Denna vägledning är avgränsad till att omfatta reduktions- och smältugnar. Detta då användningen av reduktions- och smältugnar ofta bidrar till stora utsläpp av miljöfarliga ämnen på grund av den höga temperatur som krävs, de kemiska reaktioner som sker och då föroreningar i råvara kan avgå till luft.

I reduktionsugnar omvandlas metalloxider, metallklorider, metallfluorider eller metallsulfider till metall med oxidationstal noll, se figur 3. Varianten med metallsulfider benämns rostning varför reduktionsugnar ofta benämns som ”rostningsugnar”. Rostning ändrar inte alltid oxidationstal på metallen men sammanförs här ändå med reduktionsugnar. Reduktion kan ske på flera olika sätt med olika reduktionsmedel där exempelvis schaktugn används för reduktion av järnmalmskoncentrat.



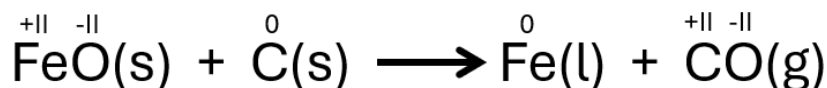
Figur 3: Exempel på reduktion av metaller, oxidationstalen ovan.

I smältugnar övergår en råvara från fast till flytande form, se figur 4. Vanligen sker också en rening av metallen i dessa ugnar, där ljusbågsugn (beskrivs i avsnitt 5.10) inom stålindustrin och motståndsgagnar (beskrivs i avsnitt 7.15) kan nämnas som exempel.



Figur 4: Exempel på metall som tillförs värme och smälter

Kombinerad reduktion med smältning omfattar ugnar där metalloxider eller metallsulfider omvandlas till metall med oxidationstal noll och råvara övergår från fast till flytande form, se figur 5. Som exempel kan nämnas vissa ljusbågsugnar inom ferrolegeringstillverkning (beskrivs i avsnitt 5.5) samt masugnar (beskrivs i avsnitt 5.1).



Figur 5: Exempel på reduktion och smältning.

I sintringsgagnar sker viss reduktion, men framför allt binds metalloxiden ihop hårdare. I Sverige är pelletsverk för framställning av kulsinter den dominerande varianten. Sintringsgagnar utelämnas i denna vägledning.

I värmnings- och värmebehandlingsgagnar värms metallen upp under smältpunkten. Vanligen sker detta för att ändra strukturen i metallen, exempelvis avspänningsgagnar. Vanligt är även uppvärmning för att forma metallen, där uppvärmningsgagnar inför valsning kan nämnas som exempel. Behandlingsgagnar är ett brett begrepp, men ofta används ett bränsle som eldas med luft eller syrgas som direkt eller indirekt värmer metallen. Vanligen uppstår därför bara typiska förbränningsutsläpp så som kväveoxider. Det finns också flera ugnar med eluppvärmning, både med motståndsvärmare och induktion. Eluppvärmda ugnar har generellt mycket små utsläpp. På grund av ett stort antal ugnstyper och förhållandevis små och förutsägbara utsläpp jämfört med reduktions- och smältugnar har vägledningen avgränsats till att inte omfatta behandlingsgagnar.

2.2 Begreppen primär produktion, sekundär produktion samt gjuterier

Produktion av metallprodukter kan delas in i primär produktion och sekundär produktion beroende på vilken råvara som används. Gjuterier särskiljs från övrig metallframställning utifrån att gjutningen sker till nära sin slutliga form.

Gällande primär och sekundär produktion saknas tydliga definitioner i relevanta BREF:ar. Beskrivningen nedan utgör därmed Naturvårdsverkets bedömning.

I *primär produktion* utgår processkedjan från malmkoncentrat (t.ex. från magnetit) eller någon jordart (t.ex. bauxit). Med *sekundär produktion* avses ett material som

ersätter det primära råmaterialet. Materialet utgörs av det som är eller har varit avfall, alternativt en biprodukt⁷. Det kan handla om fina partiklar från tung industri, sorterat skrot från uttjänta produkter, klipp från metallbearbetning eller återgång. Med återgång avses kassationer, matare eller gjutssystem.

Som nämnts ovan särskiljs *gjuterier* från annan metallframställning. I annan metallproduktion gjuts metallen ut till en produkt för vidare bearbetning, exempelvis genom valsning, medan gjuterier gjuter produkter som är nära sin slutliga form. Det kan dock noteras att annan metallproduktion (både primär- och sekundärproducenter) använder gjuteri i dagligt tal, oftast avses då en delprocess inom anläggningen. För vidare vägledning se Naturvårdsverkets vägledning för NFM och SF BATC där gränsdragningen belyses.

⁷ Biprodukt enligt artikel 5 i Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv.

2.3 Förkortningar

Flera förkortningar används i denna vägledning. De viktigaste finns listade nedan. På Naturvårdsverkets webbplats finns en mer komplett lista med begrepp som förekommer i samband med industriutsläppsbestämmelser⁸. Kemiska beteckningar finns listade i bilaga 1.

Begrepp	Förklaring
BAT	Best Available Techniques, bästa tillgängliga teknik (art. 3.10 i IED).
BAT-AEL	BAT Associated Emission Level, en BAT-slutsats med tillhörande utsläppsnivåer/utsläppsvärden, ofta angivna som ett intervall (artikel 3.13 i IED).
BAT-AEPL	BAT Associated Environmental Performance Level (kapitel 3.3, 2012/119/EU ⁹). Det samlade begreppet för BAT-slutsatser med tillhörande miljöprestandanivåer.
BAT-slutsats	Slutsats om bästa tillgängliga teknik, finns både med och utan miljöprestandanivåer.
BAT-slutsatsdokument (BATC)	BAT Conclusions Document, Kommissionsbeslut med BAT-slutsatser (ingår som ett kapitel i BREF och offentliggörs i Europeiska unionens officiella tidning (EUT)).
BREF	BAT Reference Document, BAT-referensdokument i vilka BAT-slutsatserna är ett kapitel.
CRMA	Critical raw materials act, se bilaga 1 för vilka grundämnen som ingår.
XXX BATC och XXX BREF	Samtliga förkortningar för publicerade BAT-slutsatsdokument och BREF-dokument finns på Naturvårdsverkets webbplats. ¹⁰
IED	Directive 2010/75/EU on industrial emissions, Direktiv 2010/75/EU om industriutsläpp. ¹¹
IS	Iron and steel (järn och stål), länk i fotnot 1 till aktuell BATC.
NFM	Non Ferrous metal (icke-järnmetall), länk i fotnot 3 till aktuell BATC.
PGM	Platinagruppens metaller (Pt, Pd, Ru, Rh, Os och Ir)
REE	Rare Earth Elements, sällsynta jordartsmetaller (Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb och Lu)
SF	Smitheries and foundries (Smideshammare och gjuterier), länk i fotnot 2 till BATC.
TVOC	Total Volatile Organic Compounds (totala flyktiga organiska föreningar)

⁸ Begrepp och förklaringar knutna till industriutsläppsbestämmelser, <https://www.naturvardsverket.se/4ac005/globalassets/vagledning/industriutslapp-ied/ied-begrepp-och-forklaringar.pdf>.

⁹ Kommissionens genomförandebeslut 2012/119/EU av den 10 februari 2012 om regler för de riktlinjer om insamlingen av uppgifter och om utarbetande av BAT-referensdokument och om deras kvalitetssäkring som avses i Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU om industriutsläpp.

¹⁰ Se Naturvårdsverkets webbvägledning om BAT-slutsatser för industriutsläppsverksamheter, <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/industriutslapp-ied/bat-slutsatser-for-industriutslappsverksamheter/>.

¹¹ Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU av den 24 november 2010 om industriutsläpp (samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar). Direktivet har uppdaterats och börjar gälla den 1 juli 2026: Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2024/1785 av den 24 april 2024 om ändring av Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU om industriutsläpp (samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar) och rådets direktiv 1999/31/EG om deponering av avfall.

2.4 Ordförklaring

Det finns flera ord som används i tekniska sammanhang i exempelvis ansökningshandlingar, BREF:ar samt inom miljölagstiftning. Ett urval beskrivs kortfattat nedan, i stort sett alla används även i denna vägledning.

Svensk term	Engelsk term	Kort beskrivning/förklaring
Anod	Anode	I dessa sammanhang den elektrod där oxidation äger rum. Exempelvis nollvärt koppar blir kopparjoner.
Avkolning		Se färskning
Basmetaller	Base metal	Finns ingen fast definition men avser oftast "vanliga" och "billiga" metaller. De som "lätt oxideras" är en annan definition. Det kan också avse "alla metaller utom ädelmetaller", ibland med och ibland utan järn. I denna vägledning avses icke-järnmetallerna aluminium, bly, koppar, krom, nickel, tenn och zink.
Blåstermunstycke	Tuyere	Blåsterluft är sådan luft som blåses in i smältan, det kan vara både luft och syrgas. Syftet är att höja temperaturen i smältan. Röret med munstycke som går igenom ugnens infodring benämns blåstermunstycke.
Charge/ Chargering/ Insättning	Charge/ Charging	Se avsnitt 3.5
Degel	Crucible	Eldfast behållare som kan sättas in eller ner i en ugn som även kan användas för att flytta den smälta metallen. Används främst av gjuterier (se även skänk).
Destillering	Distillation	Upphettningsprocess som möjliggör separering av en smältas beståndsdelar genom att en metall med lägre kokpunkt avgår till gasfas.
Direktreduktion	Direct reduction	Processer där man reducerar en metall utan att denna smälts. Direktreduktion fungerar för flera metaller men det är bara direktreduktion av järn som sker kommersiellt storskaligt.
Dross	Dross	Fasta ämnen som bildas under smältning eller varmhållning av metall på ytan av den smälta metallen, t.ex. genom oxidation med luft. Jämför med slagg, se vidare i avsnitt 3.8
Elektrod	Electrode	Ett material som möjliggör flöde av elektrisk ström. Vanligen grafit vid dagens primärproduktionsmetoder och vanligen metall vid raffinering av icke-järnmetaller. Elektroden kan vara både inert och förbrukas.
Elektrolys	Electrolysis	En kemisk reaktion som drivs med elektricitet, även benämnt elektrokemisk reaktion. Se även anod och katod.
Elektrolyscell	Electrolytic cell	Hela kärlet och tillhörande elektroder benämns elektrolyscell.
Elektrometallurgi	Electro-metallurgy	Läran om framställning av metaller med elektrolys, kan kombineras med pyrometallurgi eller hydrometallurgi.

Ferrolegering	Ferroalloy	Samlingsnamn för ämnen bestående av järn och hög andel annan metall (t.ex. Cr, Mn, Mo, V, W) eller halvmetall (t.ex. Si). Används för att legera stål och gjutjärn. Man använder ferrolegering i stället för ren metall för att smälttemperaturen blir lägre och risken för återoxidering minskar.
Färskning	Decarburation	Begreppet färskning används främst inom stålindustrin, detta avser sänkning av kolhalten i smältan. Andra vanliga begrepp är avkolning och nedkolning som har samma innebörd.
Halvmetaller	Metalloid	Ämnen som kan ha mer eller mindre metalliska egenskaper, ofta sammanförs framställningen med metaller då framtagningsprocesser liknar varandra. Se bilaga 1 för vilka som är halvmetaller (vilka som räknas dit kan dock skilja beroende på källa). Jämför metaller.
Hydrometallurgi	Hydro-metallurgy	Läran om framställning av metaller i vattenlösning.
Icke-järnmetall	Non Ferrous metal	Detta definieras något olika i olika sammanhang. Det som avses här är den uppdelning som finns i IED. Järnmetall avser alla material där järnmetall är den huvudsakliga komponenten men höga halter av legering kan förekomma. Icke-järn avser alla andra även där järn ingår. Exempelvis omfattas Ferrochrom som ingår i begreppet icke-järnmetall men rostfritt stål ingår i järnmetall. Halvmetaller ingår också i flera fall i begreppet icke-järnmetall när produktionen liknar den för äkta metaller, exempelvis ingår ferrokisel.
Induktion	Induction	Förhållandet mellan elektrisk ström och magnetfält. För ugnar är förhållandet att en elektrisk ström i en spole ger upphov till ett magnetfält och magnetfältet gör att det i metallen uppstår värme på grund av resistivitet (motstånd) i metallen. Se förklaring under värmningsmetoder och induktionsugnar.
Infodring	Lining	Inre ytan på ugnen som kommer i kontakt med metallen. Infodringen byts regelbundet till följd av slitage. Infodringen kan vara sur, neutral eller basisk där val beror främst på metall.
Instampning/ Stampning	Sintered furnace lining	En teknik för att få till innerdelen av ugnen. Infodringsmaterialet tillförs i pulverform och stampas manuellt eller packas med vibration. Vanligen används en form invändigt som även kan sitta kvar vid sintringen. Sintringen ger en hållbar keramisk infodring av ugnen.
Insättning/ Charge/ Chargering	Charge/ Charging	Se avsnitt 3.5
Järnmalmspellet	Iron ore pellets	Kulor av järnmalm, produceras genom att finmalen malm och bindemedel formas till kulor som hettas upp och malmen sintrar så att hållbara kulor bildas. Äldre benämning är kulsinter.
Järnsvamp	Sponge iron	Järnsvamp har samma form som järnråvara (t.ex. slig, pellets) men syreatomerna är avlägsnade. Volymen är den samma och det bildas hålrum, därav ordet svamp som anspelar på detta.

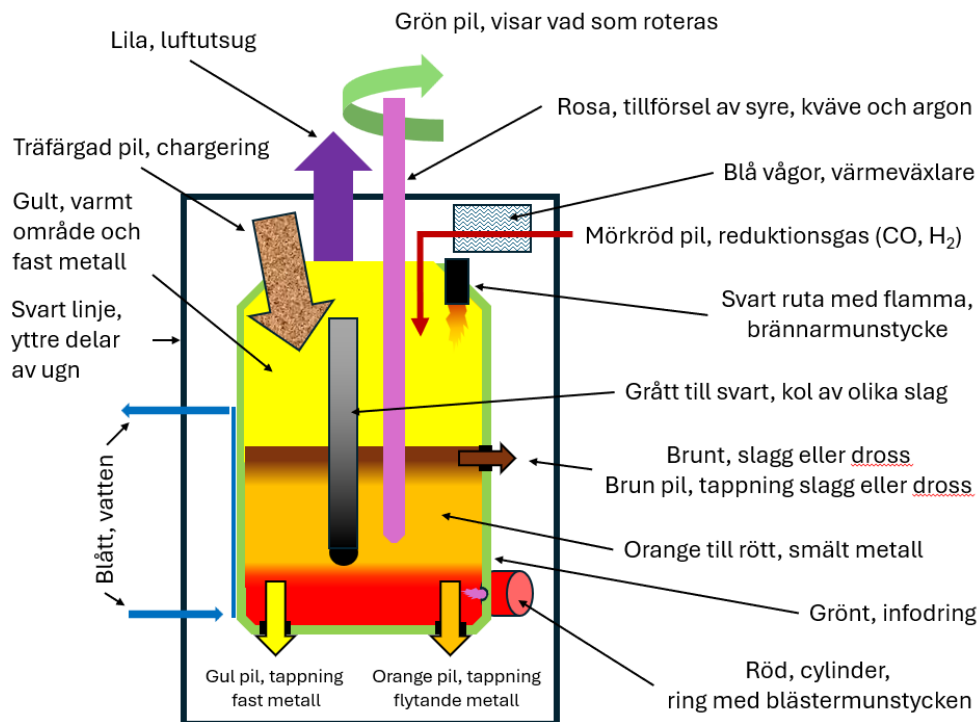
Kalcinering	Calcination	Upphettning av material utan att det oxideras. Primära syftet är att termiskt spalta föreningar. Exempelvis aluminiumhydroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$) hettas upp och aluminiumoxid (Al_2O_3) bildas och vatten avgår.
Kanaliserade utsläpp	Channelled emissions	Utsläpp av föroreningar i miljön genom någon form av rör, kanal, skorsten etc.
Katod	Cathode	I dessa sammanhang den elektrod där reduktion äger rum. Exempelvis kopparjoner blir nollvärt koppar.
Kol	Carbon	Se avsnitt 3.2
Koks, grafit m.fl.	Coke, graphite	Se avsnitt. 3.2
Konvektion (av värme)	Convection	Värme leds från ett ställe till ett annat genom vätska eller gas, där ett typiskt exempel är att vattnets rörelse i en kastrull sprider värmen i hela kastrullen.
Kylkrets	Cooling circuit	För att skydda ugnsfodring eller andra delar av ugnen behövs kylning som sker genom kylkretsar runt det som ska kylas. Mediet i kylkretsar kan bestå av både gas och vätska.
Kylvatten	Cooling water	Kan innefatta både direkt kylning av avgaser eller indirekt kylning via vattenkretsar i ugnskroppen.
Ledning (av värme)	Conduction	Värme förs genom fasta material, där ett typiskt exempel är en kastrull som står på en gjutjärnsspis.
Lättmetall	Light metal	Det som avses med lätt är låg densitet, det finns ingen exakt gräns. De med störst ekonomisk betydelse är titan, magnesium och aluminium. Andra exempel är beryllium, litium, skandium och yttrium.
Malm	Ore	Mineral eller bergart som är ekonomiskt lönsam att utvinna.
Malmkoncentrat	Ore concentrate	Den mellanprodukt när malm har upparbetats mekaniskt och/eller med andra icke värmande tekniker för att avskilja mineraler som saknar ekonomiskt värde.
Metall	Metal	Ämnen med speciella egenskaper, så kallade metalliska egenskaper. Se bilaga 1 för vilka som är metaller. Jämför halvmetaller.
Metallverk	Metallurgical plant	Begreppet är rent strikt en industriell anläggning för framställning av alla metaller. Begreppet används dock främst för en industriell anläggning för framställning av andra metaller än järn/stål. Ordet används sällan ensamt utan sätts ofta ihop, exempelvis ädelmetallverk eller anpassas och exempelvis används kopparverk. Liknande användning även på engelska.
Metallurgi	Metallurgy	Läran om framställning av metaller. Indelad i exempelvis pyrometallurgi, elektrometallurgi och hydrometallurgi
Nedkolning		Se färskning.
Oxid	Oxide	I dessa sammanhang en metall som är bunden med syre.
Oxidation	Oxidation	Processer där oxidationstalet höjs för en förening.

Platinagruppens metaller (PGM)	Platinum-group metals (PGMs)	Samlingsnamn för platina, palladium, rutenium, rodium, osmium och iridium.
Primära råmaterial	Primary raw materials	Råvaror som utvinns från jordskorpan, exempelvis malm och olja. Jämför sekundära råmaterial.
Pyrometallurgi	Pyrometallurgy	Läran om framställan av metaller vid höga temperaturer.
Raffinering	Refining	Rent fysikalisk rening av metaller från föroreningar, exempelvis destillering. Varken metall eller förorening genomgår en kemisk förändring.
Reduktion	Reduction	Processer där oxidationstalet sjunker för en förening.
Rest/Restprodukt	Residue	Ämne eller föremål som genereras i form av avfall eller biprodukt.
Rostning	Roasting	Process där koncentrat under uppvärmning omvandlas till oxider för sulfider (t.ex. PbS till PbO) men även exempelvis högre oxider till lägre oxider (t.ex. magnetit till hematit).
Råjärn	Hot metal/ Crude iron/ pig iron	Järn med en kolhalt över 4 %, vanligen en mellanprodukt i stålframställning från masugn och då i smält form. Det svenska begreppet används främst för flytande metall men både det svenska och alla de engelska begreppen används både för flytande (hot metal vanligast) och fast (Pig iron och crude iron vanligast). Se även tackjärn.
Råstål	Crude steel	Olika definitioner finns men generellt avses den första fasta produkten (göt eller ämne) eller flytande stål. Antingen sker det genom att råjärn färskas och kolhalten minskar eller smältning av exempelvis stålskrot.
Sekundära råmaterial	Secondary raw material	Rester/restprodukter från industriella processer och/eller avfall (t.ex. skrot) samt metaller som omsmälts. Jämför primära råmaterial.
Sintring	Sintering	Sammanbindning av fasta kroppar genom termisk värmning.
Skärsten	Matte	Svavelbunden metall i smält form, exempelvis Cu ₂ S-FeS. Normalt en mellanprodukt vid framställning av basmetaller.
Skänk	Ladle	Närbesläktat med degel. Skänk består oftast av en tålig behållare (t.ex. stål) med eldfast material inuti. Används som en degel i en ugn eller kan användas för att flytta smält metall. Vanligen del av stål- och metallverk.
Slagg	Slag	Flytande ämnen som inte löses i flytande metall men som lätt separeras från dem och bildar ett separat skikt på flytande metall på grund av deras lägre densitet. Slagg bildas bland annat genom oxidation av icke-metalliska grundämnen som finns i chargin. Jämför med dross, se även avsnitt 3.8
Slaggbildare/ Slaggbindemedel	Slag formers	Ämnen som tillförs den smälta metallen eller metallen som ska smältas för att lättare kunna separera slagg från metall. Vilket ämne som används varierar stort beroende på vilken metall som ska framställas. Se även avsnitt 3.8
Slig	Fines	Finmalen malm som är upparbetad så att oönskad mineral är bortsorterad. Fines används även frekvent av svenska bolag på svenska.

Smält metall	Liquid metal	Flytande metall som produceras i smältugnar. Det innefattar även sådant som inte behövs i den slutliga produkten, exempelvis marginal, metall till gjutssystem, stigare eller kasserade produkter. Dross och slagg ingår inte. Begreppet särskiljs alltså från produktion av metall som avser färdiga produkter. I EU-lagstiftning regleras normalt smält metall medan svensk lagstiftning ofta avser produktion av metall.
Smältning av metall	Metal melting	Produktion av smält järnmetall eller icke-järnmetall med hjälp av ugnar. Detta inbegriper även smältning av t.ex. skrot som genereras inom anläggningen och hålla smält metall flytande i varmhållningsugnar.
Strålning (av värme)	Radiation	Värme förs fram genom elektromagnetiska vågor, där ett typiskt exempel är strålning från en kastrull där man känner värmen även utan att röra vid kastrullen.
Stålverk	Steel plant	Industriell anläggning för framställning av stål, jämför metallverk. Ibland avses en hel anläggning med ett stort antal produktionssteg medan ibland avses bara byggnaden där stål tillverkas från råjärn eller skrot.
Sällsynta jordartsmetaller	Rare Earth Elements (REE)	Sällsynta jordartsmetaller (Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb och Lu)
Tackjärn	Pig iron/ crude iron	Järn med en kolhalt över 4 %, vanligen en mellanprodukt i stålframställning från masugn i fast form. Ibland avser de engelska begreppen även flytande mellanprodukt från masugn. Se även råjärn.
Uppkolning	Carburizing	Begrepp som avser ökning av halten kol i metallen, främst för järn och stål. Ibland används även begreppet inkolning synonymt.
Värmebehandling	Heat treatment	En termisk process där gods värms upp till under smältpunkten för att förändra deras fysiska egenskaper.
Värmeelement	Heating element	Elektriskt ledande material där motståndet i metall eller andra material gör att värme bildas som överförs till metallen som man vill smälta. Används främst för metaller med låg smältpunkt.
Ädelmetaller	Precious metals	Här avses guld, silver och platinagruppens metaller (Pt, Pd, Ru, Rh, Os och Ir).

2.5 Figurer i vägledningen

För att öka förståelsen och minska textmassan har ett antal förenklade principiella figurer tagits fram. Figuren är i princip alltid genomskärningar av det som beskrivs, och form och färg används så konsekvent som möjligt. I figur 6 finns de viktigaste färgerna och strukturerna beskrivna.



Figur 6: De olika färger och strukturer som används för att beskriva bland annat de olika ugnarna.

3. Ugnsoberoende delar

Vägledningen avseende enskilda ugnar i avsnitt 5, 6 och 7 avser bara själva smältprocessen (från chargering/insättning till tappning/gjutning). Övriga processteg har också en miljöpåverkan, vilket beskrivs gemensamt i detta avsnitt. I kapitlet görs även en genomgång av de vanligaste metallerna och vilken påverkan de har på hälsa och miljö. Typiska föroreningar som uppkommer vid smältning av metall beskrivs också översiktligt.

3.1 Metaller och föroreningar

Utsläppen från stål- och metallverk har i flera fall minskat kraftigt. I vissa fall har dock ingen skillnad i utsläpp observerats under de senaste årtiondena och i andra fall har ämnenas farlighet klassats upp och man har därför börjat kontrollera dem.

Stora utsläppsminskningar skedde på främst 1970- och 1980-talen, delvis med statligt stöd. Minskningar i utsläpp kunde då inte sällan mätas i 80–90 % reduktion. Utsläppen har sedan dess, i några fall, ökat i absoluta tal för vissa orter, vilket beror på konsolidering och därmed koncentring av produktionen. Det vanligaste är dock en svag nedåtgående trend både i absoluta tal per anläggning och per ton produkt. Vid en genomgång av utsläppen för stålindustrin för 1999 jämfört med 2024 visar en jämförelse mellan anläggningar med likvärdig produktion under båda åren att vissa utsläpp så som stoft har sjunkit kraftigt både i absoluta tal och per tonprodukt men i flera fall har utsläpp av miljöfarliga metaller ökat per ton produkt.¹² Eftersom metaller ofta är stoftbundna borde metallutsläppen också minska. Orsakerna till att utsläppen av metaller tvärtom har ökat är okänt för Naturvårdsverket men skulle kunna vara en indikation på ökad förorening i råvara, förändrade analysmetoder eller mindre justeringar i legeringshalter (dvs. en förändrad produktmix). Liknande exempel finns för icke-järnmetallsframställning med stora minskningar av flera miljöfarliga ämnen även om minskningarna ligger något årtionde efter ståltillverkningen. För enskilda ämnen kan ingen nationell trend noteras, utan i dessa fall behöver en bedömning av varje anläggning göras.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

När det gäller föroreningar från metallframställning som historiskt har ansetts vara miljö- och hälsostörande, så som vissa metaller, svaveldioxid, kväveoxider, stoft och dioxiner, har utsläppen minskat men det sker alltjämt stora utsläpp. Ämnen som tidigare har haft lägre prioritet och därmed inte reglerats kan behöva utökad kontroll om man inte under senare år har kontrollerat utsläppen. Därtill kan eventuella kompletterande åtgärder behövas. Exempelvis gäller detta vissa metaller och persistenta organiska föreningar. Även vid förändringar av råvarutillförsel och produktmix kan andra ämnen än tidigare behöva kontrolleras.

¹² Beskrivningen är baserad på statistik som Naturvårdsverket har samlat in från verksamhetsutövare enligt den numera upphävda miljöskyddslagen (1969:387) samt miljöbalken.

3.1.1 Metaller

För att öka tillsynsmyndigheternas kunskap och ge stöd i eventuella föreläggande listas några vanliga metaller nedan.

ALUMINIUM

Aluminium är en viktig metall för samhället och används i konstruktioner där låg vikt är av stor betydelse. Aluminium reagerar med syre och det bildas ett tunt oxidlager som skyddar mot vidare oxidering, vilket utnyttjas i konstruktioner. Aluminium används även för reduktion av andra metaller, se vidare avsnitt 7.10. Aluminium framställs främst genom att bauxit ($\text{AlO}_x(\text{OH})_{3-2x}$) renframställs till aluminiumoxid och därefter smältelektrolys, se avsnitt 7.9.

Aluminium är det tredje vanligaste grundämnet efter syre och kisel i jordskorpan men har inga kända funktioner i levande organismer. Viss negativ påverkan kan förekomma på högre stående organismer men då krävs extrema mängder och andra speciella förhållanden.

Miljöpåverkan av utsläpp av aluminium till luft och vatten får i de flesta fall anses vara små till obefintliga.

ARSENIK (HALVMETALL)

Arsenik har under lång tid använts av samhället. En ökad användning är att vänta då arsenik är viktig för att få rätt egenskaper på elektroniska produkter och är utpekad som kritisk råvara i EU. Framställningen sker genom att föroreningar i malmer tas tillvara i smältverk som utvinner basmetaller.

Arsenik är ett av de farligaste miljögifterna och kan ge bland annat cancer, diabetes, samt hjärt- och kärlsjukdomar. Mer information finns på Naturvårdsverkets och Livsmedelsverkets respektive webbplatser. Arsenik är utpekad som ett av de 32 så kallade särskilt förorenande ämnena.

BLY

Metallen är mindre vanlig i jordskorpan men finns ansamlad varför den är lätt att bryta. Bly är en viktig metall för samhället och används exempelvis i strålningskydd, kabelskydd, batterier och i utrustning som behöver kunna stå emot syra. De förekomster som används som råvara är främst blyglans (PbS), anglesit (PbSO_4), cerussit (PbCO_3) och minium (Pb_3O_4). Sekundär råvara är mycket viktig och omfattar cirka 50 % av produktionen.

Bly är en metall som är giftig för människor och andra organismer redan vid mycket låga doser. Användningen av bly har minskat kraftigt på senare år vilket har lett till minskade utsläpp. Mer information om utsläpp och påverkan finns på Naturvårdsverkets och Livsmedelsverkets respektive webbplatser.

JÄRN

Metallen är det fjärde vanligaste förekommande grundämnet i jordskorpan. Järn är den billigaste och för samhället viktigaste av alla metaller. De förekomster som används som råvara är främst magnetit (Fe_3O_4) och hematit (Fe_2O_3). Sekundär råvara är mycket viktig och omfattar cirka 30–40 % av produktionen. Andelen sekundär råvara varierar i olika delar i världen men förväntas sakta öka. För produktionsmetoder, se avsnitt 5 och 6.

Järn är ett grundämne men även benämningen på en fast metall när kol agerar som legeringsämne, se vidare i SF BREF 2.2.1.2 för detaljer och olika varianter av järn. Vid låga halter kol används i stället ordet stål, normalt vid kolhalter på <2% men högre halter förekommer. Stål delas i sin tur in i låglegerat stål och höglegerat stål, där skillnaden förenklat är att andra legeringsämnen så som krom och nickel är under eller över 5 %. Se vidare i SF BREF 2.2.1.3 för detaljer.

Järn är en essentiell metall, exempelvis finns järnatomer i hemoglobin. Miljöpåverkan av utsläpp till luft och vatten får i de flesta fall anses vara små.

KADMIUM

Kadmium var tidigare en essentiell metall för samhället men på grund av de negativa effekterna har användningen kraftigt minskat och är numera helt förbjuden i flera olika applikationer.

Kadmium är en metall som är giftig för människor och andra organismer då den stannar kvar under lång tid i kroppen och lagras främst i njurarna. Utsläppen minskade kraftigt under 1980- och början av 1990-talet men har legat relativt stabilt sedan dess. Utsläppen kommer främst från industrier där kadmium är en förorening i råvara men även vid förbränning där felsorterat avfall eller naturliga bakgrundshalter är troliga källor. Mer information om utsläpp och påverkan finns på Naturvårdsverkets och Livsmedelsverkets respektive webbplatser.

KOPPAR

Koppar är en av de viktigaste metallerna för samhället och är utpekad som strategisk råvara på EU-nivå. Den är också ett essentiellt ämne för flertalet djur och växter. De förekomster som används som råvara är främst kopparkis (CuFeS_2), men även andra sulfidmalmer förekommer liksom helt andra mineral så som azurite ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$). Sekundär råvara är mycket viktig och ligger på ca 30 % av produktionen.

Koppar är en essentiell metall men för höga halter kan ge förgiftning även om det är extremt ovanligt. Koppar är däremot ofta toxiskt för vattenlevande organismer, beroende på halt, biotillgänglighet, pH-värde med mera. De största luftutsläppen sker idag från biltrafik som motsvarar cirka 90 % av utsläppen. Industrins utsläpp minskade kraftigt under 1980- och 1990-talen och motsvarar idag mindre än 10 % av de totala utsläppen. Mer information om utsläpp och påverkan finns på Naturvårdsverkets webbplats. Koppar är utpekad som ett av de 32 så kallade särskilt förorenande ämnena.

KROM

Krom är en av de viktigare metallerna för samhället och används i ett stort antal produkter där rostfritt stål dominerar idag. De förekomster som används som råvara är främst kromit (FeCr_2O_4) men även andra mineral förekommer. Sekundär råvara är mycket viktig och ligger på ca 30 % av produktionen. För produktionsmetoder se framför allt avsnitt 7.8.

Krom är en essentiell metall för flertalet djur och växter men för höga halter kan ge förgiftning. Det är också stor skillnad mellan olika kromföreningars farlighet vilket främst beror på kromets oxidationstal. De största luftutsläppen sker idag från metallindustri, skogsindustri och förbränning. Mer information om utsläpp och miljöpåverkan finns på Naturvårdsverkets webbplats. Krom är utpekad som ett av de 32 så kallade särskilt förorenande ämnena.

KVICKSILVER

Kvicksilver har idag ingen stor betydelse för samhället. En stor del av användningen är idag förbjuden, vilket i huvudsak är en följd av Minamatakonventionen. Inom EU används kvicksilver bara för vissa produkter som är undantagna från det generella förbudet.

Kvicksilver är ett av de farligaste miljögifterna och ger skador på hjärna och centrala nervsystemet. Mer information finns på Naturvårdsverkets webbplats, där finns även länkar till information hos andra myndigheter.

MAGNESIUM

Magnesium är en viktig metall för samhället och används i konstruktioner där låg vikt är av stor betydelse. Magnesium har dock begränsningar avseende hållfastighet varför den ofta legeras med exempelvis aluminium. Magnesium är även ett viktigt legeringsämne i exempelvis segjärn och hårdbart aluminium. Magnesium används också för reduktion av andra metaller, se vidare avsnitt 7.10 **Error! Reference source not found.** Magnesium framställs genom reduktion av magnesiumoxid (se avsnitt 7.167.16) eller smältelektrolys av magnesiumklorid (se avsnitt 6.2), vanligen utvinns magnesiumkloriden från saltvatten i ett flertal steg.

Magnesium är livsnödvändigt och för lågt intag kan ge flertalet sjukdomstillstånd, se vidare på Livsmedelsverkets webbplats.

Miljöpåverkan av utsläpp till luft och vatten får i de flesta fall anses vara små.

NICKEL

Nickel är en av de viktigaste metallerna för samhället och är utpekad som strategisk råvara på EU-nivå. Nickel används främst i rostfritt stål och andra höglegerade stålsorter.

De förekomsterna som används som råvara är främst sulfidmineralen pentlandit ($(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$) men även andra sulfidmineral och oxidmineral förekommer. Sekundär råvara i form av rostfritt stål och liknande stålsorter är viktig och ligger på ca 30 % av produktionen. För produktionsmetoder se framför allt avsnitt 7.8.

Nickel har viss hälsopåverkan och kan ge lungcancer. Halterna i luft är idag generellt låga och utgör inget hot mot hälsan. Nickel påverkar växter och andra organismer genom sämre tillväxt och högre halter ger förgiftning. De största utsläppen kommer idag främst från långväga lufttransport, förbränning och metallindustri. Mer information om utsläpp och påverkan finns på Naturvårdsverkets webbplats.

ZINK

Zink är en essentiell metall för samhället i form av ren zink men även som legering och beläggning. Plåt kan exempelvis bestå av ren zink, mässing är en zink-kopparlegering som har ett stort användningsområde och zink kan beläggas på annan metall för att skydda mot korrosion. Zink framställs genom ett flertal processer och ofta från blandningar med andra metaller som koppar och bly. Den vanligaste mineralen för zinkframställning är zinkblände ((Zn,Fe)S). Sekundär produktion är också en viktig källa, dock är den sekundära råvaran av zink i allmänhet mer förorenad och oxiderad jämfört med andra metaller. Ett stort antal ugnar används, dessa listas i avsnitt 7 i denna vägledning.

Zink är livsnödvändigt och för lågt intag kan ge flertalet sjukdomstillstånd, se vidare på Livsmedelsverkets webbplats. För höga halter zink har dock hälsovådlig effekt. Detsamma gäller för nästan alla organismer där zink är nödvändigt men för höga halter zink ger toxiska effekter. De toxiska effekterna är särskilt påtagliga för vattenorganismer. Då halterna, biotillgänglighet, pH-värde med mera avgör hur toxisk metallen är har miljöpåverkan från utsläpp främst en lokal påverkan, utspädningen gör att toxiciteten avtar. Zink är utpekad som ett av de 32 så kallade särskilt förorenande ämnena.

ÖVRIGA METALLER

Det finns ett stort antal övriga metaller som är viktiga för samhället och kan bli aktuella att hantera i reduktions- eller smältugnar. Exempelvis selen, molybden, titan, ädelmetaller och de som omfattas av CRMA (se bilaga 1). Det finns också ett stort antal övriga metaller som kan släppas ut som en förorening från ugnar. Exempelvis gallium, germanium, strontium och barium.

Det är av vikt att för varje metall göra en bedömning då miljö och hälsoeffekter kan variera stort både mellan metaller och beroende på oxidationstal och vilka komplexbildningar som är aktuella. Visst stöd kan finnas på Naturvårdsverkets och Kemikalieinspektionens webbplatser.

3.1.2 Föroreningar som inte är metaller

STOFT

Stoft bildas i alla ugnar i varierande mängder. Stoftet som avgår är inte bara nybildat, utan en viss del finns i eller på råvaror. Flera metaller som har miljöpåverkan samt svavel- och kolföroreningar är ofta partikelbundna. Stoft är därför en av de viktigaste parametrarna att bevaka och begränsa för flertalet ugnar.

Stoftets sammansättning behöver beaktas när man hanterar stoftfrågan då farligheten kan variera kraftigt beroende på vilka metaller och ämnen som är bundna till dem. Utöver dessa sekundära effekter på hälsa och miljö har stoft också direkt påverkan på hälsa. Stoft kan ta sig ner i lungorna och där kan grova partiklar fastna medan fina partiklar kan passera lungbarriären och ta sig vidare ut i blodomloppet. Kronisk exponering för partiklar bidrar till risken för att utveckla hjärt- och respiratoriska sjukdomar liksom lungcancer. All befolkning påverkas, men mottagligheten för föroreningen kan variera med hälsa eller ålder.

Mer information finns på Naturvårdsverkets webbplats och Europeiska miljöbyråns (European Environment Agency) webbplats (Air pollution).

POLYCYKLISKA AROMATISKA KOLVÄTEN

Polycykliska aromatiska kolväte (PAH) bildas när kolinnehållande material upphettas utan fullständig förbränning. För ugnar är det främst när stenkol används men PAH kan även regleras eller vara relevant för andra ugnar.

PAH är en heterogen grupp av ämnen. I miljösammanhang används dock i allmänhet bara en mindre andel av dessa. Anledningen är att denna andel fungerar som en bra indikator även för andra. Det vanligaste är PAH16¹³ som är en samlingsparameter för 16 aromater, i dessa ingår bland annat naftalen och PAH4¹⁴. PAH4 är fyra svårnedbrytbara aromater som omfattas av rapporteringskrav enligt miljörapportföreskriften och en av de som omfattas av PAH4 är bens(a)pyren (se bild 1) som ofta används som ensam indikator.

Eftersom PAH är en så heterogen grupp skiljer sig de fysikaliska egenskaperna så väl som miljö- och hälsopåverkan. Naftalen är ofta ett ämne som dominerar, den är volatil varför förbränning eller liknande behövs för avskiljning. Naftalen kan orsaka organskador. PAH4 fastnar lätt på partiklar och kan därför avskiljas effektivt. De är mycket stabila och bioackumulerande och kan orsaka allvarlig skada på organismer.

Mer information finns på Naturvårdsverkets och Livsmedelsverkets respektive webbplatser.

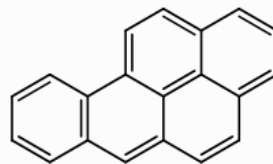


Bild 1: Bens(a)pyren

¹³ Naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, dibenso(ah)antracen, bens(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren.

¹⁴ I miljögiftsammanhang bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren. I livsmedelssammanhang bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(a)pyren.

DIOXINER, FURANER OCH DIOXINLIKA PCB:ER

Dioxiner, furaner och dioxinlika PCB:er bildas när kol, väte och halider (klor och/eller brom) under rätt temperaturförhållanden och tillräcklig tid finns i en gas. Snabb nedkylning av gaser från ugnar samt att försöka undvika råvaror som innehåller kol, väte och halider minskar risken att dessa föroreningar bildas.

Dioxiner och furaner är några av de giftigaste ämnena som vi känner till. Dioxiner och furaners fullständiga kemiska namn är polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) respektive polyklorerade dibensofuraner (PCDF). Dessa ämnen regleras ofta i tillstånd, men närbesläktade ämnen som benämns dioxinlika PCB:er regleras också i vissa fall. Dioxinlika PCB:er ska inte förväxlas med PCB.

I PCDD, PCDF och dioxinlika PCB:er ingår alltid klor. Om en eller flera av kloratomerna ersätts med brom kan dock ämnen bildas som har liknande egenskaper. Ibland benämns både klor- och brominnehållande ämnen som dioxiner, ibland endast de med klor, ibland PCDF tillsammans med PCDD och ibland bara PCDD. Därför är det viktigt att vara noga med vad som avses i ett specifikt sammanhang.

För klorvarianterna har viktningskoefficienter tagits fram. I-TEF¹⁵ är den vanligaste och omfattar PCDD och PCDF. WHO-TEF innefattar även dioxinlika PCB:er. Koefficienterna är olika och dessutom finns olika upplagor av WHO-TEF, varför det är viktigt att specificera vilken som avses i relation till exempelvis begränsningsvärden.

Flera kilo dioxin (främst den farligaste varianten som benämns TCDD¹⁶, se bild 2) bildades och släpptes ut under en olycka i Seveso 1976, vilket ledde till införandet av Seveso-lagstiftningen¹⁷.

Mer information finns på Naturvårdsverkets och Livsmedelsverkets respektive webbplatser.

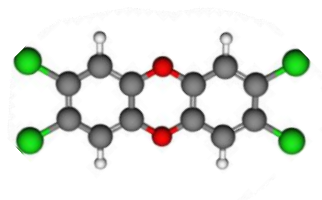


Bild 2: TCDD (Grått kolatomer, rött syreatomer och grönt kloratomer). Den centrala cirkeln med två syreatomer kännetecknar dioxiner, för furaner är det i stället en femring med bara en syreatom.

KVÄVEOXIDER

Eftersom det ofta är höga temperaturer i ugnar kan kväveoxider bildas genom att kvävet i luften oxideras. Viss tillförsel av kväve sker även med råvara (t.ex. förorening i kol) som oxideras vid förbränning.

Nedfall av kväveoxider leder till försurning och övergödning av mark och vatten. Försurning skadar växt- och djurlivet, både på land och i vatten. När marken försuras urlakas viktiga näringsämnen, vilket på sikt innebär minskad tillväxt i

¹⁵ International toxic equivalency factor – summan av enskilda ämnens mängd gånger TEF förkortas TEQ.

¹⁶ Tetrachlorodibenzo-p-dioxin.

¹⁷ Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/18/EU av den 4 juli 2012 om åtgärder för att förebygga och begränsa faran för allvarliga olyckshändelser där farliga ämnen ingår och om ändring och senare upphävande av rådets direktiv 96/82/EG. I huvudsak är EU-direktivet infört i svensk rätt genom lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor.

skogar. Dessutom frigörs metaller, som kan skada såväl nedbrytarna i marken liksom fåglar och däggdjur högre upp i näringskedjorna, inklusive människan. Övergödning innebär ett överskott av näringsämnen (t.ex. kväve) i mark eller vatten. Detta tillstånd hotar den biologiska mångfalden genom att de arter som trivs i en näringsrik miljö riskerar att konkurrera ut de arter som är anpassade till en mer näringsfattig miljö.

Tillsammans med organiska föreningar och solljus medverkar kväveoxider till bildandet av marknära ozon. Marknära ozon kan ge skador på växtlighet och under episoder med höga halter kan människor drabbas av irritation i andningsvägarna. Kväveoxider är även giftiga i sig själva och irriterar luftvägarna och slemhinnor. Epidemiologiska studier har visat att symptom av bronkit hos astmatiska barn ökar i samband med långvarig exponering av kvävedioxid.

Mer information finns på Naturvårdsverkets webbplats och Europeiska miljöbyråns (European Environment Agency) webbplats (Air pollution).

SVAVELDIOXID

Svaveldioxid bildas i ugnar där svavelinnehållande bränsle (t.ex. stenkol) förbränns samt i ugnar där sulfidmalmer processas. Man undviker utsläpp genom i första hand använda lågsvavliga råvaror om möjligt. Även biproduktverk för tillvaratagande av avgaser med hög svavelhalt och rening av avgaser förekommer.

Svaveldioxid som släpps ut oxideras, reagerar med vatten och bildar svavelsyra som har en försurande inverkan på miljön. Försurning skadar växt- och djurlivet, både på land och i vatten. När marken försuras utlakas viktiga näringsämnen, vilket på sikt innebär minskad tillväxt i våra skogar. Dessutom frigörs metaller, som kan skada såväl nedbrytarna i marken liksom fåglar och däggdjur högre upp i näringskedjorna, inklusive människan.

Utsläppen har minskat kraftigt och svaveldioxid är idag inte ett lika stort problem som tidigare, se Naturvårdsverkets webbplats för mer information.

3.2 Kolråvaror

Kol är ett viktigt grundämne som används i ett stort antal ugnar både som reagens, legeringsämne eller i delar av ugnen (t.ex. infodring och elektroder). Kolet kan förekomma i fast form eller i gasfas. I gas "bärs" kolet in till reaktionen i form av kolmonoxid, metangas, gasol eller olja. Ordet kol används även för mineraler och produkter.

3.2.1 Fast kol

Fast kol är inte en enkel och enhetlig form. Det finns ett stort antal olika varianter som alla används i olika ugnar. Fossila källor är stenkol, antracit, grafit, koks och petroleumkoks medan de biogena är träkol och biokol.

Stenkol är växtmaterial som genom årmiljonerna lagrats upp och från torv bildat brunkol och slutligen stenkol med ca 90 % kolinnehåll. Nästa steg när stenkol utsatts för mer tryck och temperatur är antracit, som är en hård bergart med kolhalt på ca 95 %, i antraciten är kolatomerna hårt bundna till varandra. Grafit bildas när antracit utsatts för ännu högre tryck och temperatur. Grafit är starkt inom skikten men har svaga bindningar mellan dessa. Grafit kan även bildas på konstgjord väg, förenklat genom att exempelvis stenkol upphettas (torrdestilleras) vid höga temperaturer under lång tid så att lättflyktiga ämnen avgår.¹⁸ För stenkol som bara torrdestilleras benämns den fasta produkten koks.¹⁹ Petroleumkoks är nära besläktat med koks språkligt men har helt andra egenskaper. Ursprunget är destillering av råolja där petroleumkoks är den fasta resten.

Träråvara som genomgår pyrolys benämns träkol (även benämnt biokoks) medan begreppet biokol är bredare och kan innebära att man använder även andra råvaror än trä. I huvudsak används dock pyrolys även i de fallen. Träkol har likheter i kemisk sammansättning med koks men är mycket porösare, varför hållfastheten är lägre. Träkol förekommer inte i större omfattning idag inom metallproduktion förutom i Brasilien där träkol används i masugnar. Grafit från stenkol kan teoretiskt ersättas med motsvarande artificiell tillverkning från biomassa. Den produktionen förekommer dock enbart på pilotskala.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING

Typiska föroreningar i stenkol är svavel och kvicksilver men även kväve och andra metaller kan förekomma. Dessa föroreningar finns även i antracit och grafit. Halterna varierar dock stort beroende på ursprung och kvalitet varför det är av stor vikt att bolag inhämtar kunskap om innehållet av spårämnen vid inköp och i synnerhet vid byte av leverantör. Detta är särskilt viktigt när stora mängder används och man ligger nära begränsningsvärden, då kan det vara skäligt att byta leverantör snarare än att ge undantag från begränsningsvärde. Petroleumkoks kan

¹⁸ I NFM BATC ingår tillverkning av konstgjord grafit.

¹⁹ Se IS BREF under "Koksverk".

variera stort avseende svavelinnehåll varför det är särskilt viktigt att inom ramen för tillsynen efterfråga dokumentation.

När det gäller kol med biogent ursprung finns i allmänhet begränsat med data. Utsläpp av exempelvis svaveldioxid och kväveoxider kan både minska och öka vid övergång från fossil råvara. Det finns också begränsad kunskap om vilka mängder som behöver tillsättas i förhållande till fossila kolkällor. Biokol är normalt porösare och därmed kan andra reaktioner ske som exempelvis ger större avgång. Vid tester av nya råvaror i produktionen kan det därför vara lämpligt att inom ramen för tillsynen ställa krav på ökad kontroll av förbrukning och utsläpp. På så sätt finns kunskap inför ett eventuellt byte av råvara, och underlag för att bedöma om ändringen kan hanteras inom ramen för en anmälan eller om den kräver ett ändringstillstånd.

3.2.2 Kolinnehållande gas och olja

Den absolut vanligaste gasen i Sverige är naturgas, som ofta består väl över 95 % av metan. Den används dels i brännare, dels för uppkolning av järn. Naturgasen blandas ibland med biogas och ibland används ren biogas.

Biogas är ett samlingsbegrepp och skiljer sig från naturgas inte bara genom att naturgasen är fossil och biogasen biogen utan även avseende andel metan, koldioxid, etan, ammoniak och svavelväte.

När biomassa upphettas med underskott av syre fås en blandning av kolmonoxid, koldioxid och vätgas. Denna blandning benämns ibland syngas eller syntesgas.

Gasol är också vanligt förekommande. Den biogena varianten benämns ofta biogasol.

Olja används inte i stor omfattning idag i Sverige, men förekommer som kompletterande bränsle.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Byte från fossila till biogena gaser (t.ex. biometangas och syngas) kan ge betydande minskningar av fossila koldioxidutsläpp men kan även påverka andra utsläpp. Vid byte från naturgas till biogas kan flamtemperatur förändras, vilket påverkar exempelvis kväveoxidutsläpp. Utsläpp av svaveldioxid och andra ämnen kan också förändras.

3.3 Hantering före chagering

3.3.1 Hantering råvaror

Råvaror till primär produktion består ofta av olika sorters malmkoncentrat som kan vara av hög renhet, men kan även bestå av komplexa sammansättningar av flera olika mineraler/metaller (både önskade och oönskade). Rent generellt ger malmkoncentrat upphov till betydande damningsproblem och förorening av mark och vatten om det inte hanteras på korrekt sätt. Lämplig lagring kan vara allt från silos till skyddad lagring med vindskydd kombinerat med vattenbegjutning och vattenuppsamling. Det finns stöd i alla BREF:ar för lämplig hantering, även om kraven i senare BREF:ar är skarpare. Sekundär råvara kan i vissa fall klassas som farligt avfall och då ska krav ställas på att förvaring sker inomhus.²⁰

Utöver råvaror med metallinnehåll behövs även ett stort antal andra råvaror där typiska fasta material är kol, slaggbildare och material till infodring.

Gas och vätskeformiga bränslen förekommer också ofta i förhållandevis stora volymer liksom syrgas, argon och kvävgas.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING

Skrot som används vid produktion kan vara miljöfarligt, ofta på grund av föroreningar. Då stora volymer hanteras inom en begränsad yta och ständigt byts ut kan även skrot med låg föroreningsgrad per ton skrot ge betydande utsläpp av oljeföroreningar, kvicksilver och annat som följer med skrotet. Ibland har även små volymer betydelse, exempelvis då en blyproducent hanterar blyskrot. Hanteringen av skrot bör därför ske på hårdgjord yta med vattenuppsamling och rening²¹ eller hantering inomhus. Rent generellt behöver även hänsyn tas till vilken sorts metall som smälts och dess farlighet, se avsnittet om olika metaller för ytterligare underlag (se avsnitt 3.1.1 ovan).

Kol är dammande och bör förvaras på ett sådant sätt att minimal dammspridning uppstår. Kolanvändningen förväntas minska framöver, men en del fossilt kol kommer att behöva ersättas med biokol. Vid hantering av biokol är det extra viktigt att beakta att den kan självantända. Vissa typer av fossilt kol kan också självantända men det är vanligare för biokol. Verksamhetsutövaren behöver därför uppmärksammas på detta om åtgärder inte vidtagits.

Övriga råvaror såsom slaggbildare hanteras i mindre kvantiteter och är ofta mindre hälsovådliga. Fokus bör därmed ligga på föroreningar som kan avgå vid upphettning (t.ex. kvicksilverinnehåll). Principen att minska föroreningen vid källan bör vara ledande och efterfrågas inom tillsynen. Ett exempel på detta är att efterfråga kravställning vid inköp eller i vart fall kunskap om halter av oönskade ämnen.

²⁰ Exempelvis NFM BATC BAT 7 och Växjö tingsrätts, mark- och miljödomstolen, avgörande den 28 november 2022 i mål nr M 3117-20.

²¹ Krav i senaste SF BATC.

Vanligen sker förvaring av gas och vätska inom anläggningen i tankar eller cisterner. För mer information se Naturvårdsverkets vägledning avseende Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2021:10) om skydd mot mark- och vattenförorening vid hantering av brandfarliga vätskor och spilloljor. Tillståndspliktig miljöfarlig verksamhet omfattas inte av den aktuella föreskriften men vägledningen kan ändå ge stöd för vilka problemställningar som är viktiga och hur dessa kan hanteras.

3.3.2 Från upplag till ugn

Nästa steg är hantering från råvaruupplag till ugn. Det finns två huvudprinciper; batchvis förflyttning och kontinuerlig förflyttning.

Det vanligaste är batchvis förflyttning både för ugnar som drivs batchvis och sådana med kontinuerlig drift. För större verksamheter sker transporten med truckar, men det finns också exempel med olika kransystem och bandmatare. Vid batchvis hantering används en chargeringskorg/chargeringsvagn (även benämnd skrotkorg för skrotbaserade metallproducenter). Chargeringskorgarna har två huvudprinciper för tömning; antingen öppnas botten på korgen när den hänger över ugnen eller så vickas korgen för att tömma innehållet i ugnen. Kontinuerlig matning sker både för malmkoncentrat och för skrot. Det innebär i princip att alla typer av råmaterial kan matas in i ugnen kontinuerligt. Själva fyllandet av ugnen benämns chargering (eller insättning).

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

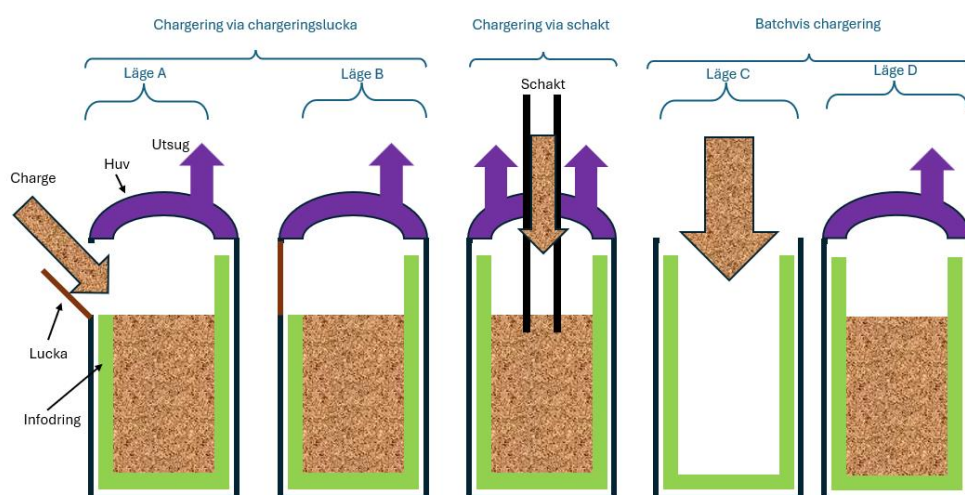
Miljömässigt riskerar batchvis hantering ge större störningar i form av buller och spridning av partiklar. Fördelen med batchvis hantering är att hanteringen blir mer flexibel genom att ett bredare spektrum av råvaror kan tas in. Kontinuerlig förflyttning är ofta mer energieffektivt och täckta band kan minska spridningen av partiklar väsentligt.

Interna transporter kan hanteras inom tillsynen både avseende buller, direkta utsläpp från fordonen samt diffus damning. I de flesta provningar har interna transporter inte reglerats och kan därmed regleras genom tillsyn.

3.4 Charging

Charging kan ske på olika sätt där det också finns flera undervarianter. På en översiktlig nivå kan charging delas in i tre varianter. De olika varianterna har sina för- och nackdelar, och är delvis ugnsberoende. De beskrivs kortfattat nedan, med utgångspunkt från vad som är relevant att beakta inom ramen för tillsynen.

De tre principerna är charging via chargeringslucka, charging via schakt och charging när ugnen är avstängd, dvs. batchvis charging, se figur 7.



Figur 7: De tre huvudprinciperna för charging, brun pil chargen som chargerats och lila pil avser luftutsug.

3.4.1 Charging via chargeringslucka

Charging via chargeringslucka sker genom att en lucka är öppen (Läge A i figur 7) vid charging och när chargingen är slutförd stängs luckan en kortare eller längre tid (Läge B i figur 7). I båda lägena sker reaktioner i ugnen och utsuget är påslaget. Oavsett hur bra utsug man har kommer utsläpp att ske genom luckan.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Utsläppen kan bli betydande och det är viktigt att driften anpassas så att chargingen sker med minimering av utsläppen. Vilka åtgärder som är lämpliga att vidta får bedömas från fall till fall. Naturvårdsverket bedömer att tillsynen bör fokusera på att verksamhetsutövaren har kunskap om riskfaktorer för utsläpp och att rutiner och att eventuella renoveringar fokuserar på att minimera utsläppen.

3.4.2 Charging via schakt

Charging via schakt kan ske på flera olika sätt, men oftast sker tillförsel högt upp i ugnen och utsugskanaler finns under denna punkt. Avskärmningar kan underlätta luftflöden så att minimalt gasflöde sker genom schaktet. Tekniken används för ugnar som drivs med kontinuerlig drift men chargingen kan ske både batchvis och kontinuerligt. Kontinuerlig charging sker ofta med bandmatare medan batchvis charging kan ske med chargeringskorgar. Ugnen fylls då på lager efter

lager i toppen och materialet sjunker sakta ner i ugnen så att kontinuerlig matning sker till smältan. Vid charging via schakt sker förvärmning av det som chargerats innan råvaran når smältan, den del av ugnen där smältning eller reduktion sker. I allmänhet har dessa ugnar förhållandevis små utsläpp genom chargingsschaktet.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING

Naturvårdsverket bedömer att tillsynen bör fokusera på att utsläppen genom chargingsschaktet ska vara små. Om det inte är fallet bör fokus ligga på att verksamhetsutövaren ska utreda varför luftflödet inte är sådant att utsläppen är små. Vad som är att betrakta som små utsläpp går inte att säga generellt. En utgångspunkt kan dock vara att om utsläpp detekteras okulärt bör verksamhetsutövaren genomföra mätning och därefter, för det fall utsläppen bedöms som relevanta, vidta en fortsatt utredning.

3.4.3 Charging när ugnen är avstängd

Charging när ugnen är avstängd är den tredje varianten och innefattar en batchvis ugn som är helt avstängd när den chargerats (Läge C i figur 7), därefter sätts lock på och den körs i gång (Läge D i figur 7). Miljöpåverkan skiljer sig åt jämfört med de två övriga varianterna, då fint material som chargerats här kan ge upphov till dammoln (t.ex. koltillsats eller annat fint pulver).

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING

Naturvårdsverket bedömer att damningen i första hand ska ses som ett arbetsmiljöproblem, men om det är fråga om återkommande stora utsläpp bör det ändå hanteras inom ramen för miljöbalken då risken för olyckor ökar (t.ex. ökad risk för brand), liksom okontrollerade utsläpp till omgivningen genom allmänventilationen. För vissa ugnar används den primära utsugen som används under smältning även under charging genom att utsuget ökar. Se även under god ugnsdrift avseende infodring i avsnitt 3.6. Oförsiktig charging kan leda till skador på ugnen så att livslängden för infodringen minskar, varför rutiner för drift med beaktande av detta behöver finnas.

3.5 Infodring

Infodringen består av eldfast material och är den del av ugnen som kommer i direkt kontakt med dels den metall eller råvara som ska smälta eller reagera, dels med smältan och slagg/dross. Då både slaggen, drossen och infodringen består av oxidiska material är det extra känsligt att välja rätt eldfast material till de delar av en ugn eller skänk som kommer i kontakt med slaggen. Det är därför inte ovanligt att den s.k. slagglinjen har en annan typ av eldfast material än resten av ugnen. Val av infodring är beroende av metall, typ av ugn och krav på livslängd. Livslängden kan vara från ett par veckor för hårt körda ugnar med batchvis drift, och upp till 20 år för stora kontinuerliga ugnar. Exempel på varianter på infodring är basisk (t.ex. MgO), sur (t.ex. SiO₂), neutral (t.ex. Al₂O₃) och grafit. Syftet med

infodringen är hålla kvar smältan samt att isolera smältan för att minska energiförlusterna, varför värmefåliga och porösa material eftersträvas.

När ny infodring har gjorts i en ugn måste en försiktig uppvärmning ske så att sprickor inte uppstår, bland annat på grund av kristallvatten i det eldfasta materialet.

Nedan är exempel för god ugnsdrift för degelugnar²², induktionsugnar²³ och för ljusbågsugnar²⁴.

Degelugn och induktionsugn (i drift som smältugn)

1. Så låg tappningstemperatur som möjligt (ökad infodringslivslängd).
2. Övervaka nedsmältningsförloppet (ojämn temperatur ger slitage på infodringen).
3. Kort hålltid (infodringens livslängd ökar).
4. Om möjligt längre driftperioder utan uppehåll där ugnen svalnar (längre jämn drift ökar infodringens livslängd).
5. Jämn instampning (ojämn instampning ger kortare livslängd på infodringen).
6. Undvik chargering med kraftigt rostigt material.
7. Tillsätt legeringsämne som kan reagera med infodringen så sent som möjligt.

Induktionsugn (Rännugn i drift som hållugn)

1. Övervaka infodringens kondition.
2. Säkerställ att slagg inte fylls på i ugnen.
3. Slagga av påfyllningshålet före och efter påfyllningen.
4. Så tät ugn som möjligt (minskar bl.a. slaggbildningen).
5. Öppna ej slaggluckan i onödan.
6. Håll ej påfyllningstemperatur onödigt hög (minskat slitage när tappstråle träffar).

Ljusbågsugn

1. Undvika konstant hög temperatur.
2. Undvika låg och hög temperatur (inkl. termisk chock).
3. Undvika erosion.
4. Försiktighet vid användning av gas.
5. Ljusbåge som påverkar infodringen bör undvikas.

Ovanstående är inte applicerbart rakt av på alla ugnar utan ger en generell uppfattning vad som kan påverka en infodrings livslängd för batchvisa ugnar. Exempelvis ger även kortare hålltid i en LD-konverter (beskrivs i avsnitt 5.8) ökad

²² Gjuteriteknisk handbook

²³ Ibid.

²⁴ Valida, B., Nodir, T., Nosir, S., Tokhir, K., Kamol, A. and Shokhista, S. (2022). Extending the Service Life of The Electric ARC Furnace Lining. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 3(12), s. 153–158.

livslängd på infodringen.²⁵ Föroreningar kan reagera med infodringen och borttagande av t.ex. svavel, fosfor och kisel innan metallen förs till LD-konverter ökar infodringens livslängd.²⁶

Vid genomgång inför publiceringen av IS BREF (2012) anges att europeiska ljusbågsugnar använde 4–60 kg infodring per ton flytande stål och att infodring som gick till avfall var 1,6–22,8 kg per ton flytande stål.²⁷ Dessa siffror visar på en stor variation som delvis kan förklaras av produktprofil, val av infodring men troligtvis även huruvida en god ugnsdrift skett, så som redovisas ovan.

Rent generellt är förbrukningen av infodringar avsevärt större för batchvisa ugnar.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Då typ av infodring inte går att byta beroende på vad ugnen ska användas till samt de metallurgiska val som gjorts är valet av infodring inget som behöver drivas inom ramen för tillsynen. Däremot är det väsentligt att tillsynen berör hantering av råvaror för ny infodring och att avfall från gammal infodring hanteras korrekt.

Uppstarten och den första tiden därefter kan avvika både energimässigt och utsläppsmässigt och får i nästan alla fall hanteras som onormal drift. Vad som är onormal drift kan variera från timmar till veckor beroende på ugnstyp och ugnens storlek. Se vidare Naturvårdsverkets vägledning om onormala driftförhållanden – OTNOC.

Övervakning och goda rutiner är grundläggande förutsättningar för en god ugnsdrift. Övervakningen och rutiner behöver anpassas till ugnstyp och storlek på verksamheten. Tillsynen bör dock fokusera på att alla delar i driften av en ugn har beaktats avseende om övervakning är möjlig och att rutiner finns för samtliga delar.

På grund av mindre användning av infodring för kontinuerliga ugnar bör tillsynen av kontinuerliga ugnar prioriteras ned vid val av ugnstillsyn medan övervakning och rutiner bör efterfrågas för batchvisa ugnar inom ramen för tillsynen.

3.6 Reduktion

Rent kemiskt sker alltid en reduktion i kombination med en oxidation. Exempelvis om kol reagerar med en järnoxid så reduceras järnet men kolet oxideras, se figur 5 i avsnitt 2.1. I exemplet är järn oxidationsmedel och kol reduktionsmedel. Begreppet reduktion i denna vägledning avser alltid metallen, där målsättningen är att metallatomen ska bli nollvärd.

Det finns två huvudtyper av metallföreningar där den ingående metallen har ett oxidationstal över noll: oxider och sulfider, se figur 3. För oxider (t.ex. magnetit och aluminiumoxid) sker nästan alltid en reaktion med något ämne bestående av

²⁵ IS BREF, s. 415.

²⁶ IS BREF, s. 355.

²⁷ IS BREF, s. 429.

kol och därmed avges kolmonoxid eller koldioxid, men även reaktion med vätgas är vanligt och då bildas vatten. För sulfider (t.ex. kopparsulfid och bly sulfid) används syrgas i så kallad rostning varvid svaveldioxid bildas. Denna reaktion är exoterm varför extra värme sällan behöver tillföras. Syrgas används även i stålframställning men då reagerar den med överskott av kol och reducerar inte järnet då den reduktionen redan skett i tidigare steg.

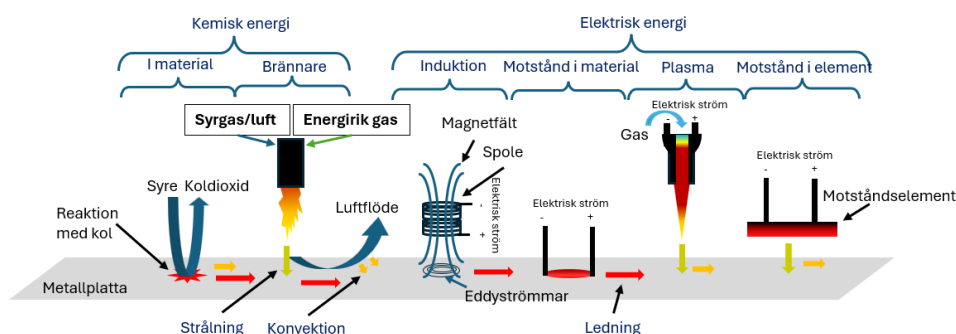
Det finns i princip två typer av reduktionsmedel; fasta och gasformiga. Det överlägset viktigaste fasta reduktionsmedlet är kol, där stenkolk dominerar men även andra kolkällor kan vara möjliga så som antracit, grafit och biokol. Gasformiga reduktionsmedel är vanligt förekommande och de två vanligaste gaserna är vätgas (H_2) och kolmonoxid (CO). Syrgas (O_2) används också men då alltid som indirekt reduktionsmedel (se andra kemiska reaktionsformeln i figur 3). Gaserna bildas i de flesta fall utanför ugnen där råvaran kan vara metan eller kol alternativt destillering av luft för att få syrgas. Under 2024 blev vätgas från elektrolys kommersiell som reduktionsmedel²⁸ och användningen förväntas öka snabbt i Sverige.

När det gäller reduktion kan reaktionen även ske i en elektrolyscell, så kallad smältelektrolys. Förenklat bildas metallen vid ena elektroden och syrgas vid den andra. Denna teknik är helt dominerande för framställning av aluminium.

3.7 Smältning

Smältning kan grovt indelas i två metoder, antingen med kemisk energi eller elektrisk energi. Kemisk energi kan sedan delas in i två undertyper där den kemiska energin antingen frigörs i det som ska smältas eller frigörs separat från smältan. Elektrisk energi kan delas in i fyra undervarianter; induktion, motstånd (kortslutning) i materialet, motstånd i ett separat element samt ljusbåge/plasma.

Utgjämning i materialet sker med tre värmeledningsprinciper; strålning, konvektion och ledning.



Figur 8: Principerna för smältning med de huvudsakliga värmeledningsprinciperna för varje smältningsslag.

²⁸ Två svenska anläggningar tog investeringsbeslut för driftsättning 2025 respektive 2026.

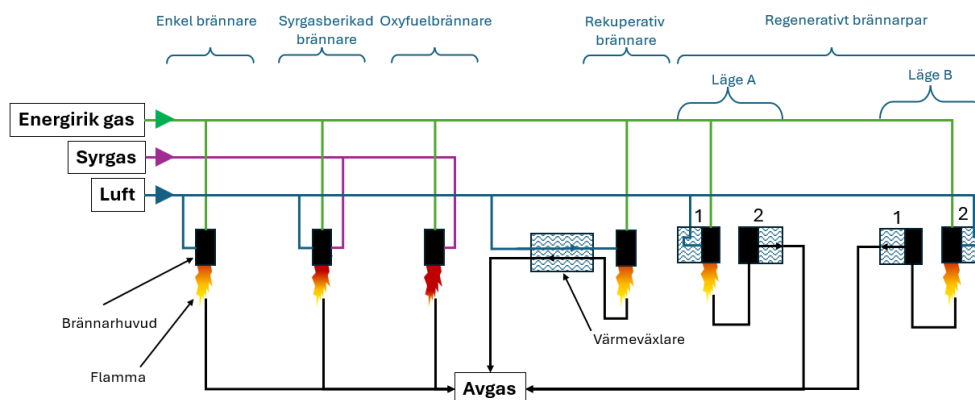
3.7.1 Smältningstekniker

KEMISK ENERGI

Kemisk energi är energi som är bunden i atomer och molekyler och som kan frigöras, bland annat som värmeenergi, genom kemiska reaktioner. Detta sker exempelvis i metallsmältor eller vid förbränning av bränslen i olika brännare. Den enklaste formen av brännare innebär att luft och en energirik gas eller vätska sammanförs och en låga bildas. I en något mer avancerad brännare kan syrgasberikad luft tillföras så att förbränningen blir lite mer effektiv, flamttemperaturen ökar också något allt annat lika. Nästa steg är brännare som enbart använder syrgas och energirik gas, därmed uppnås en ännu högre effektivitet, detta kallas oxyfuelförbränning. Flamttemperaturen i denna typ av brännare är ännu högre jämfört med andra typer, därför återförs normalt avgaser till brännaren för att sänka temperaturen. Att tillförsel av syrgas innebär en ökad effektivitet beror bland annat på att volymen gas som bildas blir mindre och därmed minskar förlusterna genom avgaserna.

Två vanliga tekniker för energieffektivisering är att installera rekuperativa eller regenerativa brännare. Rekuperativa brännare fungerar genom att avgaserna från brännaren leds ut till en värmeväxlare som i sin tur värmer inkommande luft som används i brännaren. Regenerativ brännare har en liknande princip som rekuperativ men där jobbar två brännare i par. I anslutning till varje brännare finns ett ”värmelager”. När brännare 1 brinner (Läge A i figur 9) dras luft genom värmelagret medan de varma avgaserna passerar värmelagret i brännare 2 så att det värms upp. Efter en stund stängs brännaren av och den andra brännaren startar (Läge B i figur 9) och värmen som då lagrats används för att värma inkommande luft till brännaren.

Det finns en mängd olika undervarianter av alla brännartyper. Mer ingående information kan fås i branschens teknikkodokument, Metallkompetens.



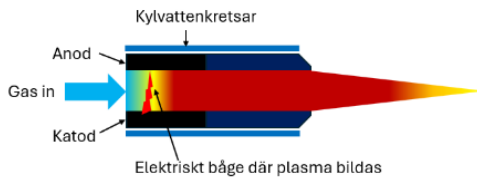
Figur 9: Förenklad bild över olika brännare som används för smältning.

ELEKTRISK ENERGI

Elektrisk energi i detta sammanhang betyder att el, antingen växelström eller likström, används för värmning. De viktigaste varianterna är motstånd i element, motstånd i material, ljusbåge/plasma och induktion.

Motstånd i element fungerar enkelt uttryckt genom att el förs igenom en metall eller annat material där det finns ett motstånd för elen att passera och då utvecklas värme. Värmen strålar sedan mot det som ska smälta, därmed måste motståndselementet ha betydligt högre smältpunkt än det som ska smältas.

Motståndet kan även finnas i det som ska smälta. Det vanligaste är grafitelektroder där strömmen leds genom materialet varvid värme utvecklas. Grafitelektroder gör även i flera ugnar att en ljusbåge bildas. Ljusbågen som bildas joniserar material så att hög temperatur uppstår. En närbesläktad teknik är plasmabrännare (plasmatron) där också en ljusbåge bildas. I det här fallet bildas ljusbågen i gas (luft eller en ren gas så som argon) vilken joniserar varvid hög värme utvecklas. Värmen förs vidare till det som ska smältas med en stråle, se figur 10.



Figur 10: Plasmatron

Det fjärde sättet att värma med el är induktion, varvid en spole strömsätts så att ett starkt magnetfält bildas. När det starka magnetfältet kommer i kontakt med ett magnetiskt material bildas strömmar (Eddy-strömmar) som värmer metallen.

Alla fyra värmningsmetoderna värmer inte hela metallen, i stället uppstår en spridning så att metallen får en homogen temperatur.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Miljömässigt är det viktigt att vid stora renoveringar noga överväga vilken värmningsteknik som kommer användas. Det är också viktigt att systematiskt underhålla brännare så att deras funktion kvarhålls och att energiförluster minimeras samt att exempelvis kväveoxidbildning minimeras.

Utsläppsmässigt är värmningstekniker med el generellt att föredra över kemisk energi både avseende koldioxid, kväveoxider och flera andra ämnen. Kemisk energi är dock nödvändig för flera produktionsmetoder. En omfattande teknikutveckling av elektriska ugnar sker dock och planer hos bolag går mot installation av dessa. Mer ingående information avseende teknikutveckling och utsläpp finns under varje avsnitt nedan uppdelat per ugnstyp.

3.7.2 Värmeledningsprinciper

De tre värmeledningsprinciper är strålning, konvektion och ledning. Strålning är ett elektromagnetiskt fenomen och sker exempelvis från en låga. Strålningen är alltså energivågor som går från en värmekälla utåt i alla riktningar. Konvektion är ett fysikaliskt fenomen där en rörelse på grund av exempelvis olika temperaturer gör att medium sätts i rörelse och därmed flyttas även energi (=värme). Konvektionen har alltså inte en jämn spridning utan beror på hur mediet sätts i rörelse och påverkas av väggar och andra hinder. Därmed värms bara de delar där luft eller

flytande metall sätts i rörelse och kan röra sig. Det tredje är ledning där värmen rör sig genom ett medium. Ledningen sker också ojämnt då exempelvis olika skrotbitar som finns i en smälta kan ha olika stora ytor mot varandra.

Det vanligaste sättet att påskynda en homogenisering av värmen är omrörning av metallen och tekniker för att få rörelse på luften för att öka och jämna ut gasflödena, alltså är det konvektionen som man främst utnyttjar. Omrörning av metall sker i induktionsugnar genom formen på magnetfältet som ”flyttar” metallen, även om huvudsyftet är att tillföra värme. Induktion kan även användas i andra ugnar där magnetfältet är relativt svagt så att det inte ger värme men ger omrörning. Andra typiska metoder för att öka homogeniseringen är lansar som blåser in exempelvis argon så att smältan börjar röra på sig. Lokalisering av tillförsel av reagens, exempelvis syrgas i konverter, eller riktning på brännare kan också fylla samma funktion utöver huvudsyftet.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Miljömässigt är det viktigt att få en bra homogenisering av värmen så att man inte övervärmer smältan. Detta både för att minska energiförbrukningen och minska utsläppen. Det är dock svårt att bedriva tillsyn för homogenisering, men vid ugnsuppgraderingar bör det vara en viktig parameter.

3.8 Slagg och dross

Slagg och dross är närbesläktade men kan ha olika reglering. Slagg är förenklat främst oxider av metaller och halvmetaller som är flytande. Dross är förenklat främst oxider av metaller och halvmetaller som är fast.

Slagg och dross används dock inte konsekvent, det vanligaste är att ordet slagg även används för dross. På ett generellt plan så bildas ofta slagg vid framställning av järn och dross vid framställning av lättmetaller. Det vanligaste är att slaggen eller drossen flyter upp och bildar ett lager på den flytande metallen. Dross kan också inneslutas i metallen, vilket ger en metallprodukt med dåliga egenskaper.

Vid tillverkning av en metall tillsätter man en eller flera ämnen, så kallade slaggbildare/slaggbindemedel, som genom kemiska reaktioner och fysikaliska processer blir slagg eller dross. Slaggbildarnas funktion är flera men den vanligaste är att reagera med föroreningar som finns i metallen så att de avlägsnas.

Slaggbildare kan även ha funktion för nedkolning, förbättra metallens egenskaper och slaggens konsistens. Slaggen eller drossen har sedan i sin tur flera funktioner, bland annat:

- Skydda metallen från att oxidera.
- Isolera smältan så att energiavgången minimeras.
- Effektivisera energiöverföringen.
- Skydda utrustning så som infodring och andra komponenter.

Innehållet i slagg och dross varierar stort. Exempelvis får en basmetallproducent en slagg som bland annat kan innehålla järnoxid, och en järn-/stålproducent får en slagg som kan innehålla basmetaller. Förenklat är slaggen eller drossen en

konstgjord mineral, som har mer eller mindre mängder av föroreningar i sig. För att förstå skillnader och likheter kan man analysera massbalansen i en slagg eller dross. Nästan oavsett slagg består den till största del av inerta och för miljön ofarliga grundämnen som kalcium, kisel och syre. Övrigt innehåll kan däremot utgöras av allt från ofarliga till starkt miljöförstörande ämnen. Det är detta innehåll som därmed oftast har störst betydelse för hur man ska hantera slaggen eller drossen inom och utanför anläggningen. Vilken effekt de har på omgivningen avgörs även av hur hårt bundna grundämnena är till slaggen på kort och lång sikt.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Då olika slagg och dross varierar så stort i både sammansättning och miljöpåverkan måste både hantering och användning bedömas i varje enskilt fall. Detta gäller även för olika verksamhetsutövare med vad det verkar samma processer och produkter. Det är också viktigt att framhålla att slaggens egenskaper från en enskild verksamhetsutövare kan variera över tid, vid exempelvis byte av leverantör av malm eller slaggbildare. Även på vilket sätt slaggen kyls med avseende på hastighet och kylmedia (luft eller vatten) kan påverka de miljöpåverkande egenskaperna, och bör därför också beaktas om en verksamhetsutövare ändrar process.

3.9 God energihushållning

Vad avser reduktions- och smältugnar sker den största energianvändningen generellt vid reduktion, smältning, ventilation, uppvärmning och andra stödprocesser.²⁹ Här är det viktigt att beakta de teoretiska och praktiska begränsningarna för huvudprocessen i en verksamhet. Exempelvis måste det finnas ett visst antal atomer per metall för att reduktion ska kunna ske och det måste tillföras en viss mängd värme för att smälta en viss mängd metall. Det kan också krävas överskott av energi för att driva processen och åstadkomma rätt metallurgiska förutsättningar, exempelvis rening eller för att gjutprocessen ska fungera. Det innebär att det inte alltid går att påverka de största energiflödena, alternativt bara i begränsad omfattning.

Exempel på sådant som kan påverka energiförbrukning vid reduktion och smältning är inläckage av luft. Detta kan leda till att metall oxideras och att värme förs ut med avgaserna vilket även innebär att luften späds (och därmed riskerar reningsutrustningen att fungera sämre). Även tappningstemperatur kan ha stor påverkan på energianvändningen. Exempelvis ger en överhettning med 10° C av järn 4–5 kWh ökad energiförbrukning per ton järn. Observera dock att viss övertemperatur kan behövas av metallurgiska skäl eller beroende på ugnens konstruktion.

²⁹ Naturvårdsverkets bedömning utifrån vad som anges i de publiceringar som hänvisas till i detta avsnitt.

För att kunna följa upp energiförbrukningen och se effekter av energibesparande åtgärder är det vanligt att verksamheterna tar fram nyckeltal.³⁰

Ett exempel på nyckeltal är det som tagits fram i SF BATC:

specifik energianvändning = energianvändning/aktivitetsgrad

Energianvändning innebär i det här fallet total mängd värme (alstrad av primära energikällor) och el som förbrukas av de relevanta processerna (smältning, varmhållning och skänkförvärmning), uttryckt i kWh/år. Aktivitetsgrad innebär total mängd flytande metall-output, uttryckt i ton/år. Se vidare i Naturvårdsverkets vägledning för SF BATC och i SF BATC. Nyckeltalet är framtaget specifikt för gjuterier men fungerar dock i princip för alla ugnar och metaller.³¹

Ett mer avancerat nyckeltal är att räkna ut teoretiska energibehov och hur produktionen förhåller sig till detta. Exempelvis är det teoretiska värdet för smältning i ljusbågsugn av låglegerat stål 1,3 GJ/ton produkt medan praktiskt minimum är 1,6 GJ/ton produkt och de faktiska värdena år 2000 låg på 2,1–2,4 GJ/ton produkt.³² För ytterligare teknisk kunskap rekommenderas Metallkompetens avsnitt om energi och ugnsteknik samt Jernkontorets webbaserade energihandbok³³. Vidare kan Energimyndighetens rapport *Använd energi mer effektivt i ditt gjuteri*³⁴ utgöra bra stöd, som även delvis kan nyttjas för andra verksamheter. Se vidare även nedan under Naturvårdsverkets bedömning för fler källor.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING

En förutsättning för att nå Sveriges energi- och miljöpolitiska mål är att använda energi mer effektivt, hushålla med energi och att i möjligaste mån använda förnybara energikällor³⁵. Att hushålla med energi blir också allt viktigare för att säkerställa en trygg energiförsörjning i en osäker omvärld och med ett hårt belastat energisystem.

Tillsynsmyndigheterna har ett ansvar att kontrollera att miljöbalken efterlevs, och i detta ansvar ingår även kraven på energihushållning enligt 2 kap. 5 § miljöbalken. Energifrågorna ska tas upp regelbundet i den ordinarie tillsynen för så väl stora som mindre anläggningar och jämföras med andra frågor så som utsläpp till vatten, buller, kemikalieanvändning, osv.

³⁰ Se även punkten 1. f) i domslutet i Mark- och miljööverdomstolens avgörande den 20 november 2025 i mål nr M 991-25, där domstolen skjuter upp frågan om slutligt villkor avseende energi. Det anges även att nyckeltal kopplat till produktion ska tas fram i samråd med tillsynsmyndigheten och att bolaget ska följa upp dessa under utredningstiden.

³¹ Flera andra exempel på nyckeltal finns i rapporten: Energimyndigheten. (2017). *Använd energi mer effektivt i ditt gjuteri*, ET 2017:25.

³² Fruehan, R. J. (2000). *Theoretical minimum energies to produce steel for selected conditions*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Energy, Office of Industrial Technologies.

³³ Webbaserad handbok, www.energihandboken.se.

³⁴ Energimyndigheten. (2017). *Använd energi mer effektivt i ditt gjuteri*, ET 2017:25.

³⁵ Enligt promemorian *Genomförande av delar av det omarbetade energieffektivitetsdirektivet*, KN 2025/01465, juli 2025, föreslås att "förnybara energikällor" ändras till "fossilfria energikällor" i 2 kap. 5 § miljöbalken.

Nyckeltal är viktigt att efterfråga för att kunna följa upp produktionen över tid. Det är viktigt att nyckeltalen har klara systemgränser så att de är uppföljningsbara. Omkringliggande faktorer så som råvaror (exempelvis skrotsort och kolråvara), produkt och driftförhållanden (exempelvis uppstart och driftlängd) har generellt en påverkan och bör därför beaktas vid framtagande av nyckeltal. Om en anläggning producerar exempelvis två stålsorter, kan det vara stor skillnad i hur mycket energi per mängd produkt de olika produkterna kräver. För det fall ett nyckeltal tas fram som omfattar båda finns en risk att när andelen av de olika produkterna ändras så ändras nyckeltalets värde. Detta speglar dock inte nödvändigtvis en förändrad energieffektivitet. Exemplet belyser vikten av att välja nyckeltal med omsorg och göra jämförelser inom tydliga systemgränser.

Energitillsyn upplevs ofta som komplicerat och kan vara tidskrävande om ingen tillsynsinsats på området skett tidigare. På Naturvårdsverkets webb finns flera vägledningar som rör energihushållning publicerade. Där finns även tillsynsvägledning på området som Naturvårdsverket och Energimyndigheten gemensamt har tagit fram. När detta skrivs finns tre publicerade vägledningsdokument på Naturvårdsverkets webbsida:

- Planera och genomföra energitillsyn
- Energikartläggningar och planer för energiåtgärder
- Vägledning om energihushållningsplaner

Här listas några viktiga saker att tänka på från vägledningarna när det gäller energitillsyn:

- Miljöbalken ställer krav på energihushållning genom hushållningsprincipen i de allmänna hänsynsreglerna (2 kap. 5 §). Även kunskapskravet (2 kap. 2 §) i miljöbalken är viktigt när det gäller energifrågan eftersom energihushållning och energieffektivisering kräver att verksamhetsutövaren har god kunskap om verksamhetens energianvändning för att avgöra vilka åtgärder som är lämpliga och effektiva samt i vilken ordning de bör vidtas.
- Tillståndspliktiga verksamheter har många gånger villkor som handlar om energi i sitt tillstånd, det är viktigt att tillsynsmyndigheten beaktar dessa inom ramen för tillsynen.
- Flertalet verksamheter som har ugnar omfattas av industriutsläppsdirektivet och där finns ofta BAT-slutsatser som avser energi i BATC och det är viktigt att tillsynsmyndigheten har kännedom om dessa formuleringar.
- Verksamheten omfattas ofta av krav på energikartläggning enligt lagen (2014:266) om energikartläggning i stora företag (EKL). EKL kommer att ersättas av ny lagstiftning om energikartläggning som är baserad på det reviderade direktivet om energieffektivitet (EED)³⁶. Verksamheter som omfattas av EKL ska göra en energikartläggning minst vart fjärde år. Det finns tydliga formaliakrav på kartläggningen. Energimyndigheten är

³⁶ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2023/1791 av den 13 september 2023 om energieffektivitet och om ändring av förordning (EU) 2023/955 (omarbetning).

tillsynsmyndighet enligt EKL/EED. Tillsynsmyndigheten enligt miljöbalken kan däremot t.ex. använda den detaljerade kartläggningsrapporten i tillsynen när det gäller att granska om miljöbalkens krav på energihushållning efterlevs eller om krav i en BATC följs.

- Verksamheter som inte omfattas av EKL/EED behöver också ofta göra en kartläggning av energin för att kunna uppfylla de allmänna hänsynsreglerna i miljöbalken. Arbete med energihushållning behöver ske systematiskt och strukturerat så att rätt åtgärder vidtas i rätt ordning. Verksamhetsutövaren bör därför ta fram en plan för sina energiåtgärder som är baserad på god kunskap i form av en energikartläggning. Tillsynsmyndigheten börjar med att granska att dessa delar finns på plats. Att direkt börja granska enskilda installationer och ställa krav på energiåtgärder är riskabelt då det kan leda till suboptimering eller verkningslösa åtgärder.

En lämplig ordning vid bedrivande energitillsyn är följande:

- Tillsynsmyndigheten bör inleda med att granska företagets plan för energiarbetet (benämns ofta energihushållningsplan, åtgärdsplan beroende på omfattning), i de fall en sådan finns.
- Kontrollera att villkor och eventuella krav i BAT-slutsatser följs.
- Kontrollera om egenkontrollen avseende energi fungerar. Det kan göras i form av systemtillsyn där tillsynsmyndigheten med hjälp av stickprov kontrollerar att egenkontrollen fungerar. I det här dokumentet finns många exempel på sådant som kan fungera som stickprovskontroller kopplat till de olika typerna av ugnar.

3.10 Luftrening

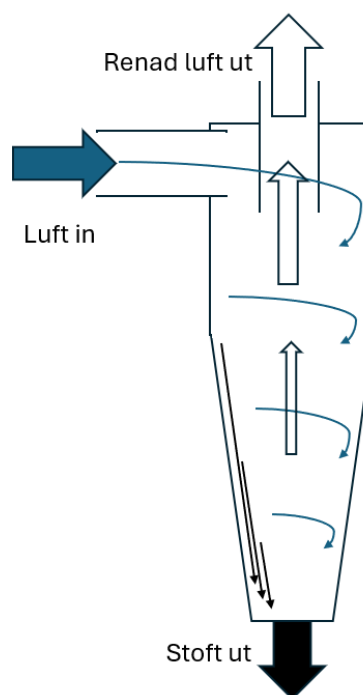
En av de största direkta miljöpåverkande aspekterna av ugnsdrift är luftutsläppen. Nedanstående listas de vanligaste reningsteknikerna, alla fungerar i princip för alla ugnar men var och en har sina för- och nackdelar som översiktligt nämns. Utöver dessa finns även exempelvis förbränning av flyktiga organiska föreningar och undervarianter av de listade som är specialanpassade för vissa föroreningar som exempelvis kvicksilver. För en enskild ugn kan reningstekniker kombineras i flera steg.

3.10.1 Cyklon

Mycket pålitlig teknik för att avskilja grovt stoft men man når inte låga stofthalter ut från cyklonen.

Principen är att luftflöde från en ugn leds in i toppen och trycks snett nedåt. Luftflödet gör att tyngre stoft trycks utåt mot väggen och rör sig nedåt medan den renade luften tas omhand genom att luften trycks uppåt, se figur 11.

Fördelen med en cyklon är att den är enkel och tål höga temperaturer. Detta gör att den ofta används som ett första reningssteg för ugnsavgaser för att avskilja de grövsta partiklarna. Därmed kan nästkommande reningssteg dimensioneras mindre och man når en bättre reningsgrad. Glödande partiklar avskiljs också i allmänhet. Det gör att risken för brand i textil spärrfilter minskar om cyklon används mellan ugn och textilt spärrfilter. Tekniken fungerar dåligt om det är stor andel fina partiklar och bär obefintlig rening av sådant som inte är partikelbundet.



Figur 11: Cyklon i genomskärning.

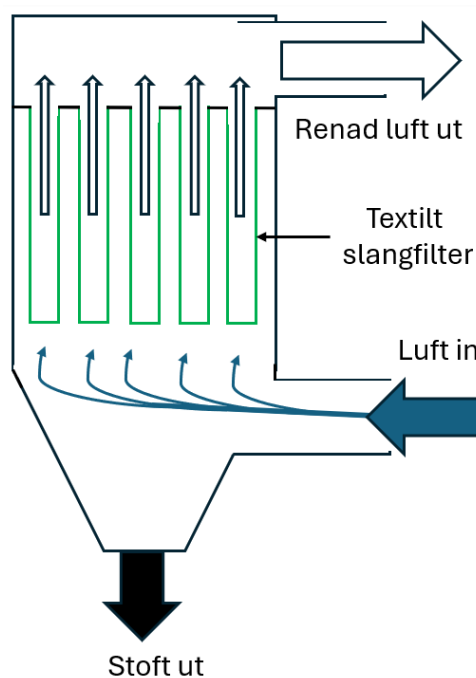
3.10.2 Textilt spärrfilter

Mycket pålitlig teknik där man kan nå låga stofthalter. Metoden fungerar sämre med blöta flöden och avskiljer inte ämnen som är i gasfas. Idag är det den överlägset vanligaste reningstekniken för nästan alla ugnstyper.

Principen är att luft som ska renas trycks in i nedre delen, se figur 12. I ställningar inne i filtret finns ett flertal slangformade textilfilter som är hopsydda i botten som sitter på en stålställning så att de hålls ut. Partiklar fastnar på utsidan av textilfiltrena och den rena luften passerar genom textilen och ut i övre delen av filtret. När textilfiltrena är fulla töms de genom att man för in en tryckluftstöt med ren luft från toppen. Partiklarna på utsidan som bildat en kaka lossnar och faller ner och kan tas omhand.

Vanligen är ett textilt spärrfilter uppdelat i flera sektioner. Har man då exempelvis fem sektioner så kan fyra användas medan ett backspolas med tryckluft, därefter kan nästa backspolas och så vidare. Detta gör även att man kan byta textilfiltrena under drift genom att en sektion i taget kan underhållas. En variant på textilt spärrfilter är patron- eller kassettfilter. Där används patroner respektive kassetter som filtermedia i stället för slangar.

Textila spärrfilter är den teknik som normalt ger lägst stoftutsläpp av de som listas i detta avsnitt. Vanligt i flera BREF:ar är övre BAT-AEL på 5 mg/Nm³, det finns dock exempel på 1 mg/Nm³.



Figur 12: Textilt spärrfilter i genomskärning.

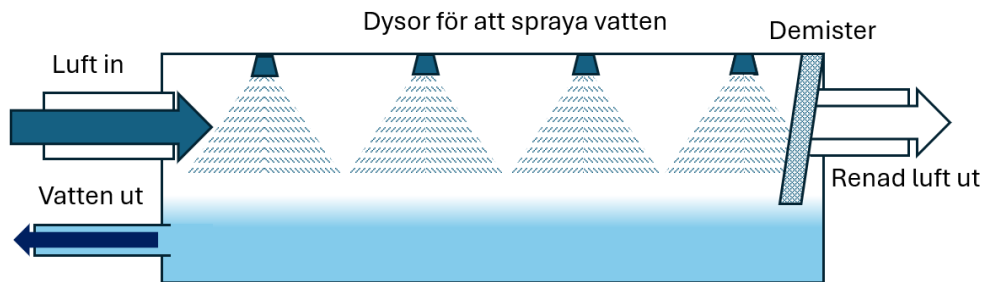
NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Naturvårdsverket bedömer att det är viktigt att inom tillsynen säkerställa att bolaget har rutiner för underhåll och drift. Särskilt bör det efterfrågas med vilken intervall verksamhetsutövaren byter filter och vilken kvalitet filtren har och korrelera detta till utsläppsdata eller haverier. Har man återkommande haverier kan det tyda på att filterkvaliteten är fel eller att man byter för sällan. Det är viktigt att man byter filter innan de havererar då även kortare tid med trasigt filter kan ge betydande utsläpp. Verksamhetsutövare kan bevaka detta enkelt med trycksensorer om det är större filter och regelbunden tillsyn av mindre filter. Naturvårdsverket anser att det är rimligt att filter byts regelbundet och att en verksamhetsutövare har filter i lager för att snabbt åtgärda eventuella haverier. Intervall och mängden filter får bedömas från fall till fall. Beakta dock att även med bra drift och underhåll kan glödande partiklar göra att man regelbundet får hål i filtren om man inte har en förrening eller om filtret är för nära ugnen. I de fallen kan det vara skäligt att kräva utredning om ytterligare åtgärder så som installation av cyklon eller andra åtgärder mellan ugn och filter.

3.10.3 Våtskrubber

Pålitlig teknik som även kan avskilja ämnen i gasfas men riktigt låga stofthalter nås inte.

Principen är att luft som ska renas trycks in i en behållare där man med dysor sprayar vatten på luften. Detta kan konstrueras på flera sätt, se exempelvis figur 13 som visar en horisontell variant. Det finns också vertikala varianter där dysorna kan sitta i flera våningar. En tredje variant är där man trycker in luften i vattnet.



Figur 13: Horisontell våtskrubber i genomskärning.

Oavsett variant fångas föroreningar av vattendropparna och hamnar i ett vattenbad. Dessa vattendroppar faller delvis ner direkt i badet, men för att förhindra att föroreningar lämnar finns en demister (droppfångare) som samlar upp alla större droppar som är kvar i närheten av där luften lämnar skrubbern. Vattnet som används kan även justeras så att baser eller syror fångas upp. För en ugn där exempelvis sura gaser förekommer kan man tillsätta natriumhydroxid så att det som dysas ut har högt pH och därmed samlas även de sura gaserna upp. Att även annat än partiklar avlägsnas är en av fördelarna med denna reningsteknik. För flera ugnstyper är det därför en teknik som används frekvent. Nackdelen är att man får ett vatten som kan innehålla föroreningar och att det då behövs ytterligare reningssteg.

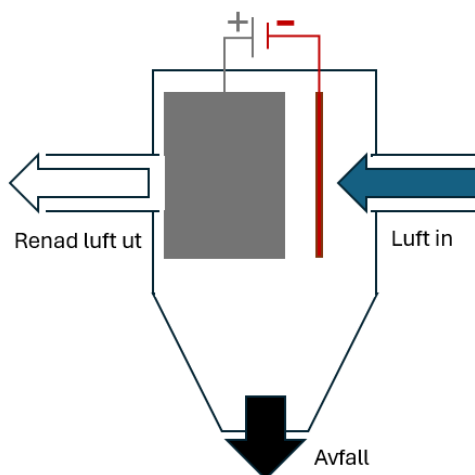
NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Naturvårdsverket bedömer att det är viktigt att dysornas funktion och demistrar (droppfångare) regelbundet besiktigas så att dels sprejningen fungerar bra, dels att droppar fångas upp. Hanteringen av det uppsamlade vattnet bör också hanteras inom tillsynen så att det sker ett korrekt omhändertagande.

3.10.4 Elektrostatiskt filter

Välbeprövad teknik som avskiljer större partiklar och ämnen som lätt blir laddade men riktigt låga halter nås normalt inte.

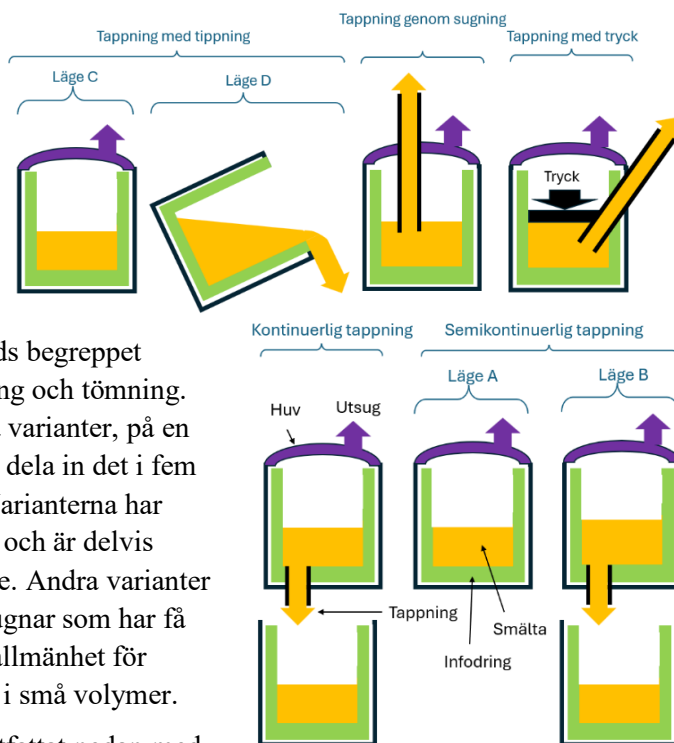
Principen är att stark ström appliceras på plattor och trådar så att de blir laddade, se figur 14. En tråd eller platta i början av filtret attraherar elektroner så föroreningarna blir positivt laddade. Den förorenade luften passerar en negativ platta och då partiklarna är positivt laddade eller har inducerad laddning fastläggs de på plattorna. Det som fastnar på plattorna skakas, sköljs eller skrapas bort och faller ner där det kan tas omhand. Tekniken gör att allt som kan få en laddning effektivt tas bort men man når normalt inte så låga stofthalter som med ett textilt spärrfilter.



Figur 14: Elektrostatiskt filter i genomskärning.

3.11 Tappning/tömning

Vanligen används begreppet tappning för flytande metall och tömning för fast metall, det är dock inte fullt ut konsekvent och tappning och tömning kan avse både fast och flytande metall. I denna vägledning används begreppet tappning för både tappning och tömning. Tappning sker med olika varianter, på en översiktlig nivå kan man dela in det i fem varianter (se figur 15). Varianterna har olika för- och nackdelar, och är delvis ugn- och metallberoende. Andra varianter finns men tillämpas för ugnar som har få användare globalt och i allmänhet för metaller som produceras i små volymer. Varianterna beskrivs kortfattat nedan med fokus på vad som är relevant att beakta inom ramen för tillsynen.



Figur 15: De fem huvudtyperna av tappning.

3.11.1 Kontinuerlig tappning

Kontinuerlig tappning är en teknik där produkt, i vissa fall även slagg, konstant rinner ut från ugnen. Det finns varianter både med bottentappning och sidotappning. Tekniken finns bara i stordrift för ugnar som även har kontinuerlig eller nästintill kontinuerlig matning. Tekniken kan användas både för smält metall och fast metall.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING

Eftersom tappningen sker kontinuerligt finns goda chanser att ha en bra hantering med luftutsug och annan skyddsutrustning. Nackdelen är att det i allmänhet krävs en kompletterande ugn som varmhåller smält metall. Detta då finjustering av smältans innehåll behöver genomföras innan man gjuter ut. Hur varmhållningsugnen driftas kan ge stor påverkan på energiförbrukning. Naturvårdsverket bedömer att tillsynen därför bör fokusera på att varmhållningen sker så bra som möjligt med beaktande av verksamhetens produktion. Tidsintervallen för varmhållning är den absolut viktigaste aspekten att bevaka, vilket indirekt beror på verksamhetens produktion och storlek på ugnar.

För kontinuerlig tappning av icke smält metall bör tillsynen fokusera på stoftutsläpp.

3.11.2 Semikontinuerlig tappning

Semikontinuerlig tappning liknar kontinuerlig så till vida att den sker nära botten av ugnen. Tekniken innebär att ett hål tas upp genom infodringen där metallen kan rinna ut, detta hål täpps sedan till. Den vanligaste varianten är att man med en bormaskin borrar upp och när man är klar pluggar man igen hålet med ett eldfast material.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING

Ungefär samma problem finns som med kontinuerlig tappning då varmhållningsugn normalt behövs. Problemen med okontrollerade utsläpp är dock större då varm metall kan komma i kontakt med kall öppen ränna där man inte har samma möjligheter att suga bort gaser som under kontinuerlig tappning. Det är därför vanligt med taköppningar (lanterniner) för att diffusa utsläpp ska lämna dessa anläggningar. Naturvårdsverket bedömer att tillsynen bör fokusera på att minimera de diffusa utsläppen via taköppningar genom goda rutiner och i vissa fall kan även mindre ombyggnationer vara möjliga och rimliga för att minska okontrollerad avgång utan rening.

3.11.3 Tappning med tippning

Tappning med tippning är den dominerande tekniken för batchvisa processer. Smältningen eller reaktionen sker först (Läge C i figur 15) och sedan tippas den så metallen rinner över (Läge D i figur 15). De två dominerande varianterna är antingen att hela ugnen tippas eller att ugnen (egentligen degel) lyfts upp och tippas i en annan del av lokalen.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Eftersom reaktionerna har slutat är utsläppen förhållandevis små men viss fördröjning kan ske både i reaktionerna och avgången från smältan.

Naturvårdsverket bedömer att tillsynen därför bör fokuseras på att huvar används och hantering sker så att så lite utsläpp som möjligt avgår utan rening, exempelvis genom taköppningar (lanterniner). En del handlar om rutiner vilket tillsynen kan fokusera på, exempelvis när och hur ugnen öppnas samt att underhåll av skyddsutrustning så som huvar sker regelbundet. Vid byte av ugnar eller större renovering kan det även vara skäligt att ställa större krav på utformning av utsug och reningsutrustning så att diffusa utsläpp minimeras.

3.11.4 Tappning med sugning

Tappning med sugning sker genom att rör förs ned i den flytande metallen och med hjälp av vacuum sugas metallen upp.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Denna teknik används främst vid aluminiumsmältverk och utsläppen är förhållandevis små. Ingen annan miljöpåverkan av vikt finns för tappningsmomentet.

3.11.5 Tappning med tryck

Tappning med tryck sker i helt slutna ugnar där ett tryck gör att metallen, vanligen aluminium eller magnesium förs till kokillen (gjutformen) eller pressgjutverktyg.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Utsläppen är mycket små och ingen annan miljöpåverkan av vikt finns för tappningsmomentet.

3.12 Processteg efter tappning

3.12.1 Från ugn till flytande metall med rätt sammansättning

Efter ugnen förs smältan till en behållare, det vanligaste är en skänk. En skänk består av en behållare med eldfast material invändigt. Tömning av skänkar sker antingen via tippning av skänken eller bottentappning. Skänken förvärms för att inte skada det eldfasta materialet vid påfyllning. Förvärmningen gör också att temperaturen i den tillförda flytande metallen inte sjunker, sker detta riskerar man kassationer. Förvärmning sker till stor del genom brännare med naturgas eller gasol. Utsläppen kan vara rätt betydande då förbränning sker under lång tid, främst koldioxid och kväveoxider. Det finns olika tekniker för att minska utsläppen, exempelvis kan elektriska värmare användas.

Smältan i skänken kan även föras till en ny ugn för ytterligare reningssteg. För stora primär- och sekundärproducenter av lättmetall sker inte denna justering i speciellt anpassade ugnar utan i exempelvis flamugn (se avsnitt 7.12). Ibland gjuter man ut smältan utan ytterligare rening och metallen kyls ned och transporteras till ett annat metallverk. Skänken kan även föras vidare till vidareförädling utan att smältan tappas ur, så kallad skänkmetsallurgi. Skänkmetsallurgen har ofta begränsad miljöpåverkan i förhållande till smältning och reduktion. Det är ett viktigt steg för att metallen ska få rätt egenskaper, varför det också finns begränsade möjligheter för verksamhetsutövaren att vidta miljömässiga förbättringar utöver standardrening med filter. Typiskt för skänkmetsallurgen är att legeringsämnen tillförs, finjustering så att kvarvarande föroreningar kan tas bort eller se till att gaser som är lösta i smältan avgår genom vakuum.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Naturvårdsverket bedömer att tillsynen bör fokusera på att verksamhetsutövaren övervakar förbrukning av energi, underhåller brännare och att det vid större reinvesteringar sker en noggrann teknikgenomgång av olika värmningstekniker.

3.12.2 Fast material från ugn

För flera ugnstyper är produkten ett fast material. Det är typiskt ugnar som laddats med malmkoncentrat eller sekundär råvara i form av oxider eller sulfider. Ett exempel är järnoxid i kulor (järnmalmsspellet) där syret tas bort men järnet finns kvar i kulor (järnsvamp). Tappning kan ske både kontinuerligt och batchvis. Ingående och utgående material är i princip detsamma vad gäller form och volym. Trots det är det som går in i respektive lämnar ugnen helt olika saker, något som är viktigt att tänka på inom ramen för tillsynen. Produkten är ofta varm även om den inte är så varm att metallen smält, därför är det fördelaktigt att direkt chargera den i en smältugn om sådan finns på anläggningen. Produkten kan också vara betydligt mer reaktiv än råvaran, helt enkelt för att oxiden är mer stabil och man kan få en oxidation i järnsvampen (materialet återoxideras i kontakt med syre). Det finns

olika alternativ för att undvika oxidation. Antingen kan produkten beläggas eller förvaras i utrymmen utan syre, normalt kväveatmosfär.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

Naturvårdsverket bedömer att hanteringen är viktig ur miljösynpunkt så att minimal oxidation sker då stor mängd energi har använts i framställningen. Produkten kan också vara dammande, exempelvis om produkten faller sönder i ugnen eller efterföljande hantering. Tillsynen bör därför även fokusera på god hantering av produkten för att minimera damning.

3.12.3 Tillverkning av färdig metallprodukt

Nästa steg, som även är det sista för denna vägledning, är gjutning. Detta begrepp används både avseende gjuterier (i definitionen enligt miljöprövningsförordningen), och avseende annan metallindustri. För gjuterier talar man om att gjutningen resulterar i gjutgods (en produkt nära den slutliga formen som den ska användas för). För övriga metallindustrier avser gjutningen så kallad götgjutning eller stränggjutning. Dessa produkter går sedan vidare för annan förädling, exempelvis valsning eller råvara i annan industri så som gjuteri eller annat smältverk. I båda fallen är produkten ämnen (stålämne, kopparämne osv). Med begreppet göt menas att metallen hålls i en form av en tacka som kan variera från några kilo till flera ton. Göt var förr den vanligaste metoden för stål, men idag är det främst vanligt för verksamheter som gjuter ett stort antal olika stållegeringar eller tillverkar produkter i format som är olämpliga för stränggjutning. Stränggjutning dominerar dock för stålverk idag. Göt är fortsatt dominerande för basmetaller, stränggjutning förekommer dock hos stora producenter av basmetaller. För ytterligare detaljer inklusive bild över stränggjutning, se IS BREF 7.1.5.

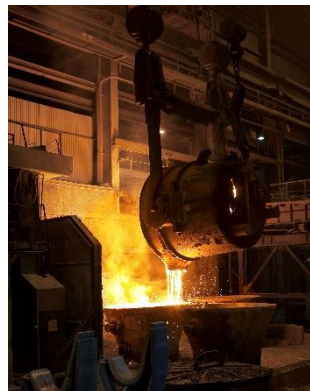


Bild 3: Tömning av skänk.

Gjuterier använder formar att gjuta i för att ge gjutgodset nära sin slutliga form. Formarna kan vara för engångsansvändning, vanligast är sandformar. För gjutgods av lättmetall, zink och mässing i större serier används permanenta formar av stål, som inte förstörs. Invändig formgivning av gjutgods gjutna i permanenta formar kan ske med engångssandkärnor. För ytterligare detaljer, se SF BREF 2.2.5.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING

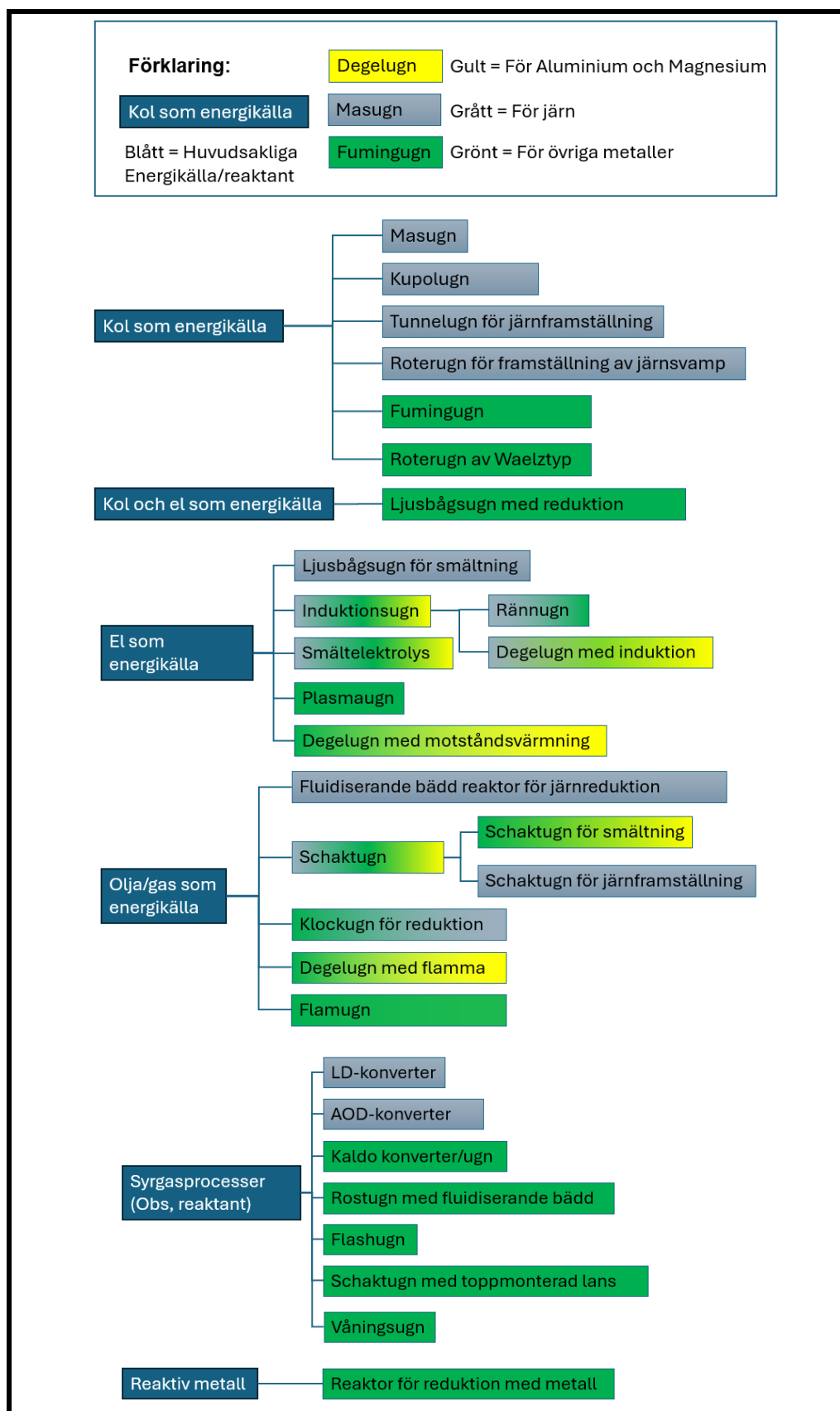
Vid gjutning kan partiklar och andra föroreningar avgå till luften. Om det inte finns någon effektiv rening bör tillsynen fokusera på att verksamhetsutövaren skaffar kunskap om utsläppen och utreder om åtgärder behövs. I de fallen man använder vatten för att kyla kan föroreningar följa med vattnet och det är av vikt att verksamhetsutövaren har kunskap om vad som följer med och därmed ge tillsynsmyndigheten underlag.

För gjuterier avges också en hel del stoft och rester från bindemedel, då dessa är speciella hänvisas till vägledningen för SF BATC och SF BREF.

4. Ugnsindelning

Det finns flera sätt att dela in ugnstyper, lite beroende på syftet med indelningen. Denna vägledning fokuserar på miljöpåverkan och därför delas ugnstyper i denna vägledning upp med avseende på den. För att förstå miljöpåverkan är det dels relevant vilken energikälla som används för att driva ugnen, dels relevant vilken metall som tillverkas.

Energikällan är viktig främst genom vilka föroreningar som finns i energin. Förenklat uttryckt innehåller inte el några föroreningar, gaser få föroreningar, olja fler föroreningar och kol flest föroreningar. Föroreningar avser här klassiska föroreningar så som svavel, kväve, kvicksilver men även koldioxid följer samma mönster. I figur 16 finns de viktigaste ugnstyperna uppdelade efter energikälla (kompletterat med syrgasprocesser) samt vilken/vilka metaller de används för. Indelningen är en förenkling och i flera fall finns exempelvis stödbrännare för uppstart eller för ett visst skede i processen. Vissa ugnar kan också användas på olika sätt beroende på råvara, vilket ökar komplexiteten ytterligare. Observera även att benämningar på ugnarna kan skilja sig mot vad som används i litteraturen. Det kan bero på att benämningar har ändrats över tid och i flera fall har översättning från andra språk inte hanterats lika i olika sammanhang. I tabellerna 1:1 och 1:2 listas olika ugnar och för vilken typ av produktion (sekundär, primär och gjuterier) de främst används, samt de huvudsakliga metallerna som framställs i respektive ugnstyp. Tabellerna är inte kompletta varken avseende ugnar eller metaller utan ska ses som stöd för förståelsen av användningsområdena för de viktigaste ugnarna. Tabellerna kan inte heller användas för att ställa krav på verksamhetsutövare att t.ex. byta till en annan ugn. I avsnitt 5, 6 och 7 delas ugnarna in i sådana som främst används för järn, både järn och icke-järn samt icke-järn.



Figur 16: Ugnsindelning efter reaktant/energikälla och vilka metaller de används till.

	Primär/ sekundär produktion	Masugn	Schaktugn för järnframställning	Fluidiserande bädd för järn	Tunnelugn för järnframställning	Linz-Donawitz (LD) konverter	Ljusbågsugn (AC/DC stål/järn)	Roterugn för järnframställning	Kupolugn	Klockugn för reduktion	Induktionsugn	Elektrisk smältugn med reduktion	Ljusbågsugn med reduktion	Metaltermisk reaktor
Stålförframställning	Primär	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		
Stålförframställning	Sekundär			X			X			X	X			
Stålgjuteri							X				X			
Järngjuteri							X		X		X			
Aluminiumframställning	Primär													
Aluminiumframställning	Sekundär										X			
Aluminiumgjuteri											X			
Bly- och tennframställning	Primär													
Blyframställning	Sekundär													
Blygjuteri											X			
Kopparframställning	Primär													
Kopparframställning	Sekundär									X	X			
Koppargjuteri (inkl. höglegerad koppar)											X			
Kromframställning	Primär													
Kromframställning	Sekundär									X				
Zink- och kadmiumframställning	Primär													
Zinkframställning	Sekundär										X			
Zinkgjuteri											X			
Magnesiumframställning	Primär													
Magnesiumgjuteri														
Nickel- och koboltframställning	Primär													
Nickel- och koboltframställning	Sekundär									X	X			
Ferrolegeringar (t.ex. FeMn, SiMn, FeSi och FeB)	Primär										X	X	X	
Alkalimetaller	Primär										X			X
Alkalimetaller	Sekundär										X			X
Ädelmetaller											X			X
Andra metaller (t.ex. REE, Ti och W)											X			X

Tabell 1:1: Ugnstyper uppdelat på produktion och metalltyp.

	Primär/ sekundär produktion	Furningugn	Roterugn av Waelztyp	Våningsugn	Flamugn	Degelugn med flamma	Schaktugn för smältning	Kaldo konverter/ugn	Rostugn med fluidiserande bädd	Flashugn	Plasmaugn	Smätelektrolys	Degelugn med motståndsvärmare	Schaktugn med toppmonterad lars
Stålframställning	Primär											(X)		
Stålframställning	Sekundär													
Stålgjuteri														
Järngjuteri														
Aluminiumframställning	Primär				X				X			X		
Aluminiumframställning	Sekundär				X	X	X							
Aluminiumgjuteri					X	X	X						X	
Bly- och tennframställning	Primär			X	X			X		X				X
Blyframställning	Sekundär				X	X		X						X
Blygjuteri					X	X							X	
Kopparframställning	Primär			X				X	X	X				X
Kopparframställning	Sekundär					X		X	X					X
Koppargjuteri (inkl. höglegerad koppar)						X							X	
Kromframställning	Primär													
Kromframställning	Sekundär										X			
Zink-och kadmiumframställning	Primär	X	X	X				X	X	X				X
Zinkframställning	Sekundär	X	X		X	X		X	X					X
Zinkgjuteri					X	X							X	
Magnesium- och berylliumframställning	Primär											X		
Magnesiumgjuteri						X							X	
Nickel- och koboltframställning	Primär			X				X	X	X				X
Nickel- och koboltframställning	Sekundär							X	X		X			
Ferrolegeringar (t.ex. FeMn, SiMn, FeSi och FeB)	Primär													
Alkalimetaller	Primär											X		
Alkalimetaller	Sekundär					X							X	
Ädelmetaller						X			X		X		X	
Andra metaller (t.ex. REE, Ti och W)				X		X					X	X		

Tabell 1:2: Ugnstyper uppdelat på produktion och metalltyp.

5. Ugnstyper järn

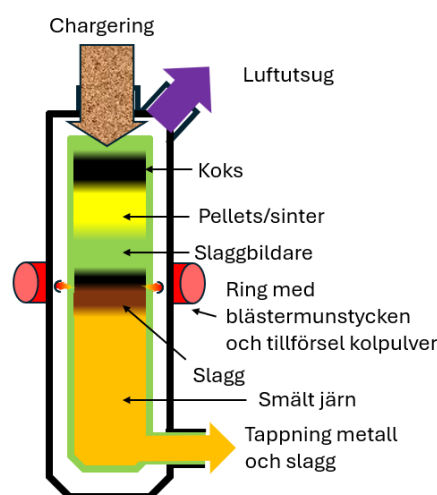
De beskrivna teknikerna i avsnitt 5 och 6 står för över 99 % av den primära stålproduktionen. Avsnittet innehåller även en kommande teknik som kan få stor spridning.

5.1 Masugn (Blast Furnace)

5.1.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

En masugn är formad som en flaska där järnmalmkoncentrat i form av sinter eller pellets tillförs i toppen tillsammans med koks (torrdestillerat kol) och slaggbildare genom kontinuerlig charging, se figur 17. I nedre delen förs varm luft och kol in genom blästermunstycken. Kolet/koksen reducerar malmkoncentraten samt smälter järnet. Det smälta järnet (råjärn) och slaggen tappas i botten genom semikontinuerlig tappning. Råjärnet förs vidare till LD-konvertern³⁷. Se även den närbesläktade kupolugnen nedan, avsnitt 5.2. Ingående information hittas i IS BREF, främst i kapitel 6.



Figur 17: Masugn i genomskärning.

Input	Output
Järnmalmkoncentrat (t.ex. pellets, sinter)	Flytande råjärn (~5 % kol)
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Slagg
Energi (t.ex. kol, koks, koksugns gas, el, gas)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
	NO _x , SO ₂ , CO ₂ , CO
	Kolväteföreningar
	Kolklorväteföreningar

Tabell 2: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används uteslutande för reduktion av järnmalmkoncentrat i Sverige. Varianter kan användas för zink- och blyframställning.

³⁷ LD-konverter beskrivs i avsnitt 5.8.

ENERGIANVÄNDNING

Kol och koks är helt dominerande som reduktionsmedel. El är en viktig energikälla och används för kringutrustning. Elanvändning sker dock endast i begränsade mängder i förhållande till kol och koks.³⁸

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnen ger mycket stora fossila koldioxidutsläpp om ca två ton per ton stål. I koldioxidutsläppen ingår även koksproduktionen. Utsläppen kan sänkas till ca 0,5 ton per ton stål om koldioxidinfångning med permanent lagring appliceras.³⁹

Fossila koldioxidutsläpp kan minska genom användande av biomassa. Utöver koldioxid förekommer även stora utsläpp av exempelvis svaveldioxid, kvävedioxid, metaller och kolinnehållande föroreningar (PAH m.fl.).⁴⁰

5.1.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Alla masugnar omfattas av IS BATC. Tillämpliga BAT-slutsatser återfinns dels i de allmänna BAT-slutsatserna, dels i BAT 59–74.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Relativt nya villkor finns föreskrivna för två verksamheter i Sverige.⁴¹ Eftersom dessa verksamheter ska avvecklas och inga nya verksamheter som inkluderar masugn är planerade redovisas inget mer här.

5.1.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Eftersom verksamheter med masugn är under avveckling är det av vikt att underhåll och drift hålls på en nivå så att miljöpåverkan ligger inom verksamheternas tillstånd.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Eftersom verksamheterna är under avveckling och inga nya är planerade anges inte något här.

³⁸ Se IS BREF tabell 6.1.

³⁹ Se exempelvis Witecka, W., Somers, J., Reimann, K., Wagner, N., Zelt, O., Julich, A., Clemens, S., & Ahman, M. (2024). *Low-carbon technologies for the global steel transformation*. Agora Energiewende, Berlin

⁴⁰ Se IS BREF kapitel 6.2 för detaljer.

⁴¹ Nacka tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 16 december 2020 i mål M 6621–19 och Umeå tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar från bland annat den 27 september 2019 och 4 december 2020 i mål nr M 2350–08.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Idag finns det tre masugnar fördelade på två stålverk i Sverige. Alla dessa planeras tas ur drift senast runt 2030. För det fall nya uppförs kommer de sannolikt vara av en helt annan typ än dagens i syfte att få till stånd låga koldioxidutsläpp, se ovan avseende utsläpp och miljöpåverkan.

5.2 Kupolugn (Cupola Furnace)

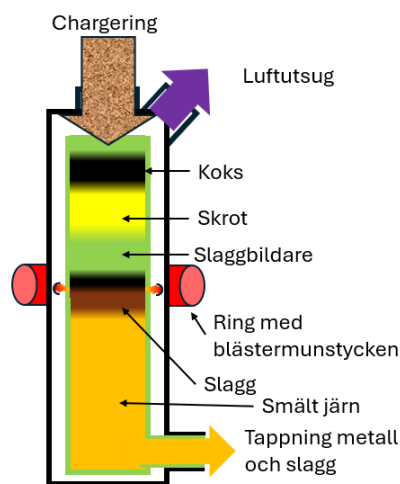
5.2.1 Teknisk beskrivning av ugnen

Kupolugnen bygger på samma princip som en masugn och även uppbyggnaden är likadan med matning i toppen, tappning i botten och blästerluftstillförsel i nedre delen av ugnen.

I både masugn och kupolugn sker reduktion av järnoxider och smältning av metall. Skillnaden är dock att huvudsyftet i masugn är reduktion, vilket även ger smältning, medan huvudsyftet i kupolugn primärt är att smälta, även om viss reduktion ändå sker.

Ordet kupol kommer från latin och betyder tunna. Grundstrukturen kan ses som en tunna (eller cylinder). Chargingen sker kontinuerligt i toppen med koks

(torrdestillerad kol), slaggbildare och järn i "lager". Först tillförs koks, sedan skrot och därefter slaggbildare, vilket upprepas. Visst utsläpp sker i matningen, men huvudutsuget sitter normalt strax under matningen. Längre ner i ugnen sitter en ring med blästermunstycken (tuyers) där luft förs in. Luften, som kan vara syreberikad, har som huvudsyfte att föra in syre så att koksen förbränns och järnet smälts. Luften som tillförs kan även förvärmas till flera hundra grader och därmed tillförs värme. Detta kallas för varmlästerkupolugn, till skillnad från kallblästerkupolugn där luften inte är förvärmad. Värmen i varmlästerkupolugn fås till största delen från fullständig förbränning av utsugsluft. I botten tappas järn och slaggt ut kontinuerligt eller semikontinuerligt. Vanligen förs sedan järnet till en elektrisk varmhållningsugn som används för utjämning och där kan även ske justering av smältans innehåll. Mer information finns i SF BREF kapitel 2.2.4.1.



Figur 18: Kupolugn i genomskärning.

Input	Output
Järn (t.ex. Tackjärn, skrot)	Flytande järn
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Slagg
Energi (t.ex. kol, koks, el, gas)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
	NO _x , SO ₂ , CO ₂ , CO
	Kolväteföreningar, kolklorväteföreningar

Tabell 3: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Används endast för järnsmältning och enbart stora järngjuterier har ugnstypen. Att installera en kupolugn är en stor investering och det krävs därför stora volymer för att den ska vara aktuell.

ENERGIANVÄNDNING

Som energikälla används i huvudsak koks, men det finns varianter med stor andel kolinnehållande gas som energikälla.⁴² Vid användning av koks används även energirika gaser, såsom naturgas. Även syrgastillförsel ger påverkan på energianvändningen. En sammanställning från Tyskland, där ugnstypen är vanligare än i Sverige, visar att koksförbrukningen är 125 kg per ton järn, elförbrukningen är 30 kWh per ton järn och förbrukningen av naturgas är ca 2 m³ per ton järn för varmlästerkupolugnar. För kallblästerkupolugnar används 24 m³ syrgas per ton järn och något högre koksförbrukning.⁴³

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnen ger fossila koldioxidutsläpp med ca 0,5 ton per ton järn.⁴⁴ De fossila koldioxidutsläppen kan minska genom användandet av biomassa (främst biokol/träkol). Ugnen ger även stora utsläpp av exempelvis svaveldioxid, kvävedioxid, metaller, kolinnehållande föroreningar (PAH m.fl.).⁴⁵

5.2.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

I praktiken omfattas alla kupolugnar av SF BATC.

Kupolugnar regleras enskilt eller tillsammans med andra ugnar i flera av BAT-slutsatserna. Tillämpliga BAT-slutsatser återfinns dels i de allmänna, dels i flera andra BAT-slutsatser. Några som kan lyftas särskilt är i BAT 12 (i vilken metaller listas även om det inte finns skarpa BAT-AEL:er), BAT 14 (energi), BAT 20 (restprodukter), BAT 37 (energi) och BAT 38 (utsläpp).

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Idag finns en verksamhet i Sverige, där det nyaste tillståndet för verksamheten är från 2022.⁴⁶

⁴² Se t.ex. Matyukhin, V.I., Yaroshenko, Y.G., Matyukhina, A.V. *et al.* (2017). Natural-gas heating of cupola furnaces for more energy-efficient iron production. *Steel in Translation*. 47: 528–533. <https://doi.org/10.3103/S0967091217080113>

⁴³ Se t.ex. Finkewirth, L., Abdelshafy, A., & Walther, G. (2022). A comparative environmental assessment of the cast iron and steel melting technologies in Germany. *Energy Proceedings*. 29. <https://doi.org/10.46855/energy-proceedings-10296>

⁴⁴ Ibid.

⁴⁵ Se IS BREF kapitel 6.2 för detaljer.

⁴⁶ Mark- och miljööverdomstolens dom den 27 januari 2022 i mål nr M 6314-20.

5.2.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Energieffektivisering är en viktig aspekt att bevaka, både vid installation, större renoveringar och ständiga förbättringar. Därutöver behöver de direkta utsläppen och avfallshanteringen bevakas.

Råvarornas sammansättning och blästertemperatur är två exempel som kan påverka både energi och utsläpp. Exempelvis kan koksens och slaggbildarnas kvalitet påverka energieffektivitet, ge ökade utsläpp av t.ex. svaveldioxid och ökad slaggbildning.

I Sverige har stoftutsläppen historiskt haft högt fokus. I andra länder har även klorider, fluorider, NO_x, dioxin, svaveldioxid, TVOC och bly varit av intresse. Därmed kan det finnas anledning att fokusera på dessa ämnen även i Sverige.

När det gäller avfallshanteringen bör fokus vara på slaggen och att den tas tillvara i lämplig applikation. En viss andel metall förs över när man för av slaggen, varför tillvaratagande av denna metall kan vara ett lämpligt initialt fokus.

Stoftet kan dels komma från textilt spärrfilter, dels från våta filter. Detta gör att det kan vara stor skillnad mellan olika anläggningar och stoftet kan klassas som både farligt och icke-farligt avfall. Generellt innehåller stoftet betydande mängder kol och järn. Det behöver därför övervägas om det är lämpligt att återföra stoftet till ugnen, alternativt ett externt återvinningsförfarande för att undvika deponering.

Ytterligare stöd för ovanstående finns i SF BREF, se under reglering ovan för mer detaljerat stöd.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

En etablering av en ny verksamhet i Sverige kommer med största sannolikhet likna den verksamhet som finns idag. Regleringen för den verksamheten bör därför kunna användas som underlag. Den befintliga verksamheten använder dock våt rening, varför vissa utsläppsp parametrar behöver hanteras genom reglering eller krav på annan rening för det fall textilt spärrfilter väljs. Stöd för dessa parametrar finns i SF BREF.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Det finns en verksamhetsutövare med en ugn⁴⁷ i Sverige.

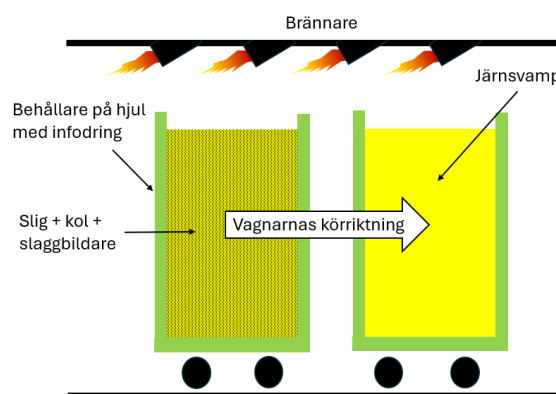
⁴⁷ Två ugns kroppar men bara en i taget kan köras.

5.3 Tunnelugn för järnframställning (Tunnel Furnace)

5.3.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Metoden utvecklades i Sverige och går under benämningen ”Höganäsmetoden”. Slig från malmkoncentrat blandas med kol och kalk batchvis i behållare. Dessa behållare förs in i en ugn där naturgas bränns för att nå rätt temperatur. Namnet tunnelugn kommer från att behållarna förs in i ena änden av ugnen och ut ur den andra änden av en lång tunnel.



Figur 19: Principskiss tunnelugn.

Försök pågår att göra tekniken fossilfri genom tillverkning av biokol och energirika gaser från biomassa. För mer information kan man läsa på Höganäs webbplats (”Höganäsmetoden”)⁴⁸.

Input	Output
Järnmalmkoncentrat (t.ex. slig)	Fast metall
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Energi (t.ex. gas)	NO _x , CO ₂ , CO
Kol (t.ex. antracit, biokol)	Slagg

Tabell 4: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE.

Produktion av direktreducerat järn som används i järnpulvertillverkning.

ENERGIANVÄNDNING

Reduktionsmedlet är kol (antracit). Värmning av ugnens luft sker med naturgasbrännare.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Utsläppen är dels sådana som är förknippade med antraciten, dels sådana som uppstår vid förbränning. Typiska utsläpp är stoft, koldioxid och kväveoxider samt kvicksilver.

⁴⁸ Höganäs, <https://www.hoganas.com/sv/about-hoganas/our-history/>.

5.3.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Reglering av tunnelugn saknas i IS BATC.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

I Sverige finns en anläggning med tunnelugn. Villkor finns föreskrivna för verksamheten i bland annat en deldom från 2015.⁴⁹

5.3.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Det finns endast en verksamhetsutövare idag och inget tyder på att fler anläggningar planeras. Det saknas därmed skäl för ytterligare bedömningar i den här vägledningen.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

För det fall att ett tillstånd skulle sökas för en ny verksamhet kan hänvisat avgörande vara relevant om antracit och naturgas används.⁵⁰ Om biobaserade råvaror i stället används kan det dock medföra att enskilda utsläppsparametrar både ökar och minskar, varför ytterligare underlag kan behövas för att kunna bedöma vilka villkor som kan vara lämpliga.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Det finns en verksamhetsutövare med en ugn i Sverige. Naturvårdsverket bedömer att den kommer att finnas kvar under överskådlig tid.

5.4 Roterugn för järnframställning av järnsvamp (Rotary Kiln/ Rotary Hearth Furnace)

5.4.1 Teknisk beskrivning av ugnen

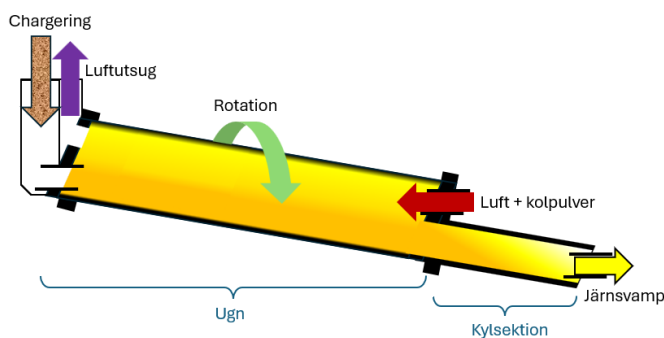
ALLMÄN BESKRIVNING

Roterande ugnar där järnmalmkoncentrat reduceras med kol. Rotationen kan ske både vertikalt (se figur 20) eller horisontellt. Båda varianterna fungerar enligt motströmsprincipen; kalla råvaror chargerats kontinuerligt i en del av ugnen och

⁴⁹ Växjö tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 16 december 2015 i mål M 4170-13.

⁵⁰ Ibid.

varm luft tillsammans med reagens tillförs i andra delen av ugnen. Luftutsug är lokaliserat nära råvarutillförseln. Tappningen av järnsvamp sker kontinuerligt.



Figur 20: Roterugn (av Rotare kiln variant) för järnframställning i genomskäring.

Input	Output
Järnmalmskoncentrat	Fast metall
Kol (t.ex. stenkol, biokol)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Energigas	NO _x , CO ₂ , CO

Tabell 5: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Direktreduktion av malmkoncentratråvara med kol.

ENERGIANVÄNDNING

Fossilt kol. Ugnen har stor tolerans avseende kolets kvalitet.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

I stort de utsläpp som förknippas med masugn, det vill säga koldioxid, svaveldioxid, stoft samt klorerade och icke-klorerade persistenta kolföreningar.

5.4.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Reglering saknas då tekniken inte finns inom EU.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Reglering saknas då tekniken inte finns i Sverige.

5.4.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

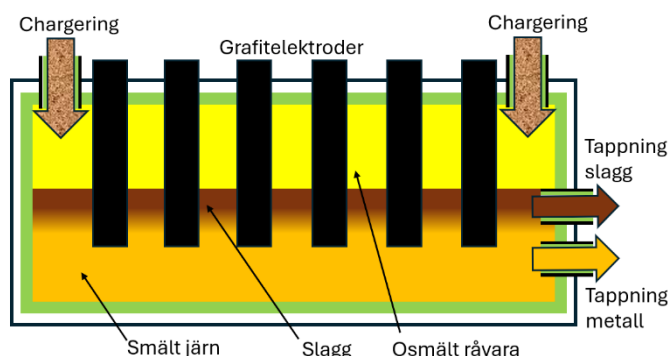
Ugnstypen finns inte i Sverige och inget tyder på att någon anläggning planeras. Ugnstypen finns främst i Asien och Mellanöstern. För det fall den skulle komma till Sverige kan det förväntas att det är anläggningar av mindre storlek och varianter som använder biokol, biobaserade energikällor eller vätgas som energibärare som kommer att uppföras.

5.5 Elektrisk smältugn med reduktion (Electric Smelting Furnace, ESF)

5.5.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Likt ljusbågsugnen (se avsnitt 5.10) har ugnen grafitelektroder men i en rak linje, därtill bildas inte någon ljusbåge då ugnen körs annorlunda. Matning av direktreducerat malmkoncentrat till ugnen sker kontinuerligt. Råvaran



Figur 21: Elektrisk smältugn med reduktion i genomskärning.

kan vara av sämre kvalitet både avseende andel järn och metalliseringsgrad jämfört med direktreducerat malmkoncentrat som tillförs en ljusbågsugn. Utöver smältningen, som sker med el, gör tillförsel av kol att även reduktion sker. Slaggen som bildas liknar mer masugnsslagg än ljusbågsugnsslagg. Tappning av metall och slagg sker kontinuerligt eller semi kontinuerligt. Råjärnet som bildas kan sedan tillföras en LD-konverter.

Input	Output
Direktreducerad malm (lägre kvalitet)	Flytande råjärn
Kol (t.ex. grafitelektroder, stenkol, biokol)	Luftutsläpp (ej klarlagt vilka)
Slaggbildare	Slagg

Tabell 6: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen kan användas som en del av stålframställning från järnmalm. Malm som reduceras i en schaktugn och förs direkt till en ljusbågsugn måste ha hög renhet. Vid lägre renhet kan i stället denna ugnstyp användas, kombinerat med en LD-konverter. Ugnen kan därmed, i kombination med schaktugn för reduktion av malmkoncentrat, användas som alternativ till koksverk och masugn. På så sätt kan befintlig infrastruktur delvis fortsatt användas medan koldioxidutsläppen sänks.

ENERGIANVÄNDNING

För smältning används el och för reduktion används kol.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ännu finns inga fullstora ugnar i drift och det är därför oklart hur utsläpp och annan miljöpåverkan ser ut. Sannolikt kommer ugnen vara relativt sluten, varför utsläppen kan förväntas vara betydligt lägre än från både masugn och ljusbågsugn.

5.5.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Reglering saknas i IS BREF och listas inte heller som kommande teknik.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Reglering saknas då ugnstypen inte förekommer i Sverige.

5.5.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Eftersom ugnstypen är ny bör höga krav ställas på en verksamhet att redovisa vilka utsläpp av ämnen som kan uppstå. Vid en tillståndsprövning kan det vara relevant att utgå ifrån typiska utsläpp från ljusbågsugnar och masugnar, t.ex. stoft, metaller samt klorerade och icke-klorerade persistenta organiska föreningar.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Ugnstypen finns inte i Sverige idag och det finns inget som tyder på att en sådan kommer att etableras inom överskådlig tid. Globalt finns den i pilotskala och kan förväntas bli kommersiell inom några år. Detta eftersom ugnen är ett lämpligt alternativ för malmkoncentratbaserad ståltillverkning för de som har LD-konverter.

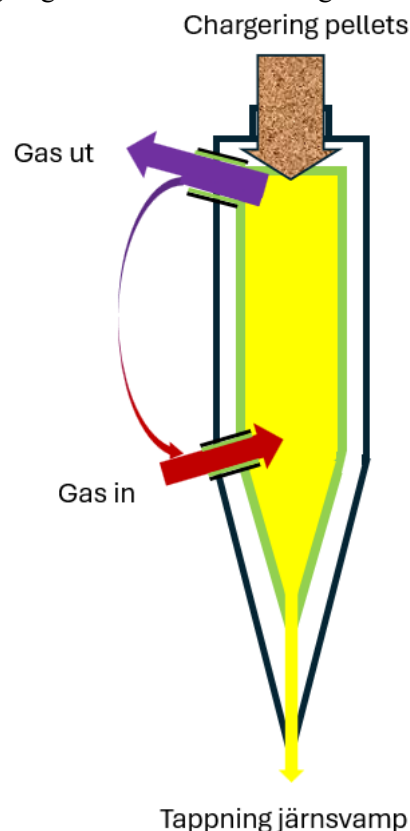
5.6 Schaktugn för järnreduktion (Shaft Furnace for DRI production)

5.6.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Ugnen är cylinderformad med batchvis eller kontinuerlig chargering i toppen med järnmalmkoncentrat i form av pellets eller styckmalm och batchvis eller kontinuerlig tappning av järnsvamp i botten. Ugnen anses ändå alltid vara i kontinuerlig drift. Ugnen med matning och tappning samt annan kringutrustning byggs i ett torn där de planerade svenska anläggningarna har en höjd på ca 150 meter. En reducerande gas tillförs underifrån och pelletsen reduceras till kulor av metalliserat järn. Visst återtag sker av gaser då inte allt reagerar, hur detta sker och i vilken omfattning beror bland annat på vilken gasblandning som används. De metalliserade kulorna som benämns järnsvamp eller DRI smälter alltså inte som i en masugn. Järnsvampen tappas ut i botten av ugnen och kan sedan föras över till en ljusbågsugn eller induktionsugn för smältning och vidareförädling.

Den reducerande gasen består i dagens anläggningar av reformerad naturgas eller motsvarande gasblandning tillverkad från stenkol. Reformeringen kan ske både utanför och i ugnen. Den reformerade gasen består av en blandning av vätgas och kolmonoxid. Trycket i reaktorn varierar från atmosfäriskt tryck till några bar, beroende på leverantör. När kolmonoxiden reagerar ökar temperaturen (exoterm reaktion), medan temperaturen sänks när vätgasen reagerar (endoterm reaktion). Temperaturen behöver hållas inom ett snävt intervall (knappt 1 000° C), både för att få reaktionerna att ske och för att en alltför hög temperatur gör att pelletsen agglomererar ("slås ihop"), detta fenomen benämns kladdning. Vid rätt förhållanden bibehålls temperaturen i schaktugnen. Toleransnivån är dock mycket stor avseende gasens sammansättning vad avser andelen av olika gaser. Detta beror bland annat på att annan energi kan tillföras genom värmning av gas eller råvara. Kol inlagras även i järnsvampen, så kallad uppkolning.



Figur 22; Schaktugn för järnframställning i genomsnitt.

Utsläppen av koldioxid är ungefär ett ton koldioxid per ton stål om naturgas används, det är ungefär hälften jämfört med masugn.⁵¹ För att sänka eller helt eliminera koldioxidutsläppen kan man antingen avskilja koldioxid eller använda fossilfri vätgas och/eller biometan.⁵² Globalt finns exempel på koldioxidavskiljning, men de planer som är offentliga år 2025 avseende europeiska stålproducenter strävar mot 100 % vätgas. Vätgasreaktionen är dock endoterm, varför extra värme behövs. Det kan hanteras genom förvärmning av vätgasen och/eller järnmalmspelletsen. Elvärmning är ett alternativ men även förbränning med en gas kan bli aktuell.

Input	Output
Järnmalmkoncentratpellets	Järnsvamp
Energi (t.ex. el, naturgas, vätgas)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
	NO _x , CO ₂ , CO

Tabell 7: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

⁵¹ Se t.ex. Fan, Z. & Friedmann, S.J. (2021). Low-carbon production of iron and steel: Technology options, economic assessment, and policy. *Joule*. 5(4): s. 829-862. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.02.018> och Patisson, F. & Mirgaux, O. (2020). Hydrogen Ironmaking: How It Works. *Metals*. 10(7), s. 922. <https://doi.org/10.3390/met10070922>.

⁵² Ibid.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Schaktugn används för att reducera järnmalmkoncentrat. Järnmalmkoncentraten måste vara i form av pellets (kulsinter) eller liknande råvara så som styckemalm, vilket betyder att stora sintrade malmkoncentrat (från sinterverk) och slig inte fungerar så bra.

ENERGIANVÄNDNING

Energianvändningen i denna ugn är nära förknippad med reduktionsmedlen varför även dessa är inkluderade i detta stycke utan att särskiljas. Den direkta energianvändningen utgörs av el och energirik gas, främst naturgas för befintliga anläggningar. När det kommer till anläggningar som planeras i Sverige kommer el, biometan, syngas och/eller vätgas att användas. Vätgasen planeras främst produceras genom elektrolys.

Den direkta elanvändningen ligger på ca 1 MWh per ton järnsvamp. Användningen blir dock lägre om naturgas används för värmning. Om den indirekta elanvändningen för framställning av vätgas inkluderas uppgår elanvändningen till ca 2,5 MWh per ton järnsvamp.⁵³ Det gäller i de fall där all naturgas är utbytt till vätgas producerad genom elektrolys. Utöver detta tillförs även metangas i flera fall för uppkolning av järnsvampen och i vissa fall som bränsle för att förvärma vätgasen, men beroende på produkt och teknikval kan metangasanvändningen variera kraftigt. Energiförlusterna för ugnen är förhållandevis små och består av lågtempererat kylvatten som använts för att kyla utrustning.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Utsläppen är relativt små jämfört med masugn. Det beror dels på att lägre temperaturer krävs och därmed uppstår mindre förbränningsrelaterade utsläpp, dels att renare råvaror används. Med renare råvaror avses främst att stenkolk ersätts med naturgas, kolmonoxid eller väte. Viss mängd stoft förekommer liksom föroreningar i malmkoncentraten. Föroreningarna kan ge upphov till utsläpp av svavelföreningar och andra metaller än järn, som kan ha miljöskadlig effekt. Normalt finns det både topp- och bottenöppning, vilka kan ge utsläpp. I toppen samlas oreagerad gas med föroreningar in och renad gas återförs till ugnen för att minska gasförbrukning, vilket även har en positiv effekt när det gäller miljöpåverkan.

5.6.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

I befintliga BREF:ar saknas reglering vad avser schaktugn. Tekniken är dock upptagen i IS BREF som en av två framtida huvudtekniker. Schaktugnen beskrivs i kapitlet avseende direktreduktion, detta kapitel är sedan indelat i tre undertekniker

⁵³ Varierar stort beroende på källa, främst beroende på systemgränser. Värdena som anges ligger dock i linje både med angivna värden för svenska anläggningar och exempelvis det som anges i följande artikel: Vogl, V., Ahman, M. & Nilsson, L.J. (2018). Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking. *Journal of Cleaner Production*. 203, s. 736–745.

där denna teknik anges som ”shaft furnace”. Det finns en översiktlig beskrivning i kapitel 10 och en mer ingående i kapitel 10.1 i IS BREF.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Nya villkor finns föreskrivna för en verksamhet i Sverige, som för närvarande är under uppförande.⁵⁴

5.6.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Då tekniken innebär höga torn med omfattande gas- och materialflöden uppstår en hel del ljud, och buller är därmed en aspekt som kan behöva hanteras över tid. Anläggningarnas storlek och ett stort antal rör ger åtskilliga skarvar, dessa är kritiska avseende läckage. Globalt finns indikationer på att läckage kan vara en lika betydande källa till utsläpp som de kanaliserade utsläppen. Pelletsen kan ge utsläpp av stoft genom damning vilka sannolikt är relativt lätta att upptäcka. Läckage av gaser är betydligt svårare att lokalisera och det är därför viktigt att verksamhetsutövaren har relevanta rutiner och bevakning.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Se Umeå tingsrätts, mark och miljödomstolen, deldomar den 1 juli 2022 och den 1 juni 2023 i mål nr M 3358–21.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Tekniken är välutbredd globalt sedan 70-talet men i dagsläget finns bara en anläggning i Europa.⁵⁵ Inom det närmaste årtiondet planeras det för flera anläggningar i Sverige såväl som i övriga Europa.

5.7 Fluidiserande bädd reaktor för järnreduktion (Fluidised Bed Reactors for DRI Production)

5.7.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Principen är att finmalet malmkoncentrat eller annan finmalen råvara med järnoxid förs in i en ugn där ett starkt luftflöde gör att partiklarna blir fluidiserande (rör sig fritt i gasen). Den exakta utformningen av ugnen varierar stort mellan leverantörer men lufttillförseln sker alltid från botten av ugnen. Gasen som omger partiklarna

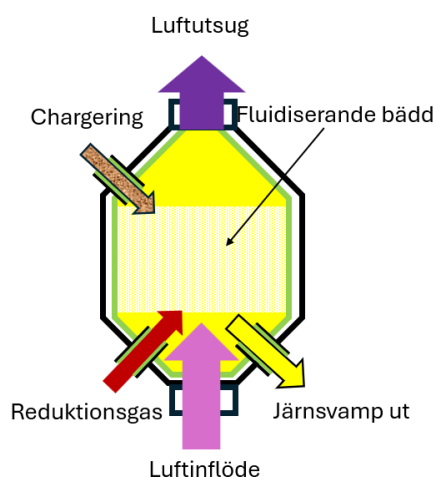
⁵⁴ Se Umeå tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 1 juni 2023 i mål nr M 3358-21.

⁵⁵ Midrex Technologies, Inc. (2024) *World Direct Reduction Statistics 2023*.

består av inert gas med inblandning av reducerande gas. Den reducerande gasen består av en blandning av vätgas och kolmonoxid.

Järnsvampen som bildas kan sedan föras över till en ljusbågsugn eller induktionsugn för smältning och vidare förädling.

Den reducerande gasen består i dagens anläggningar av reformerad naturgas eller motsvarande gasblandning tillverkad från kol. Gasens innehåll är en blandning av vätgas och kolmonoxid. När kolmonoxiden reagerar ökar temperaturen (exoterm reaktion) medan när vätgasen reagerar sänks temperaturen (endoterm reaktion). Temperaturen behöver hållas inom ett snävt intervall, både för att få reaktionerna att ske och för att en alltför hög temperatur gör att malmkoncentratråvaran riskerar att agglomerera ("slås ihop"), detta fenomen benämns kladdning. Kladdning gör att man inte längre har en fluidiserande bädd, men även att partiklar fastnar på väggarna och fortsatt effektiv reaktion omöjliggörs. Förutom temperaturen har även gasens sammansättning, formen på partiklarna och hastigheten på luftströmmen betydelse för om agglomerering uppstår.⁵⁶



Figur 23: Fluidiserande bädd för järnreduktion i genomskärning

Input	Output
Järnoxider (t.ex. slig, järnoxid)	Järnsvamp
Energi (t.ex. el, naturgas, vätgas)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
	NO _x , CO ₂ , CO

Tabell 8: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE.

Ugnen används för att reducera järnmalmkoncentrat. Järnmalmkoncentraten måste vara finkornigt inom ett kornstorleksintervall som fastställts av ugnslieferantören, vilket betyder att sintrad malmkoncentrat och pellets inte fungerar.

ENERGIANVÄNDNING

Energianvändningen i denna ugn är nära förknippad med reduktionsmedlen varför även dessa är inkluderade i detta stycke utan att särskiljas. Den direkta energianvändningen utgörs av el och energirik gas, främst naturgas för dagens anläggningar. Energianvändningen är dock något oklar eftersom uppgifter om

⁵⁶ För mer information se följande examensarbete: Galdo, M-B. & Vester, E. (2022) *Reduction of iron ore fines in fluidized beds* <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1678309/FULLTEXT01.pdf>.

energi från de anläggningar som finns idag sannolikt inte är relevanta för stora nya anläggningar.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnstypen finns inte i kommersiell skala i Europa och det finns få i drift globalt. Det saknas därför data angående vilka utsläpp och annan miljöpåverkan som ugnen ger upphov till.

5.7.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Tekniken regleras inte i någon BREF. Den finns dock med i IS BREF som en av två framtida huvudtekniker. Fluidiserande bädd-reaktor beskrivs i kapitlet avseende direktreduktion, detta kapitel är sedan indelat i tre undertekniker där denna teknik anges som ”fluidised bed reactors”. Översiktlig beskrivning finns i kapitel 10.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Det saknas verksamheter i Sverige.

5.7.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Eftersom ugnstypen är ny bör höga krav ställas på en verksamhet att redovisa vilka utsläpp av ämnen som kan uppstå. Vid en tillståndsprövning kan det vara relevant att utgå ifrån typiska ämnen i råvaror som kan avgå till luft, t.ex. stoft, svavel och metaller.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

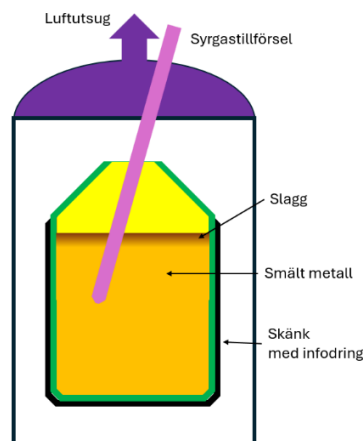
Några enstaka anläggningar finns globalt men storleken och driften är begränsad. Trots omfattande forskning finns problem med ugnstypen, genom att okontrollerad agglomering (kladdning) förekommer.

5.8 LD-konverter (Basic Oxygen Furnace, BOF)

5.8.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Flytande råjärn (järn med hög kolhalt) chargerar batchvis i en stor behållare, därefter tillförs syre genom en lans. Syret reagerar med kolet så att kolhalten sjunker. Eftersom reaktionen är exoterm värms järnet och skrot tillförs för att kyla smältan, samtidigt som det också smälts. Slaggbildare tillförs även så att stålet (järn med låg kolhalt) renas till rätt kvalitet. Finjustering kan dock ske i efterföljande steg. Se IS BREF kapitel 7.



Figur 24: LD-konverter i genomskärning.

Input	Output
Flytande råjärn (~5 % kol)	Flytande stål (~0,01–1,5 % kol)
Skrot (kylning)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	NO _x , CO ₂ , CO
Syrgas	Slagg
Infodring	Infodring

Tabell 9: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE.

Dagens LD-konvertrar används i steget då råjärnet blir råstål samt smältning av stål (som kylning). Den är därmed i princip alltid kopplad till masugn, det finns dock något enstaka undantag i EU där den är fristående. Specialvarianter finns för att utvinna vanadin, som en biprodukt vid stålframställning. Detta genom att vanadin drivs till slaggen under kontrollerade former.

ENERGIANVÄNDNING

Syrgasen reagerar med kol och det är den helt dominerande energikällan. Kylning är därför nödvändig, vilket är energimässigt fördelaktigt eftersom överhettning av stål innebär en ineffektiv energianvändning.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

LD-konvertern bidrar främst till luftutsläpp där de dominerande är stoft, svaveldioxid, metaller och kolmonoxid. Utsläppen kan öka kraftigt om för mycket syrgas förs in och smältan kokar. Kolmonoxiden är energirik och den bör tas omhand och brännas så att mer energi tas omhand.

5.8.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Ingående information hittas i IS BREF, främst i kapitel 7. Tillämpliga BAT-slutsatser återfinns i BATC BAT 75–86 men även de första generella BAT-slutsatserna.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Relativt nya villkor finns för två stålverk i Sverige.⁵⁷ Eftersom dessa ska läggas ned och inga nya är planerade redovisas inget mer här.

5.8.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

I framtiden kan det eventuellt tillkomma LD-konverter kopplad till elektrisk smältugn för järn (ESF) (se avsnitt 5.5).

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Eftersom verksamheterna är under avveckling är det av vikt att underhåll hålls på en nivå så att miljöpåverkan ligger inom verksamheternas tillstånd.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Eftersom verksamheterna är under avveckling och inga nya är planerade anges inte mer här.

⁵⁷ Se Nacka tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 16 december 2020 i mål nr M 6621-19 och Umeå tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar i mål nr M 2350-08.

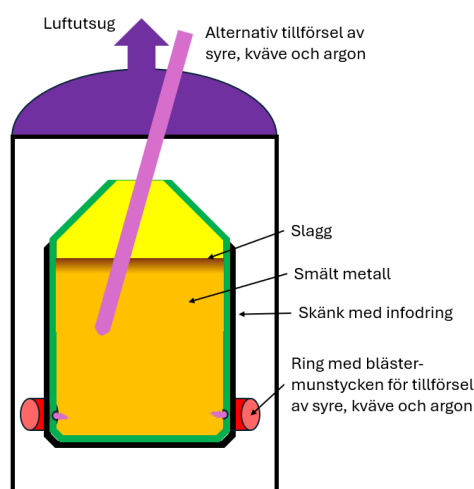
5.9 AOD-konverter (AOD-Converter)

5.9.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

AOD står för Argon Oxygen Decarburisation. AOD-konvertern är mycket lik LD-konvertern men används för höglegerat stål (främst rostfritt). En närbesläktad variant är VOD-konverter där vacuum används för att driva av gaser i stället för tillförsel av argon.

Flytande råstål (globalt även råjärn) med hög legeringsgrad av metaller från en smältugn tillförs batchvis i en stor behållare. Därefter tillförs syre blandat med argon genom en lans eller från botten i en så kallad blåsning. Syret reagerar med kolet så att kolhalten sjunker och stål bildas. Reaktionen är exoterm och det är bara denna värme som tillförs stålet. Syret oxiderar även krom men detta kan förhindras genom argon, argonandelen ökas därför normalt under blåsningen. Slaggbildare tillförs också så att stålet renas till rätt kvalitet. Eftersom krom oxideras och hamnar i slaggen tillför man även ferrokisel vilken reducerar tillbaka kromen så att det återgår till smältan. Tappningen sker batchvis. Se IS BREF kapitel 8.1.6.



Figur 25: AOD-konverter i genomskärning.

Input	Output
Flytande höglegerat råstål	Flytande höglegerat stål (~0,01-1,5 % kol)
Ferrokisel	Stoft (Inkl. metaller (Pb, Zn m.fl.), oorganiskt material)
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Slagg
Syrgas	CO ₂ , CO
Infodring	Infodring

Tabell 10: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE.

Ugnen används för att sänka kolhalten i flytande råstål vid framställning av höglegerade stål.

5.9.2 Naturvårdsverkets bedömning

AOD-konverter och VOD-konverter är idag och kommer under en överskådlig framtid att vara viktig vid framställning av höglegerat stål, främst rostfritt stål. Sekundär metallurgi har generellt lägre miljöpåverkan varför inte mer information anges här.

5.10 Ljusbågsugn (Electric Arc Furnace)

5.10.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Namnet kommer från att el kortsluts så att det bildas en ljusbåge. Det finns både

växelströmsugnar och likströmsugnar.

Växelströmsugnar har tre elektroder, en för varje fas, medan likströmsugnar har en grafitelektrod. Idag används grafitelektroder

producerade från fossilt kol. Produktionen av grafitelektroder sker separat. Charging kan ske

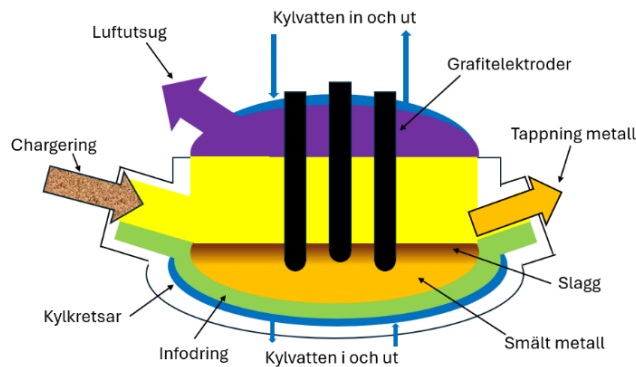
kontinuerligt eller batchvis. Oavsett variant består ugnen av en behållare som är fodrad med tegel och fodret kyls med vatten. Elektroden/-erna förs in ovanifrån genom ett lock, locket är också vattenkylt. Det finns i allmänhet även möjligheter att tillföra legeringsämnen och gas genom öppningar. Se vidare figur 26 och bild 4.

En produktionscykel sker genom att skrot eller annan järnråvara, slaggbildare⁵⁸ och kol laddas i ugnen. Elektrodena förs ned och en kortslutning sker. För att få en effektiv process strävar man efter att gas ska bildas som gör att slaggen skummar, detta gör bland annat att smältan skyddas mot oxidering och att energiavgången minskar. Slaggbildarna tar även hand om föroreningar och i slutet av produktionscykeln

finns smält metall i botten av ugnen och slagg på ytan.

Avtappning sker sedan antingen genom botten eller att ugnen tippas, alltså både semikontinuerlig och batchvis tappning.

Ytterligare rening och finjustering sker sedan i andra steg.⁵⁹



Figur 26: Ljusbågsugn (AC-variant) i genomskärning.



Bild 4: Ljusbågsugn (AC-variant), elektrodena syns centralt i övre delen, utsug till höger i bilden.

⁵⁸ Se avsnitt 3.8.

⁵⁹ Mer information finns i SF BREF kapitel 2.2.4.2 och IS BREF kapitel 8.1

Input	Output
Järn (Järnsvamp, tackor, skrot, m.m.)	Flytande metall med rätt legeringar
Legeringsämnen (t.ex. FeCr, FeSi, Mo, Cu)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Slagg
Energi (t.ex. el, gas)	Kolväteföreningar, kolklorväteföreningar
Syrgas	Luftutsläpp
Elektroder	Infodring
Kol (t.ex. stenkol, biokol)	
Infodring	

Tabell 11: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används framför allt för smältning av stålråvara i stålverk och gjuterier.

I stålverk används ugnen främst för smältning även om en del rening också sker. Råvaran hos stålverk är ofta skrot till större del men tackjärn och direktreducerat järn förekommer globalt och kommer förekomma även i Sverige framöver.

För gjuterier används ugnen främst hos stålgiuterier men globalt finns de även hos järngjuterier. Råvaran för gjuterier är skrot och i vissa fall tackjärn från stålverk.

ENERGIANVÄNDNING

Huvudkällan avseende energi är el men mindre andelar kommer även från metangas, kolinjektion och energi i insatsvaror.

Den dominerande varianten idag är växelströmsugnar, som har mindre elförluster jämfört med likströmsugnar. Växelströmsugnar har dock generellt högre åtgång av elektroder (de bryts lättare) och oftare större problem med skador på ugnsinfodringen.

De teoretiska minimivärdena för skrotbaserad produktion ligger på 260–375 kWh/t för vanliga stålsorter medan praktiskt minimum ligger på ca 450 kWh/t. Den normala energianvändningen ligger dock på 650–850 kWh/t; 40–65 % avser el, några procent metangasbrännare och resten syrgasinjektion.⁶⁰ När direktreducerat malmkoncentrat används ökar energiförbrukning på grund av ökad mängd oönskade ämnen. Med ämnen menas här sådant som inte ska ingå i stålet och som inte har kunnat särskiljas i uppkoncentreringen av malmen samt eventuella tillsatser, t.ex. bindemedel till järnmalmspellet.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

När det gäller direkta utsläpp till luft dominerar stoft (inkl. metaller), kväveoxid, svaveldioxid och persistenta organiska föreningar. Annan miljöpåverkan innefattar resurshushållning i form av miljömässig hantering av stoft, slagg och ugnsinfodring.

⁶⁰ Kirschen, M., Risonarta, V. & Pfeifer, H. (2009). Energy efficiency and the influence of gas burners to the energy related carbon dioxide emissions of electric arc furnaces in steel industry. *Energy*. 34(9): s. 1065–1072. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.04.015>.

Vilka metaller som släpps ut beror delvis på råvaran där felsorterat skrot kan ge oönskad utsläpp. Även föroreningar i malmkoncentrat som kommer in via järnsvamp samt vad som produceras har betydelse för vilka metaller som släpps ut. Exempelvis förekommer typiskt större utsläpp av krom hos verksamheter som producerar rostfritt stål jämfört med produktion av andra stålqualiteter.

I det fall stoftreningen består av våta reningstekniker som t.ex. skrubber uppstår även vattenföroreningar.

5.10.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Ljusbågsugnar är en av huvudteknikerna för framställning av stål i IS BREF och regleras med flera BAT-slutsatser som avser luftutsläpp (BAT-AEL:er) och BAT-slutsatser utan tillhörande miljöprestandanivåer. Utöver de generella BAT-slutsatserna är BAT 87–90 de mest relevanta.

Ljusbågsugnar finns även reglerade i SF BREF, även om regleringen inte är lika tydligt uppdelad som i IS BREF.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Det finns ca 10 ugnar i drift i Sverige. Till följd av beslutade investeringar kommer antalet att öka till ca 15 ugnar till slutet av 2020-talet. Regleringen avseende befintliga verksamheter ser lite olika ut beroende på när tillståndet beslutades och vad som produceras i verksamheten. De två senaste anläggningarna avser låglegerat stål⁶¹ och är därför inte fullt ut relevanta för alla verksamheter. Inga nyare tillstånd finns för verksamheter som producerar höglegerat stål.

5.10.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNNEN

Luftutsläppen kan delas in i tre grupper; stoft inklusive metaller, kväveoxider och persistenta organiska föreningar.

Stoftutsläppen är betydande men det finns också reningsmetoder som ger bra begränsningar, vanligen textilt spärrfilter. Alla verksamheter ska ha en bra stoftrening enligt SF BATC eller IS BATC, och tillsynen bör därför fokusera på att drift och underhåll av reningsutrustning är godtagbar. Flertalet metaller binder till stoft varför dessa delvis indirekt regleras genom relevant BATC. Flera anläggningar har kompletterande krav avseende utsläpp av metaller enligt respektive miljöbalkstillstånd. Dessa avser typiskt sett bly, kadmium, koppar, krom, mangan, vanadin, zink och kvicksilver.

⁶¹ Umeå tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 1 juni 2023 i mål nr M 3358-21, Svea hovrätts, Mark- och miljööverdomstolen, dom den 20 november 2025 i mål nr M 991-25 och underrättsdomen Umeå tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 19 december 2025 i mål nr M 3403-23.

Då olika stålsorter har olika teoretiska värden, olika ugnar har olika form och olika råvaror används behöver man titta noga på varje enskild ugn och vidta åtgärder utifrån de lokala förutsättningarna. Utsläppen av metaller kan även variera över tid varför det är viktigt att bedriva tillsyn så att provtagning och analyser är relevanta och att rätt utsläpp redovisas i miljörapporten. Rutiner och hantering av inköp av insatsvaror är också en viktig aspekt för tillsynen. Krav på skrot ska ställas enligt SF BREF och IS BREF men det är också viktigt att andra insatsvaror har låga halter av exempelvis kvicksilver.

Vad avser utsläpp av bens(a)pyren, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren, kvicksilver, HCB, PCDD/F och dioxinlika PCB:er bör tillsynsmyndigheten titta närmare på vilka av dessa ämnen verksamheten mäter och rapporterar. Äldre tillstånd samt IS BREF reglerar endast PCDD/F, men det är också viktigt att beakta dioxinlika PCB:er. Det är även viktigt med råvarukontroll för att minska införsel av klor samt en väl fungerande snabb nedkylning av rökgaserna. Detta minimerar risken för återbildande av dioxin.

Kväveoxider bildas i anslutningen till ljusbågen. Det kan vara möjligt att minska utsläppen genom processinterna åtgärder, exempelvis att skumbildningsprocessen är effektiv. Ugnens utformning har också stor betydelse; äldre ugnar kan ofta inte nå upp till samma prestanda som nya. Tillsynen bör därför fokusera på trender över tid för den enskilda anläggningen.

Höga utsläpp av svaveldioxid från råvaror förekommer ofta och tillsynen bör i de fallen fokusera på insatsvaror för att bedöma om åtgärder kan vidtas för att minska utsläppen. Svavel finns främst i direktreducerat järn och tackjärn med hög svavelhalt, men även andra insatsvaror kan innehålla spår av svavel.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

De ämnen som alltid bör regleras är stoft, PCDD/F, kväveoxider och kvicksilver. Därutöver bör reglering ske utifrån verksamhetens storlek och vad som produceras. Ämnen som kan regleras är kadmium, krom, koppar, nickel, bly, zink, mangan, vanadin, svaveldioxid, bens(a)pyren, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren, HCB och dioxinlika PCB:er. Mängder för de enskilda eller samlingsparametrar bör redovisas i verksamhetsutövarens miljökonsekvensbeskrivning för att myndigheterna ska kunna bedöma om det är lämpligt med en reglering.

För stoft och metaller finns reglering i IS BREF och SF BREF. Regleringen avser endast normal drift. Verksamhetens totala miljöpåverkan avseende all drift regleras i den individuella tillståndsprövningen enligt miljöbalken. För ljusbågsugnar är det då lämpligt med en total mängd över året. Kontinuerlig mätning bör vara förstahandsvalet för stoft avseende stora ljusbågsugnar medan mindre kan ha färre provtagningstillfällen.

Kvicksilver förekommer ofta i gasfas, men kan bindas till partiklar genom injektion av partiklar avsedda för detta. När det gäller större ljusbågsugnar bör, i de fall verksamhetsutövaren inte åtar sig att installera injektion, en reglering genom ett

villkor eller ett begränsningsvärde för kvicksilver som indirekt styr mot injektion övervägas. Kviksilver kommer in som förorening varför det i enskilda fall kan gå att nå låga utsläpp genom val av insatsmaterial så som rent skrot och slaggbildare samt kol med låga kvicksilverhalter. Exempel på rent skrot kan vara returskrot där det är helt säkert att inga kvicksilverbrytare finns med.

Vilka metaller som ska regleras utöver kvicksilver får avgöras från fall till fall. Vilken produktion man har och därmed vilka legeringsämnen som används kan dock vara en vägledning. För verksamheter som producerar höglegerat stål bör de legeringsämnen som används i större omfattning generellt sett regleras. Större producenter (över 1 miljon ton stål per år) bör regleras med alla metaller som listas i nedanstående tabell 12. Vid oklarheter bör utredningar genomföras inför tillstånd eller under en provotid.

Utsläpp av kväveoxider kan minskas genom processinterna åtgärder och det är därför viktigt att tillämpa begränsningsvärden. Vilket begränsningsvärde som är skäligt behöver anpassas till den enskilda anläggningen.

Svaveldioxid är främst aktuellt för de anläggningar som smälter direktreducerat järn eller tackjärn (beror på svavelhalt).

I tabell 12 listas de ungefärliga utsläpp från de största stålverken och ett gjuteri i gram utsläpp per ton produkt. Regleringen avser de senaste meddelade tillstånden. Mängderna ska inte ses som exakta värden utan kan ge en grov uppfattning. De stora spannen för exempelvis krom beror på att producenter med låglegerat stål har låga utsläpp och producent av rostfritt stål med hög kromhalt har höga utsläpp. Variation av NO_x-utsläpp beror på bland annat ålder på ljusbågsugn.

Ämne	Rapporterade utsläpp ⁶² (g per ton produkt)	Exempel på reglering ⁶³ (g per ton produkt)
Stoft	10–110	24–32
Bly	0,001–0,5	0,065–0,14
Kadmium	0,001–0,07	0,002–0,008
Koppar	0,05–0,9	0,004–0,05
Krom	0,01–3,7	0,0148–0,022
Kviksilver	0,001–0,1	0,0016–0,006
Mangan		0,14–1,1
Nickel	0,03–11	0,0088–0,347
Vanadin		0,017–0,028
Zink	0,01–25	1,8–3,4
Kväveoxider	30–450	165–179
Svaveldioxid	25–90	70–73

Tabell 12: Urval av utsläpp och reglering av svenska ljusbågsugnar.

⁶² Extremerna listas, dvs. de lägsta och högsta utsläppen under 2018–2024.

⁶³ Umeå tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar den 1 juli 2022 och den 1 juni 2023 i mål nr M 3358–21. Svea hovrätts, Mark- och miljööverdomstolen, dom den 20 november 2025 i mål nr M 991–25 och underrättsdomen Umeå tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 19 december 2025 i mål nr M 3403–23.

Avseende energi bildas betydande gasolymer med hög temperatur, och detta bör hanteras i prövningen. Energin kan användas för att torka skrot, värma skrot, ångproduktion, elproduktion eller värmeåtervinning för att minska uppvärmningsbehovet.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Globalt dominerar ugnstypen vid stålframställning från skrot och direktreducerat järnmalmkoncentrat samt hos vissa gjuterier. Antalet ugnar ökar idag både globalt och i Sverige när stålföretag ställer om från masugnsdrift, i Sverige finns två exempel under 2020-talet.

Framställning av grafitelektroder sker idag från fossilt kol och är energikrävande samt ger uppkomst till stora utsläpp av koldioxid och andra föroreningar. Det är därför rimligt att anta att det kommer att tas fram biobaserade elektroder, inerta elektroder eller att en helt ny ugnstyp kommer ersätta ljusbågsugnar.

Naturvårdsverket har inte kännedom om hur exempelvis biobaserade elektroder påverkar miljöpåverkan varför försiktighet behöver iakttas om en verksamhetsutövare byter teknik.

6. Ugnstyper järn och icke-järn

6.1 Klockugn för reduktion (Bell Furnace for Reduction)

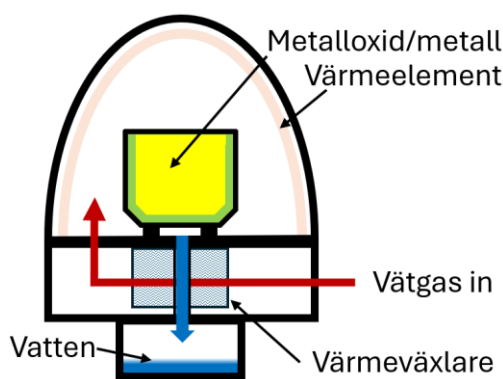
6.1.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Namnet kommer från att ugnen är i form av en klocka. Observera att ordet klockugn även används för vissa behandlingsugnar av varmvalsade produkter. En behållare chargerar med råvara i form av t.ex. briketter, pellets eller styckemalm. Råvaran kan vara malmkoncentrat men även oxiderade metaller från stålindustri, gjuterier och verkstadsindustrier. Behållaren sätts i ugnen som försluts. Denna typ av

klockugns drift inleds genom att luften först ersätts med kväve och därefter med vätgas. Innehållet värms med element och ingående oxider reduceras. Vattnet som bildas samlas upp separat. Överbliven vätgas kan facklas eller återvinnas. Produkten förs vidare till en smältugn.

Ugnen kan kombineras med förvärmningsugn för att öka effektiviteten genom kortare cykler i den reducerande miljön. Två ugnar kan också sammankopplas för att öka effektiviteten både energimässigt och genom att minska vätgasförlusterna.



Figur 27: Klockugn i genomskärning.

Input	Output
Metalloxider (t.ex. malmkoncentrat, restprodukter)	Fast metall
Elenergi	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Vätgas	

Tabell 13: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Processen är batchvis och endast små volymer, ca 5 ton/batch (ca 20 000 ton per ugn och år), kan hanteras. Ugnen är på grund av småskaligheten inget alternativ för de stora producenternas huvudflöden men kan vara ett alternativ för reduktion av restprodukter så som glödska, filterstoft, slaggar och slippmull. Eftersom processen är batchvis är flexibiliteten betydligt större jämfört med schaktugn. En enskild ugn

kan därmed hantera avfall från flera stålverk eller gjuterier. Teoretiskt kan ugnen användas för ett flertal metaller, därmed återvinns även ingående legeringar i stål.

ENERGIANVÄNDNING

Själva ugnen är energisnål då reaktionstemperaturen i sammanhanget är låg, vanligen runt 600 grader Celsius enligt leverantören. Eluppvärmning och möjligheten att återvinna energi genom att köra ugnar i par ökar också effektiviteten.

Den indirekta energianvändningen är dock betydande per ton oxid eftersom vätgas används, vilket kan framställas med exempelvis elektrolys. Denna indirekta energianvändning är jämförbar med schaktugnar (se avsnitt 5.6) per ton material.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Under själva driften sker inga utsläpp då ugnen är sluten. Vid slutet av produktionscykeln sker luftutsläpp, men på grund av de låga temperaturerna är utsläppen små jämfört med flera andra ugnar. Utsläpp kan dock förekomma och varierar beroende på insatsvara. Typiskt är stoft inklusive metaller och kväveoxider (om vätgas facklas). Det vatten som bildas kan innehålla metaller och flyktiga ämnen.

6.1.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Reglering saknas men ugnen finns listad som framtida teknik i SF BREF.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Den första anläggningen i Sverige fick tillstånd i mars 2024.⁶⁴

6.1.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Eftersom insatsvaran sannolikt har stor betydelse för vilka utsläpp ugnen ger upphov till är det av vikt att i dialog med verksamhetsutövaren bedöma om utsläpp sker när ugnen luftas eller om miljöskadliga ämnen hamnar i vattnet. Gällande luftutsläppen är det relevant att säkerställa att eventuella villkor inte överskrids. När det kommer till vattenutsläppen är det av vikt att säkerställa ett adekvat omhändertagande. Det innebär att reningen behöver vara anpassad till de relevanta miljöskadliga ämnena, om det rör sig om så höga halter att rening är möjlig.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SEENDE LÄMPLIG REGLERING

Eftersom ugnen är så pass flexibel och flera olika oxider från olika ursprung kan tas in är det troligt att utsläppen av föroreningar varierar mellan olika ugnar.

⁶⁴ Östersunds tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 27 mars 2024 i mål nr M 2930-23.

Regleringen kommer därför troligen variera stort. Det första tillståndet innefattar dock en reglering som är tilltagen, med högt miljöskydd och hög flexibilitet. Det aktuella avgörandet kan därför med fördel användas som lämplig utgångspunkt, både avseende vad som ska redovisas i miljökonsekvensbeskrivningen och vilka slutliga villkor, utredningar och provisoriska föreskrifter som kan föreskrivas.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Ugnen är en svensk uppfinning där den första ugnen uppfördes i Sverige 2024. Det är möjligt att ugnen kommer att få en större spridning både i Sverige och utomlands.

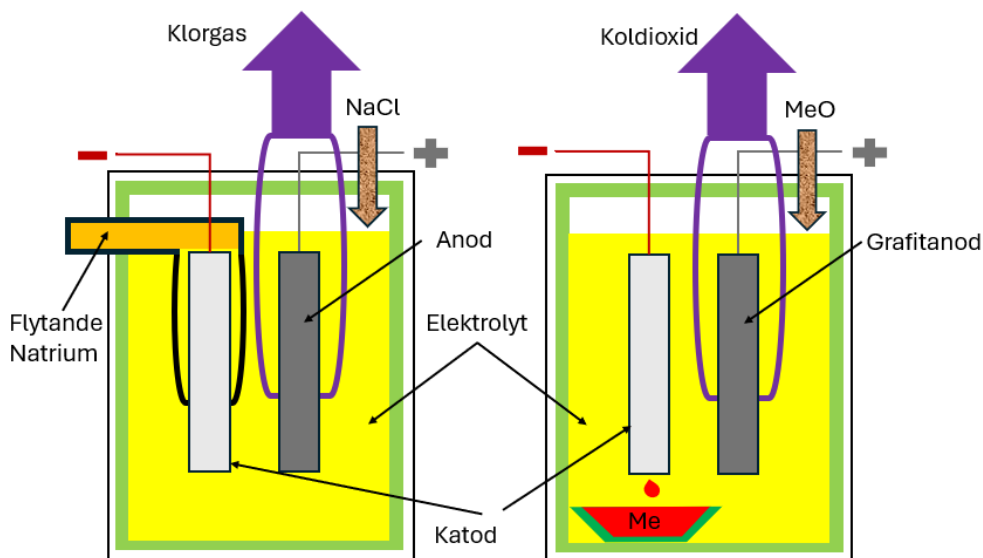
6.2 Smältelektrolys (Molten Salt Electrolysis, MSE, och Molten Oxide Electrolysis, MOE)

6.2.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Tekniken är i grunden en elektrolys där en råvara sönderdelas och smält metall erhålls. Specialfallet med aluminium hanteras separat, se avsnitt 7.9.

De två huvudvarianterna är MSE och MOE. För MSE används ett salt som råvara medan i MSE används vanligen en oxid i stället för salt. Vid saltelektrolys är de två vanligaste anjonerna klorid eller fluorid. Råmaterialet är vanligen en metallklorid, metallfluorid eller metalloxid. Elektroder kan vara både inerta och sådana som förbrukas (vanligen grafit).



Figur 28: MSE, till vänster för framställning av natrium från natriumklorid med inert anod och till höger en tung metall från en metalloxid med grafit elektrod.

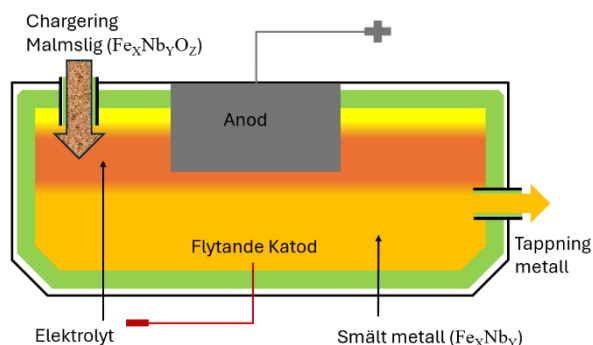
Beroende på vilken metall som tillverkas används olika tappningsmetoder. När lättmetaller produceras bildas metallen vid katoden och flyter upp och kan då ansamlas i en ficka som sedan tappas, se figur 28. Tyngre metaller sjunker till botten och kan sedan separeras från elektrolyten, eller samlas upp i en behållare, se figur 28. Används oren malm som råvara bildas även stor mängd slagg och då finns oftast två tappningsnivåer. I detta fall sker charging batchvis och när reaktionen är klar tappas först en del av slaggen och sedan en del av metallen varpå en ny batch chargerats.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Rent teoretiskt fungerar ugnen för de flesta metaller men det finns problem med storskalighet i flertalet fall varför ugnen främst används för alkalimetaller, magnesium och metaller med lägre tonnage (t.ex. Nb, Ta). Tekniken dominerar för Litium, Natrium och är näst största metoden för magnesiumframställning. Småskalig produktion i mer eller mindre pilotskala förekommer för tyngre metaller. Här bör särskilt påtalas att uppskalningsförsök pågår för järnframställning med MOE, figur 29 visar en sådan ugn. Sker produktionen storskaligt kommer produktionen antagligen likna aluminiumsmältverk med långa rader med mindre ugnar.

ENERGIANVÄNDNING

El är den huvudsakliga energikällan men när grafitelektroder används förbrukas även dessa och energiutveckling kan ske.



Figur 29: MOE, exemplet visar produktion av ferroniobium med flytande katod och inert anod.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnen ger upphov till förhållandevis låga utsläpp. I flera fall är elektrolyten skyddad av inert atmosfär och i dessa fall är utsläppen nära noll. I de fall där grafitelektroderna förbrukas blir utsläppen större. Utsläppen beror även i stor utsträckning på vilken anjon som används, avseende fluorid se avsnitt 7.9 om aluminiumframställning som även är applicerbart för andra metaller för att bedöma vilka ämnen som kan bildas. Används klorid behöver uppmärksamhet fästas på persistenta organiska föreningar med klor samt klorgas.

6.2.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Saknas reglering, ytterst kort information finns i NFM BREF, kapitel 13.1.6.3.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

I dagsläget saknas verksamheter i Sverige.

6.2.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Är anjonerna fluor och klor bör fluor- och klorföreningar vara fokus för tillsynen.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Eftersom tekniken saknas i Sverige och inget stöd finns i någon BREF kan det vara relevant att jämföra med aluminiumtillverkning när fluorider används. Om klorider används bör fokus ligga på lämplig hantering av klorgasen och eventuella kolklorföreningar.

Vid en nyetablering bör även höga krav ställas avseende bedömda utsläpp av stoft och metaller. Vilka metaller som är relevanta är beroende av råvaran och vad som produceras. Energiflöden och effektivisering är också relevant liksom slaggens egenskaper och hur den ska hanteras inom anläggningen och externt.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Smältelektrolys är en mycket gammal metod som är förhållandevis ren och ger i flera fall låga koldioxidutsläpp. Uppskalningsproblematik gör att tekniken inte fått fäste men ett genombrott kan inte uteslutas och att man då skulle kunna använda tekniken även för basmetaller och järn.

6.3 Induktionsugn (Induction Furnace)

6.3.1 Teknisk beskrivning av ugnen.

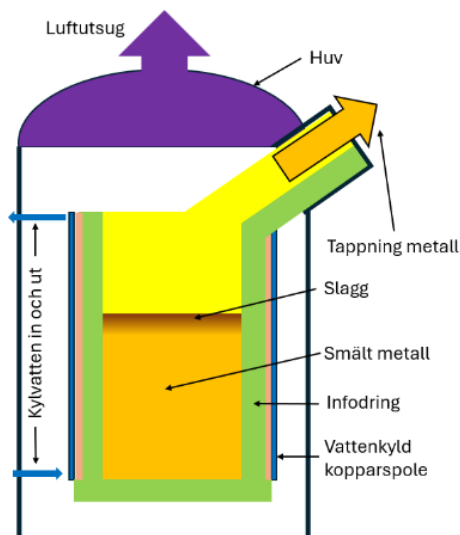
ALLMÄN BESKRIVNING

Induktionsugn chargeras batchvis och tappas genom tippning. Induktionsugn för smältning fungerar ungefär som en vanlig induktionshäll som finns i många hem. Principen är att koppartråd är virad i en spole antingen runt degeln där metallen finns (se figur 30) eller i nedre delen av ugnen runt en järnkärna (se figur 31). En stark växelström tillförs spolen och därmed uppstår ett magnetfält i metallen. Växelströmmen gör att magnetfältet ändras hela tiden vilket innebär att det uppstår starka virvelströmmar (Eddy-strömmar) som ger upphov till värme. Därför används ibland även ordet virvelströmsugn. En vanlig undervariant är rännugn där en ränna finns i nedre delen av ugnen, spolen är där virad runt en järnkärna. Växelströmmen kan variera mellan olika ugnar; man talar om låg-, mellan- och högfrekvens. Med lågfrekvens avses att ugnen drivs med vanlig nätspänning (50 Hz) och högfrekvensugnar drivs med upp till 10 000 Hz. Det finns ingen tydlig vedertagen gräns för vad som avses med mellan- respektive högfrekvens. Val av frekvens är beroende dels av vilken metall som smälts, dels av det lokala elnätets kapacitet.

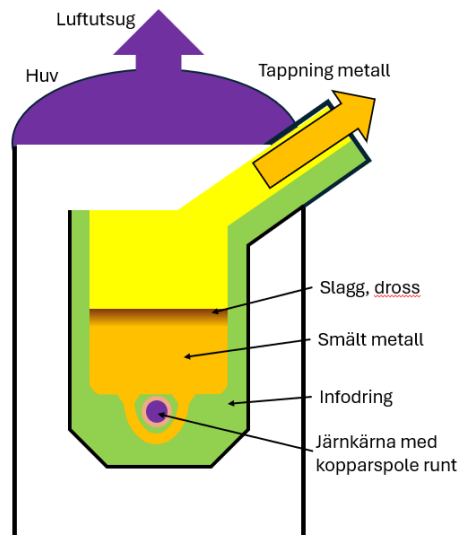
Smältprocessen är mild i bemärkelsen att relativt få reaktioner sker i smältan. Detta gör att legeringsämnen bevaras i smältan men även att föroreningar stannar kvar i den smälta metallen i större utsträckning än i vissa andra ugnar. Skrotets kvalitet och produktens toleransnivå utgör därmed begränsningar för ugnens användning. De milda förhållandena gör också att avgaser från ugnen är begränsade.

För att skydda koppartråden kylvatten kylvatten kylvatten har låg temperatur.

Mer information finns i SF BREF, kapitel 2.2.4.3.



Figur 31: Induktionsugn med spole runt degeln i genomskärning.



Figur 30: Induktionsugn av rännungstyp i genomskärning.

Input	Output
Metall (t.ex. metalltacka, legeringsämne, skrot)	Flytande metall med i stort samma innehåll som råvaran
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Slagg
Elenergi	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Infodring	Infodring

Tabell 14: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE.

Ugnen används frekvent hos svenska järngjuterier och stålverk idag. Användningsområdet är dock bredare och koppar, zink och aluminium kan också smältas. Ugnstypen används även vid avfallshantering.

Idag används den främst för smältning av skrot, som dock måste vara rent och nära slutprodukten sammansättning om inte sekundärmetallurgiska steg finns på anläggningen. Globalt finns också exempel på stora stålverk där ugnen används för att smälta direktreducerat järn.

ENERGIANVÄNDNING

Energianvändningen utgörs uteslutande av el. För smältning och varmhållning finns typiska värden i SF BATC, tabell 4.1 och 4.2. Mer utförlig information återfinns i SF BREF kapitel 2.3.8.2–2.3.8.4. I SF BREF kapitel 2.3.8.6, figur 2.151 och 2.152 finns värden som rapporterades in i framtagandet av SF BATC.

Ur energieffektiviseringssynpunkt är det generellt fördelaktigt att använda en högre frekvens, se exempelvis BAT 14 h i SF BATC. Kylvatten är låggradigt men kan användas för att torka skrot, se BAT 14 n i SF BATC. Kylvatten används även för uppvärmning hos vissa svenska gjuterier.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Även om processen i ugnen är mild i bemärkelsen att relativt få reaktioner sker i smältan så förekommer en del luftutsläpp, se bild 5. Utsläppen beror till stor del på vilka föroreningar som förekommer i det som laddas i ugnen. Mindre mängder kan också uppstå från kemiska reaktioner eller från ugnsinfodringen. De huvudsakliga utsläppen är stoft (se SF BREF, figur 2.6) och därmed kan även metaller följa med ut i luften. Det kan också finnas spår av TVOC, dioxin (se SF BREF, tabell 2.32), bens[a]pyren och då icke-järnmetaller smälts även saltsyra, vätefluorid. Se vidare under reglering i SF.

Ett antal tekniker som minskar miljöpåverkan finns listade i SF BREF, kapitel 4.4.1. Typiska utsläppsvärden från ugnen och uppgifter om hur ett stofffilter kan påverka utsläppen finns i SF BREF, tabell 3.61.

6.3.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Ugnstypen återfinns inte i IS BREF. För de stålverk som har induktionsugn gäller dock de allmänna BAT-slutsatserna i IS BATC.

När det gäller gjuterier är regleringen i SF BATC omfattande. SF BATC är uppdelad efter metall och ugnstyp.⁶⁵ Utöver de inledande allmänna BAT-slutsatserna är BAT 38 (järngjuterier), BAT 40 (stålgjuterier) och BAT 42 (icke-järngjuterier) relevanta. Slutsatserna avser reducering av utsläpp genom stoftvillkor och är allmänt tillämpliga för respektive typ av gjuteri. Dioxin kan vara aktuellt även om det i de flesta fall handlar om mycket låga utsläpp. I BAT 42 regleras även väteklorid och vätefluorid för aluminiumgjuterier. Bly regleras för de gjuterier som använder bly. För bensa(a)pyren, kadmium, krom, nickel och zink finns krav på mätning om ämnet anses vara relevant, men inga begränsningsvärden (BAT 12, allmän slutsats för gjuterier). För vissa gjuterier kan även kväveoxider, svaveldioxid och TVOC anses relevant.

För primär och sekundär produktion av icke-järn där produkten inte är nära sin slutliga form är det NFM BATC som är tillämplig. Observera att rubriksättningen i NFM BATC är annorlunda än i SF BATC och IS BATC. I IS och SF är BAT-slutsatserna uppdelade per ugnstyp medan i NFM är uppdelningen per ämne (t.ex. metall). Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁶⁶

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Regleringen i Sverige är relativt begränsad och omfattar i princip bara stoft. Få tillstånd har separata villkor eller motiveringar som ger vägledning avseende just induktionsugnar. Det finns dock ett avgörande som mer tydligt reglerar ugnstypen.⁶⁷ Den aktuella anläggningen har ett stort antal processer, men villkor 3 inkluderar induktionsugnar.

⁶⁵ I kapitlen "1.1 Allmänna BAT-slutsatser" och "1.2.1 BAT-slutsatser för gjuterier" finns flera slutsatser som är aktuella för samtliga gjuterier. Mer specifika krav finns för järn i "1.2.2 BAT-slutsatser för gjutjärnsgjuterier", för stål i "1.2.3 BAT-slutsatser för stålgjuterier" och för icke-järnmetall i "1.2.4 BAT-slutsatser för gjuterier för icke-järnmetaller".

⁶⁶ Se relevanta kapitel: "1.2 BAT-slutsatser för kopparframställning", "1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn", "1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium", "1.6 BAT-slutsatser för tillverkning av ädelmetaller" och "1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt".

⁶⁷ Se Svea hovrätts, Mark- och miljööverdomstolen, dom från den 27 januari 2022 i mål nr M 6314-20.

6.3.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Eftersom merparten av föroreningarna som avges till luft kommer från föroreningar i insatsvaran är det av stor vikt att råvaror hanteras på korrekt sätt så att föroreningar undviks i ugnen. Exempelvis genom att undvika oljeförorenat skrot.

Energiförbrukningen är också viktig. I SF BREF finns lämpliga nyckeltal som kan användas för att bedöma anläggningens prestanda över tid.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Stoft bör alltid regleras då en oreglerad stofthantering kan ge förhållandevis höga utsläpp.

Absoluta merparten av svenska verksamheter har någon form av stoftvillkor. För nyare anläggningar ligger dessa i allmänhet på 5 mg/m^3 . Det finns exempel på funktionsvillkor men under senare år har utformning av villkor som begränsningsvärde tillämpats i praxis.⁶⁸

Vilka övriga parametrar som ska regleras behöver hanteras från fall till fall. I SF BREF finns information om vilka parametrar som kan vara lämpliga, även för andra industrigrenar än gjuterier.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Induktionsugnen är väl utbredd globalt både inom stålindustrin och gjuterier men finns även inom andra industrigrenar. Ugnen är flexibel både avseende volym och metall, samt har låga koldioxidutsläpp vilket gör att ugnen fortsatt kommer vara viktig även i framtiden. Under senare år har stora ugnar tagits fram som gör att ugnstypen även passar för större stålproducenter. Dessa har dock inte fått spridning i EU ännu. Ugnstypen används även i Asien för primärproducenter som utgår från järnsvamp.



Bild 5: Induktionsugn som tappas till skänk.

⁶⁸ Ibid. Se även Naturvårdsverkets webb, "Villkor om begränsningsvärden":

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/miljoprovningsprovning/villkorsskrivning/villkor-om-begransningsvarden/?q=begr%C3%A4nsningsv%C3%A4rden>

7. Ugnstyper icke-järn

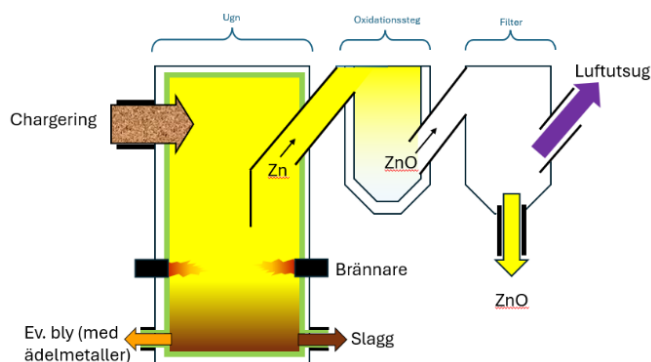
Både primär och sekundär produktion av icke-järnmetaller är mycket differentierad. Detta beror på att denna produktion hanterar många olika metaller som har olika egenskaper. Avsnittet beskriver samtliga ugnstyper som används av större verksamhetsutövare i Sverige samt även några viktiga ugnstyper som förekommer i Europa, vilka därmed anges i olika BREF:ar. Kortfattade beskrivningar finns även för andra ugnar som förekommer globalt. Detaljeringsnivån i avsnittet varierar stort. Ugnar som finns i Sverige beskrivs mer detaljerat, men även ugnarnas komplexitet och bredd avseende användning påverkar omfattningen av beskrivningarna.

7.1 Fumingugn (Fuming Furnace)

7.1.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Det finns flera varianter av fumingugnar, kommersiellt finns ca tio varianter. Alla har liknande principer och som beskrivs här. Waelz-ugn är en snarlik variant men hanteras separat i denna vägledning då den har stor spridning, se avsnitt 7.2.



Figur 32: Fumingugn i genomskärning.

Det första som är gemensamt för alla varianter av fumingugnar är råvaran som utgörs av zinkinnehållande restprodukt från andra ugnar vid smältverk för framställning av exempelvis bly och koppar. Även stoft från ljusbågsugnar är en viktig råvara. Det andra som är gemensamt är att kol tillförs i processen. Kolet reducerar zinkoxid (och järn i vissa ugnar) och därmed framställs zink (nollvärt).

Det finns varianter av fumingugn som liknar ugnstyperna ljusbågsugn kupolugn, roterugn (vertikal rotation), masugn respektive induktionsugn. Figuren visar en variant med brännare i en schaktugn. Varianten där brännarna ersatts av blästermunstycken och därmed liknar masugn, heter Imperial Smelting Furnace (ISF). För de flesta varianterna får man ut en slagg som är järnrik, vissa varianter har även möjlighet att utvinna bly och järn. Zinken och andra metaller som har låg kokpunkt (t.ex. bly) avgår i ångorna till nästa steg där metallen oxideras. Zinkoxiden förs vidare till ett filter där man samlar upp den fasta zinkoxiden, flera olika varianter av filter kan användas. Zinkoxiden som bildas är inte ren och måste

genomgå ytterligare rening. I Europa dominerar RLE (Roasting-Leaching-Electrowinning). Ytterligare information finns i NFM BREF, kapitel 6.1.2.3.

Input	Output
Zinkinnehållande råvara (t.ex. EAF-stoft (ofta ca 20 % Zn))	Zinkoxid (ofta ca 60 % Zn)
Kol (t.ex. stenkol)	Slagg
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Stoft (inkl. metaller, oorganiskt material)
Energi (t.ex. el, gas)	CO ₂ , CO, HF, HCl
	Kolväteföreningar, kolklorväteföreningar

Tabell 15: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE.

I Sverige används ugnstypen för upparbetning av zinkinnehållande material, och globalt används den även för blyinnehållande material. Råvaran kan ha låga zink- och/eller blyhalter vilka ökar i slutprodukten. Slutprodukten är dock ofta av så låg kvalitet att ytterligare upparbetning krävs innan den kan säljas till slutkonsument.

ENERGIANVÄNDNING

Den helt dominerande energikällan är kol men beroende på undervariant kan i princip alla andra energikällor förekomma, så som el, brännare av olika slag och plasma.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Då kol används som energikälla och att syftet med ugnen är att lättflyktiga metaller ska avgå till luften är utsläppen av koldioxid och stoft (inkl. metaller) förhållandevis stora.

7.1.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion är det NFM BATC som gäller. Beroende av vilken metall som framställs tillämpas olika BAT-slutsatser.⁶⁹

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Ugnstypen finns endast på en anläggning i Sverige. Regleringen är svårgenomtränglig då ugnstypen är en av flera ugnstyper på anläggningen och det finns ett stort antal domar och deldomar.⁷⁰

⁶⁹ Se relevanta kapitel: "1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn" och "1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium".

⁷⁰ Se t.ex. Umeå Tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar den 5 juli 2013, 1 mars 2018, 17 december 2018, 4 februari 2019, 2 juni 2020 (rättad 15 juni), 9 mars 2022, 15 december 2022 med flera i mål nr M 1012-09. Mark- och miljööverdomstolens, Svea hovrätt, dom den 25 juli 2014 i mål nr M 7429-13 (ändring av mark- och miljödomstolens avgörande den 5 juli 2013).

7.1.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Eftersom flyktiga metaller ofta förekommer i råvaran som chargerats behöver detta särskilt beaktas. Det gäller dels de ämnen som förekommer i slutprodukten, dels föroreningar så som kadmium.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Skulle nya anläggningar uppföras i Sverige är NFM BREF en viktig källa för att bedöma vilka parametrar som ska regleras. Eftersom det är sannolikt att det sker en övergång till biokol kan dock vissa parametrar och värden visa sig onödiga samt att andra tillkomma. Detta då hela NFM BREF utgår ifrån att fossilt kol används som energi- och reduktionskälla.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

De flesta verksamheter med denna typ av ugnar använder fossilt kol, liksom den verksamhet som finns i Sverige. På grund av de stora utsläppen av koldioxid är det sannolikt att andra ugnar utan kol kommer att få ökad spridning och ersätta denna ugnstyp. I några fall kan det vara aktuellt med övergång till biokol.

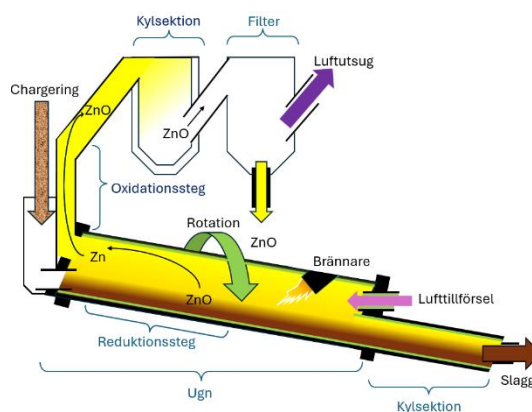
7.2 Roterugn av Waelz-typ (Rotary Kiln/ Waelz Kiln)

7.2.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Det finns flera varianter av roterugnar men denna beskrivning avser bara Waelz-varianten. Råvaran utgörs av zink- eller bly innehållande restprodukter från andra ugnar vid smältverk för framställning av exempelvis bly och koppar. Även stoft från ljusbågsugnar är en viktig råvara. Kol förs in tillsammans med råvaran, kolet reducerar zinkoxid eller blyoxid till nollvärt zink eller bly. När det gäller tillförsel av energi så är det vanligast att brännare av olika slag används.

Slaggen är järnrik och används bland annat för konstruktionsändamål men kan även deponeras. Slaggens sammansättning liknar den som kommer från fumingugnar.



Figur 33: Waelz-ugn i genomskärning

Zink och/eller bly avgår i ångorna till nästa steg där den oxideras. Zink- eller blyoxiden förs vidare till ett filter där man samlar upp den fasta oxiden och flera olika varianter av filter kan användas. Oxiden som bildas är inte ren och måste genomgå ytterligare rening. I Europa dominerar RLE (Roasting-Leaching-Electrowinning). För mer information se NFM kapitel, 6.1.2.3 och 6.3.2.2.3.

Input	Output
Zinkinnehållande råvara (t.ex. EAF-stoft (ofta ca 20 % Zn))	Waelz oxid (ofta ca 60 % Zn)
Kol (t.ex. stenkol)	Slagg
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Energi (t.ex. el, gas)	CO ₂ , CO, HF, HCl
	Kolväteföreningar, kolklorväteföreningar

Tabell 16: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används huvudsakligen för anrikning av zink från sekundär råvara. Vid hantering av komplexa malmkoncentrat kan ugnen även förekomma som en delprocess inom en anläggning. Ugnen kan även användas för att utvinna andra metaller med låg kokpunkt, t.ex. kadmium och bly.

ENERGIANVÄNDNING

Den primära energikällan är kol, vanligen stenkol. Ofta används även stödbrännare i större eller mindre omfattning, och vanligast förekommande är olje- eller gasbrännare.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Då kol används som energikälla och syftet med ugnen är att lättflyktiga metaller ska avgå till luften är utsläppen av koldioxid och stoft (inkl. metaller) förhållandevis stora.

7.2.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion är det NFM BATC som gäller. Beroende av vilken metall som framställas tillämpas olika BAT-slutsatser. Kapitel 1.4 avser tillverkning av bly och/eller tenn och kapitel 1.5 avser tillverkning av zink och/eller kadmium.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Denna typ av ugn finns inte i Sverige.

7.2.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Eftersom flyktiga metaller ofta förekommer i råvaran som chargerats behöver detta särskilt beaktas. Det gäller dels de ämnen som förekommer i slutprodukten, dels föroreningar så som kadmium.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Ugnstypen har likheter med fumingugnen varför reglering av dessa kan vara ett stöd avseende vilka ämnen som bör redovisas och regleras, se avsnitt 7.1. Även NFM BREF kan användas för att bedöma vilka parametrar som är viktiga. Utöver de som anges med BAT-AEL:er bör även PCDD/F⁷¹ hanteras i prövningen.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Tekniken är idag helt dominerade vad gäller återvinning av zink från ljusbågsugnsstoff, men ugnstypen finns inte i Sverige idag. På grund av de stora utsläppen av koldioxid är det sannolikt att andra ugnar utan kol kommer att få ökad spridning och ersätta denna ugnstyp. I några fall kommer övergång till biokol vara aktuellt.

Teoretiskt skulle ett byte av reduktionsmedel från kol till vätgas fungera; alternativet befinner sig i praktiken dock endast på forskningsstadiet.

⁷¹ Se NFM BREF s. 1082.

7.3 Kaldokonverter/-ugn (Kaldo Converter/Furnace)

7.3.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

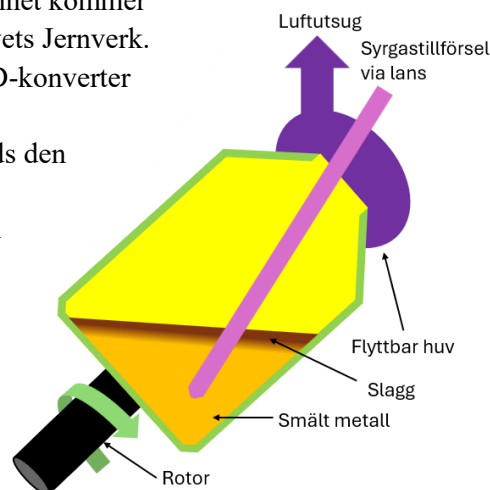
Kaldo är en svensk uppfinning där namnet kommer från uppfinnaren Kalling och Domnarvets Jernverk. Den togs fram som ett alternativ till LD-konverter (se avsnitt 5.8), men på grund av lägre produktivitet än LD-konverttern används den idag inte vid stålframställning.

Huvudprincipen är att ugnen är formad som en flaska vilken roterar runt sin egen axel. Genom öppningen förs en syrgaslans in som blåser syre ner i det som ska smältas. Det som avgår samlas upp med en flyttbar huv. Primärproduktion sker idag i huvudsak genom tillförsel av sulfidhaltigt material. Syret gör att svaveldioxid bildas, vilken tas

omhand i ett biproduktverk som utvinner t.ex. svavelsyra. Reaktionen mellan syrgas och sulfidmalmkoncentrat räcker ofta för att smälta metallen.

Vid sekundär produktion kan olika typer av processavfall eller avfall från återvinning används. I vissa fall kan andra reaktioner som ger energi förekomma, t.ex. genom kolinnehållande material som bildar koldioxid och värme. I andra fall kan stödbrännare behövas för att metallen ska smälta.

Produktionen sker batchvis varför produktionskapaciteten är relativt låg. Dock är designen kompakt och det finns en stor flexibilitet avseende råvaror.



Figur 34: Kaldokonverter i genomskärning.

Input	Output
Malmkoncentrat/sekundär råvara (t.ex. blymalmkoncentrat, rester från metallproduktion, stoft)	Flytande metall
Slaggbildare	Stoft och/med metaller, oorganiskt material
Energi (t.ex. el, gas)	Luftutsläpp (t.ex. NO _x , SO ₂ , H ₂ SO ₄)
	Kolväteföreningar, kolklorväteföreningar
	Slagg

Tabell 23: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Förr användes ugnen för primärproduktion av stål, idag har den ersatts av LD-konverter. Idag används ugnstypen globalt för framställning av nickel, bly och koppar. I Sverige finns det år 2025 två Kaldokonvertrar hos en verksamhetsutövare.

ENERGIANVÄNDNING

Syrgas används som sekundär energikälla genom reaktion med råmaterial i form av sulfidmalm och kolinnehållande ämnen. Därtill används ibland stödbrännare.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnens utsläpp och påverkan på miljön är likvärdig med andra rostningsugnar, exempelvis våningsugn (se avsnitt 7.4) och fluidiserande bäddreaktor (se avsnitt 7.5).

Utsläppen varierar stort beroende på råvara. När sulfidhaltigt material används bildas svavelföreningar som kan tas omhand i svavelproduktverk. Utsläpp till luft av stoft och miljöskadliga metaller kan också vara betydande.

7.3.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion gäller NFM BATC. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁷²

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Ugnstypen finns endast på en anläggning i Sverige. Regleringen är svårgenomtränglig då ugnstypen är en av flera ugnstyper på anläggningen och det finns ett stort antal domar och deldomar.⁷³

7.3.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNNEN

Tillsynen bör fokusera på att primärutsug (huv nära ugnen) och sekundärutsug (ugnsinbyggnaden) är välfungerande så att reningen sker optimalt med så lite orenat utsläpp som möjligt och att inte onödig luft dras in som minskar reningsnivån.

⁷² Se relevanta kapitel: 1.2 BAT-slutsatser för kopparframställning, 1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn, 1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt.

⁷³ Se t.ex. Umeå Tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar den 5 juli 2013, 1 mars 2018, 17 december 2018, 4 februari 2019, 2 juni 2020 (rättad 15 juni), 9 mars 2022, 15 december 2022 med flera i mål nr M 1012-09. Mark- och miljööverdomstolens, Svea hovrätt, dom den 25 juli 2014 i mål nr M 7429-13 (ändring av mark- och miljödomstolens avgörande den 5 juli 2013).

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

I de fall elektronikskrot och blyråvara processas kan de avgöranden som listas under ”Reglering av verksamheter i Sverige” användas som lämpliga referenser. För andra metaller behövs en noggrann analys utifrån råvara och vilken metall som ska framställas så att regleringen får en lämplig omfattning.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

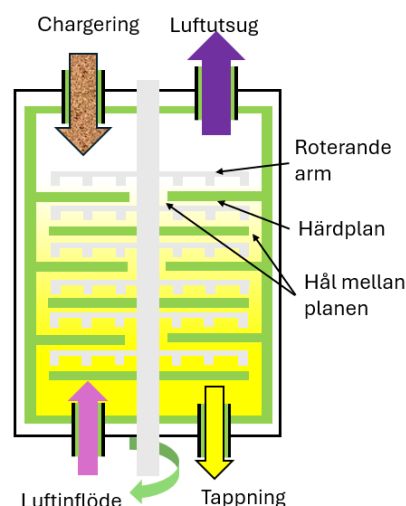
Ugnen förekommer globalt och en liknande utbredning kan förväntas även framåt gällande främst framställning av nickel, bly och koppar.

7.4 Våningsugn (Multiple Hearth Furnace)

7.4.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Ugnen är formad som en stående cylinder och arbetar efter motströmsprincipen. Råvaran chargeras kontinuerligt i toppen och hamnar på ett hårdplan. Roterande armar gör att råvaran flyttas på planet och hål gör att råvaran förr eller senare hamnar på nästa hård, och så vidare. Tappning sker kontinuerligt i botten. Reagensen, som vid rostning är syrgas, tillförs i botten och strömmar uppåt till luftutsuget i toppen. Används ugnen för rostning behövs ingen värmeförsörjning då reaktionerna är exoterma, dock finns varianter med stödbrännare på ett eller flera ställen i ugnen. De primära reaktionerna sker långt ner i ugnen medan torkning och förvärmning sker högst upp.



Figur 35: Våningsugn i genomskärning.

Input	Output
Malmkoncentrat eller sekundär råvara (t.ex. CuS, ZnS)	Metalloxid (t.ex. CuO, ZnO)
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Syrgas	Slagg
	CO ₂ , CO

Tabell 17: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen när den används för rostning.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Det helt dominerande användningsområdet är rostning av svavelhaltig malmråvara, exempelvis molybden, koppar, bly, nickel, kobolt och zink. Ugnstypen kan även användas för reduktion av oxider, även om det är ovanligt.

ENERGIANVÄNDNING

Vid rostning är energianvändningen begränsad, förutom vad avser syrgas. Stödbrännare kan dock förekomma och då kan alla energirika gaser och oljor användas.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Våningsugnsens utsläpp och miljöpåverkan är jämförbar med andra rostningsugnar, exempelvis Kaldokonverter (se avsnitt 7.3) och fluidiserande bäddreaktor (se avsnitt 7.5).

7.4.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion gäller NFM BATC. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁷⁴

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Ugnen saknas i Sverige.

7.4.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Stoft och metallutsläpp samt svaveldioxid är de huvudsakliga miljöpåverkande aspekterna och bör vara det som en tillsyn fokuserar på.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Beroende på vilken metall som ska processas kan olika parametrar behöva regleras. Som minimum bör dock stoft, hantering av svaveldioxid och metaller som smälts regleras.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Moderna varianter av ugnen är energieffektiva, och eftersom både matning och tappning sker kontinuerligt uppnås en hög effektivitet generellt. Ett införande av ugnstypen i Sverige kan därmed inte uteslutas.

⁷⁴ Se relevanta kapitel: "1.2 BAT-slutsatser för kopparframställning", "1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn", "1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium", "1.6 BAT-slutsatser för tillverkning av ädelmetaller" och "1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt".

7.5 Rostugn med fluidiserande bäddreaktor (Fluidised Bed Roaster) och kalcinering med fluidiserande bädd (Fluidised Bed Calciners)

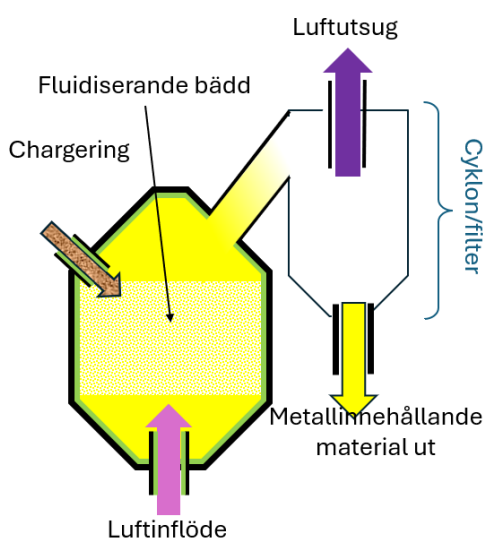
7.5.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Principen är att ett starkt luftflöde i botten av ugnen gör att det som chargerats hålls cirkulerande i luften. Det som chargerats behöver därför ha lämplig storlek. Det behöver vara så litet att luftflödet håller materialet fluidiserande men samtidigt inte innehålla för mycket fint material som kan påverka efterföljande reningssteg.

Ugnen kan användas för de flesta malmkoncentrat eller restprodukter som innehåller svavel. Enkelt beskrivet avgår svavel till luft i form av en svaveloxid vilket ger en renare metall som senare smälts i en annan ugn. En av anledningarna till att ugnen används är att utöver svavel avgår även arsenik och kvicksilver och kan därmed avlägsnas från malmen, exempelvis kopparmalm. Arseniken och kvicksilver avgår från malmen då de har låg kokpunkt. Även efterföljande steg är centrala eftersom det fluidiserande materialet samlas upp i en eller flera cykloner och/eller filter. I de första avskiljningsstegen är temperaturen högre och där avsätts huvudprodukten (t.ex. kopparinnehållande material). I senare avskiljningssteg sjunker temperaturen och arsenik och kvicksilver kan samlas in. Luften som innehåller relativt höga halter svaveloxider förs vidare till ett biproduktverk där t.ex. svavelsyra tillverkas. Se vidare NFM BREF, kapitel 3.3.2.4, 6.1.1.3.1 och 13.1.1.2

En liknande ugnstyp finns för kalcinering av bauxit till aluminiumoxid, se vidare NFM BREF, kapitel 4.3.1.4. och 6.1.1.3.2



Figur 36: Rostugn med fluidiserande bädd i genomskärning.

Input	Output
Sulfidhaltigt malmkoncentrat (t.ex. Cu, Zn)	Skärsten/metall
Luft/syrgas	Stoft (Inkl. innehållande As, Hg)
	Svavelhaltig luft

Tabell 24: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används för framställning av zink, kobolt, ädelmetaller och koppar genom rostning och för framställning av aluminiumoxid genom kalcinering.

ENERGIANVÄNDNING

Rostningsugnar använder normalt ingen extra energitillförsel, dock kan viss stödbrännning förekomma. Energiförbrukningen förknippas främst med de stora luftflöden som krävs för att få bädden att fluidisera. Vid kalcinering krävs extra energitillförsel i form av stödbrännare, dock är ugnstypen mer energieffektiv än roterugnar på grund av bättre möjligheter till energiåtervinning.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnens utsläpp och påverkan på miljön är likvärdig med andra rostningsugnar, exempelvis våningsugn (se avsnitt 7.4) och kaldokonverter/-ugn (se avsnitt 7.3).

Stoftet avskiljs innan de renade luftutsläppen går vidare till svavelproduktverket. Stoffet innehåller höga halter av kvicksilver och arsenik och måste hanteras med stor försiktighet. Eftersom rostningsugnar saknar luftutsläpp får eventuella föroreningar som exempelvis kvicksilver hanteras i stoft och efterföljande svavelproduktverk.

Vid kalcinering sker utsläpp till luft, dessa är främst förknippade med sedvanliga förbränningsutsläpp samt stoft.

7.5.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion gäller NFM BATC. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁷⁵

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Regleringen i Sverige är svårgenomtränglig då ugnstypen är en av flera ugnar på anläggningen och det finns ett stort antal domar och deldomar.⁷⁶

7.5.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYKEN

Fokus för tillsynen bör vara en effektiv uppsamling samt hantering av stoft.

⁷⁵ Se relevanta kapitel: 1.2 BAT-slutsatser för kopparframställning, 1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn 1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium, 1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt.

⁷⁶ Se t.ex. Umeå Tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar den 5 juli 2013, 1 mars 2018, 17 december 2018, 4 februari 2019, 2 juni 2020 (rättad 15 juni), 9 mars 2022, 15 december 2022 med flera i mål nr M 1012-09. Mark- och miljööverdomstolens, Svea hovrätt, dom den 25 juli 2014 i mål nr M 7429-13 (ändring av mark- och miljödomstolens avgörande den 5 juli 2013).

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Gällande rostningsugnar är det viktigt att svaveloxiderna tas omhand och nyttiggörs genom exempelvis svavelsyraproduktion. En acceptabel hantering av stoftet är också centralt för regleringen.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

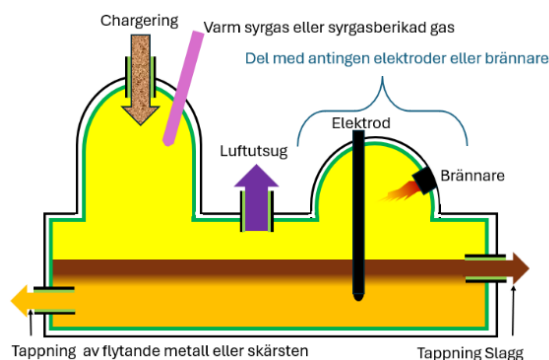
Ugnstypen kan förväntas ha fortsatt stor betydelse för flertalet metaller.

7.6 Flashugn (Flash Smelting Furnace, FSF)

7.6.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Ugnen är en finsk uppfinning som ursprungligen användes för kopparframställning som rostningsugn. En vidareutveckling av den ursprungliga ugnen har skett men principen är att ett malmkoncentrat med kopparsulfid eller annan mineral, järn och kisel tillförs ett schakt där det även förs in varm syrgas eller syrgasberikad luft. Syrgasen möter en stor yta vilket innebär att en reaktion sker snabbt. Merparten av malmkoncentratet reagerar därmed redan innan det når nedre delen av ugnen. För att hålla temperaturen inom rätt intervall används stödbrännare i en särskild del av ugnen. Det finns även varianter med elektroder. Tappning av skärsten/metall och slagg sker vid olika delar av ugnen.



Figur 37: Principskiss av flashugn i genomskärning

Input	Output
Sulfidhaltigt malmkoncentrat (t.ex. Cu, Pb)	Skärsten/metall
Energirik gas/olja	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Slaggbildare	Slagg
Syrgas	NO _x , CO ₂ , CO

Tabell 25: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används huvudsakligen som ett steg i framställningen av koppar från sulfidmalmkoncentrat. Produkten måste sedan föras vidare till ytterligare ugnar och processteg för att få koppar med hög renhet. Ugnen används även för bly-, zink- och nickelframställning.

ENERGIANVÄNDNING

Syrgasen förs in varm vilket kräver uppvärmning. Beroende på vilken typ av stödvärmning som tillämpas används även el eller energirik gas.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Eftersom flashugnar saknar luftutsläpp får eventuella föroreningar så som kvicksilver hanteras i efterföljande svavelproduktverk. Stoffet avskiljs innan de renade luftutsläppen går vidare till svavelproduktverket. Stoffet har höga halter av kvicksilver och arsenik och måste hanteras med stor försiktighet.

7.6.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion är det NFM BATC som gäller. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁷⁷

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Ugnstypen finns endast på en anläggning i Sverige. Regleringen är svårgenomtränglig då ugnstypen är en av flera ugnstyper på anläggningen och det finns ett stort antal domar och deldomar.⁷⁸

7.6.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNNEN

Fokus för tillsynen bör vara en effektiv uppsamling samt hantering av stoft.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Gällande rostningsugnar är det viktigt att svaveloxiderna tas omhand och nyttiggörs genom exempelvis svavelsyraproduktion. En acceptabel hantering av stoftet är också centralt för regleringen.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Ugnstypen finns på en svensk anläggning, men är väl utbredd globalt.

⁷⁷ Se relevanta kapitel: "1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn", "1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium" och "1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt".

⁷⁸ Se t.ex. Umeå Tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar den 5 juli 2013, 1 mars 2018, 17 december 2018, 4 februari 2019, 2 juni 2020 (rättad 15 juni), 9 mars 2022, 15 december 2022 med flera i mål nr M 1012-09. Mark- och miljööverdomstolens, Svea hovrätt, dom den 25 juli 2014 i mål nr M 7429-13 (ändring av mark- och miljödomstolens avgörande den 5 juli 2013).

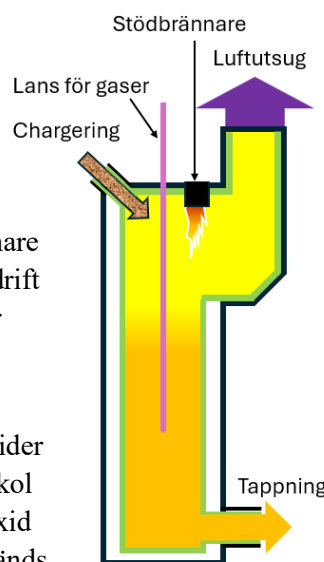
7.7 Schaktugn med toppmonterad lans (Top Submerged Lancing Furnace)

7.7.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Ugnstypen kan ses som en kombination av Kaldokonverter/-ugn och schaktugn. Chargingen sker i toppen av ugnen och består av malmkoncentratråvara eller sekundär råvara som matas kontinuerligt. Energittillförsel sker genom lansen där bränsle i form av naturgas, olja, syrgas och luft tillsätts långt ner i ugnen. Det finns även stödbrännare för uppstart och för extra tillförsel vid tillfällen under drift vid behov. Tappning av skärsten, slagg och metall sker kontinuerligt i botten av ugnen.

Reaktionerna som sker i ugnen varierar stort. Därmed varierar även det som tappas och släpps ut. När tennoxider ska omvandlas till tenn tillsätts järn och en liten andel kol som stödbränsle. Det leder till att tennmetall och järnoxid bildas och ger upphov till begränsade luftutsläpp. Används ugnen i stället för koppar- eller nickelframställning från sulfidmalmskoncentrat tillsätts syrgas och sand, och då bildas skärsten (t.ex. svavelkoppar eller svavelnickel), slagg och svaveldioxid. Vid framställning av bly och zink bildas, liksom vid koppar- och nickelframställning, svaveldioxid, metallinnehållande ämnen samt slagg. Vid framställning av bly och zink drivs även reaktionen så att dessa metaller avgår med rökgaserna för att sedan fällas ut genom oxidation.⁷⁹ Vidare information finns i NFM BREF, kapitel 13.1.2.7.



Figur 38: Schaktugn med toppmonterad lans i genomskärning.

Input	Output
Malmkoncentrat/sekundär råvara (t.ex. Cu, Pb)	Metall/Skärsten/Metalloxid
Gaser (t.ex. Syre, luft.)	Slagg
Energi (Naturgas, vätgas, olja)	Stoft (Inkl. metaller)

Tabell 28: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen kan användas för framställning av koppar, nickel, bly, zink och tenn.

⁷⁹ Kandalam, A., Reuter, M., Stelter, M., Reinmöller, M., Gräbner, M., Richter, A., & Charitos, A. (2023). A Review of Top Submerged Lance (TSL) Processing—Part II: Thermodynamics, Slag Chemistry and Plant Flowsheets. *Metals* 13, no. 10: 1742. <https://doi.org/10.3390/met13101742>.

ENERGIANVÄNDNING

Energianvändningen varierar kraftigt och är helt beroende av råvara och vilken metall som framställs. Energikällorna utgörs av allt från kol till olika gaser.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnens utsläpp och miljöpåverkan varierar stort beroende på process. Utsläppen för kopparframställning till skärsten kan delvis liknas vid de utsläppen som sker från en flashugn (se avsnitt 7.6). Utsläpp vid tennframställning är mer likt utsläppen från en induktionsugn (se avsnitt 0). Vid framställning av bly och zink kan utsläppen jämföras med dem från en Waelz-ugn (se avsnitt 7.2).

7.7.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär produktion gäller NFM BATC.⁸⁰

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Verksamheter av denna typ finns inte i Sverige.

7.7.3 Naturvårdsverkets bedömning

I Europa finns fem ugnar som togs i drift mellan åren 1989 och 2025. Under 2010-talet utfördes ett stort antal installationer av ugnstypen i framför allt Kina.⁸¹ Det är inte uteslutet med en variant i Sverige framöver och i sådana fall behöver ett omfattande underlag efterfrågas från bolaget. En bra kunskapskälla för en eventuell tillsynsmyndighet är utöver aktuell BREF också en artikel i tidskriften *Metals*.⁸² I artikeln finns exempelanläggningar, förenklade figurer över reningssteg som förekommer på befintliga anläggningar och i flera fall vilka produkter som bildas och därmed avgår till luft eller ingår i flytande fas.

⁸⁰ Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas enligt följande: Kapitel 1.2 BAT-slutsatser för kopparframställning, 1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn, 1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium, 1.7 BAT-slutsatser för tillverkning av ferrolegeringar 1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt.

⁸¹ Kandalam, A., Reuter, M., Stelter, M., Reinmöller, M., Gräbner, M., Richter, A., & Charitos, A. (2023). A Review of Top-Submerged Lance (TSL) Processing—Part I: Plant and Reactor Engineering. *Metals* 13, no. 10: 1728. <https://doi.org/10.3390/met13101728>.

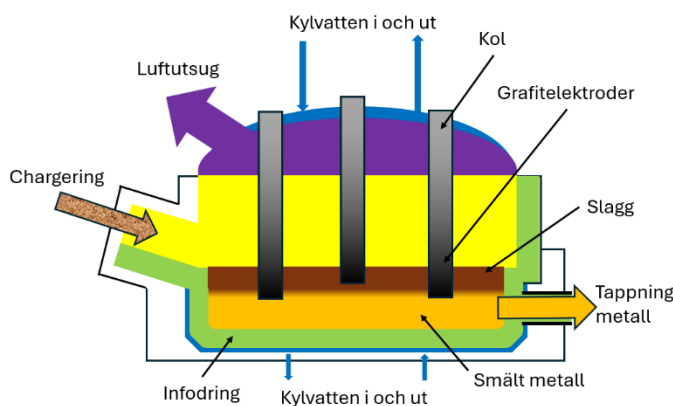
⁸² Kandalam, A., Reuter, M., Stelter, M., Reinmöller, M., Gräbner, M., Richter, A., & Charitos, A. (2023). A Review of Top Submerged Lance (TSL) Processing—Part II: Thermodynamics, Slag Chemistry and Plant Flowsheets. *Metals* 13, no. 10: 1742. <https://doi.org/10.3390/met13101742>.

7.8 Ljusbågsugn med reduktion (Electric Arc Furnace Smelter)

7.8.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Namnet kommer från att el kortsluts så att det bildas en ljusbåge. Det finns både växelströmsugnar och likströmsugnar. Växelströmsugnar har tre elektroder, en för varje fas medan likströmsugnar har en grafit elektrod. Idag används elektroder producerade från fossilt kol, det vanligaste är att elektroder produceras in situ (se exempelvis NFM BREF figur 8.7), en sådan variant visas i figur 39. Vanligen tillförs en fossil råvara överst i det som ska bli elektrod, t.ex. antracit men även andra kvalitéer av kol förekommer. Kolet hettas upp ("bakas") och grafit elektroder produceras in situ så att nedersta delen består av ren grafit. Vanligen tillverkas FeMn, SiMn, FeSi och FeNi i växelströmsugnar, medan FeV och FeB tillverkas i likströmsugnar. Oavsett variant består ugnen av en behållare som är fodrad med tegel och som kyls med vatten. Elektroden/-erna förs in ovanifrån genom ett lock, locket är också vattenkyllt. Råvaran för ferrolegeringstillverkning är malmkoncentrat men det förekommer också restprodukter från exempelvis stålverk. Ett stort antal undervarianter förekommer och ovanstående beskrivning är generell. Mer information finns i NFM BREF, kapitel 8.



Figur 39: Principskiss för ljusbågsugnar med reduktion.

Input	Output
Malmkoncentrat/sekundär råvara (t.ex. kromitmalmkoncentrat, stoft)	Flytande metall
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Energi (t.ex. el, gas)	NO _x , CO ₂ , CO
Syrgas	Kolväteföreningar, kolklorväteföreningar
Elektroder	Slagg
Infodring	Infodring

Tabell 19: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används i huvudsak för tillverkning av ferrolegeringar. Slutprodukten kan ha olika sammansättning av kol, järn och övriga metaller.

ENERGIANVÄNDNING

Den huvudsakliga energikällan är el men även metangas, kolinjektion och energi i insatsvaror är betydande energikällor.⁸³ För produktion av ferrolegeringar är även kolelektrodena viktiga som reduktionsmedel.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

De direkta utsläppen är de till luft där stoft (inkl. metaller), kväveoxid, svaveldioxid, persistenta organiska föreningar är de dominerande. Mer information om mängder per ton för olika produkter återfinns i NFM BREF, tabell 8.11–8.22. Resurshushållning i form av hantering av stoft, slagg och ungsinfodring är också relevant, se vidare NFM BREF, kapitel 8.2.5 och exempelvis tabell 8.25–8.26.

I de fall stoftreningen består av våta reningstekniker som t.ex. skrubber uppstår också vattenföroreningar. Dessa är dock i allmänhet relativt små, se vidare NFM BREF, kapitel 8.2.4.

7.8.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Regleras i NFM BATC, kapitel 1.7.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Det finns ett par ugnar hos en verksamhetsutövare idag, men tillståndet är gammalt och bör inte ligga till grund för en ny prövning.

7.8.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYVEN

Utsläppen till luft och energifrågorna är de viktigaste aspekterna för tillsynen. Luftutsläppen kan delas in i tre grupper; stoft inklusive metaller, persistenta organiska föreningar och kväveoxider.

Stoftutsläppen är betydande men det finns också reningsmetoder som ger bra begränsningar, vanligen textilt spärfilter. Alla verksamheter ska ha en bra stoftrening enligt NFM BATC, tillsynen bör fokusera på att drift och underhåll av reningsutrustning är godtagbar. Rutiner och hantering av inköp av insatsvaror är också viktiga aspekter, exempelvis kolets kvalitet som kan påverka utsläppen av metaller och persistenta organiska föreningar.

Kväveoxider bildas i anslutningen till ljusbågen. Ugnens utformning har också stor betydelse där äldre ugnar ofta inte kan nå upp till samma prestanda som nya. Tillsynen bör därför fokusera på trender över tid för den enskilda anläggningen.

⁸³ Se exempelvis NFM BREF figur 8.20.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Uppförs nya anläggningar är dagens svenska anläggning troligen inte relevant. Dels är dagens reglering äldre, dels kan nya ugnar ha en helt annan produktion och använda helt andra råvaror. Produktionsmixen (t.ex. vilken ferrolegering) och råvaror (t.ex. malmkoncentratsammansättning) har stor betydelse för vilka ämnen som är relevanta att reglera avseende metaller. Kolråvaran som idag är fossil kan bytas till biobaserad och då data är begränsad för biobaserade råvaror kan även kolinnehållande föroreningar (t.ex. PCDD/F) både vara mer och mindre relevanta att reglera.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Globalt dominerar ugnstypen när det kommer till framställning av ferrolegeringar.

Framställning av grafitelektroder sker idag från fossilt kol, är energikrävande och ger upphov till stora utsläpp av koldioxid och andra föroreningar. Naturvårdsverket har inte kännedom om hur exempelvis biobaserade elektroder förändrar ugnens miljöpåverkan varför en försiktighet behövs om verksamhetsutövare byter teknik.

7.9 Smältelektrolys för aluminiumframställning (Electrolytic Reduction of Aluminium Oxide in a Molten Bath)

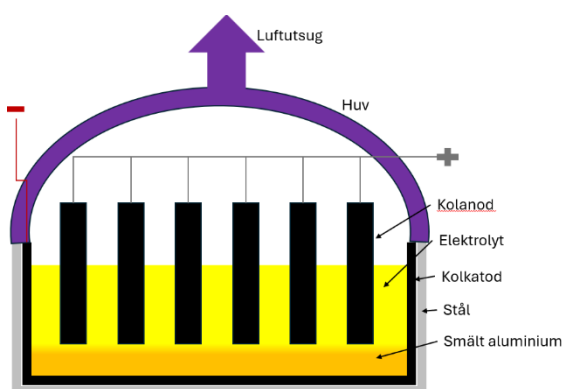
7.9.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Tekniken liknar i stort den som beskrivs under smältelektrolys (avsnitt 6.2) men framställning av aluminium förekommer i så stor skala att den hanteras separat i den här vägledningen. Tekniken är i grunden enkel; aluminiumoxid sönderdelas med hjälp av el till elementärt aluminium och syrgas.

Temperaturen för att göra detta med ren aluminiumoxid är dock drygt 2 000 grader Celsius. I

stället blandas en mindre andel oxid med aluminiumfluorid (AlF_3) och kryolit (Na_3AlF_6) vilket då kräver en smälttemperatur om knappt 1 000 grader Celsius. Detta benämns saltsmälta och är en elektrolyt. Elen tillförs genom att fasta kolkatoder i botten kortsluts mot kolanoder bestående av grafit i övre delen av



Figur 40: Elektrolytugn för aluminiumframställning i genomskärning.

elektrolyten. Kolkatoderna har en lång livslängd, däremot förbrukas kolanoderna på grund av att syrgasen som bildas i elektrolysen reagerar med grafiten. Aluminiummetallen som bildas har högre densitet än saltsmältan varför den samlas i botten. Tappning av aluminiumet sker genom att den sugas upp och förs vidare till rening. Tekniken benämns Hall-Héroult-processen. Se vidare i NFM BREF, kapitel 4.1.3.

Input	Output
Aluminiumoxid (fast)	Aluminium (flytande)
Elenergi	Fluorföreningar (både oorganiska och organiska föreningar)
Grafitelektroder	Övriga luftutsläpp (t.ex. CO, CO ₂ , SO ₂)
Aluminiumsalter (AlF ₃ och Na ₃ AlF ₆)	

Tabell 18: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSOMRÅDE

Ugnen används enbart för aluminiumframställning från primärråvara, det vill säga aluminiumoxid framställd genom kalcinering av bauxit. Tekniken kräver ytterligare reningssteg varför ugnen måste kompletteras med en varmhållningsugn där legeringar kan tillsättas samt föroreningar avlägsnas. Vanligen används en flamugn, se avsnitt 7.12.

ENERGIANVÄNDNING

Energianvändningen är omfattande och uppgår till ca 15 MWh per ton aluminium. Därtill förbrukas ca 400 kg kolmaterial per ton aluminium.⁸⁴

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Eftersom både aluminiumfluorid (AlF₃) och kryolit (Na₃AlF₆) innehåller fluor och kolanoderna består av grafit bildas oorganiska fluorföreningar och kolfluorföreningar vid drift av ugnen. Dessa föreningar är kraftfulla växthusgaser, men har låg risk för negativ hälsopåverkan vid de halter som förekommer. Oorganiska fluorföreningar, kolfluorföreningar samt koldioxid utgör den absoluta merparten av utsläppen till luft. Mindre utsläpp av exempelvis svaveldioxid och kolmonoxid förekommer också.

7.9.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Ugnen regleras i NFM BATC, se kapitel 1.3.

⁸⁴ Energianvändningen varierar beroende på källa vilket delvis beror på systemgränserna, se exempelvis NFM BREF.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

I Sverige finns en anläggning.⁸⁵

7.9.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Organiska och oorganiska fluorföreningar är de viktigaste miljöaspekterna när det kommer till tillsyn av ugnstypen.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Regleringen avseende den anläggning som finns i Sverige och BAT-slutsatser för tekniken kan användas som utgångspunkt. Om anläggningar med inerta elektroder uppförs kan det innebära att mindre fokus behöver läggas på kolfluorföreningar.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Tekniken ger upphov till stora koldioxidutsläpp varför en teknikutveckling sker. Vilket eller vilka teknikval som kommer att dominera är oklart, liksom vilken tidshorisont som kan vara aktuell. En tänkbar variant är att inerta anoder används i dagens elektrolysugnar.⁸⁶

⁸⁵ Östersunds tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldomar den 17 januari 2007, 2 november 2018, 15 september 2021 och 15 september 2021 i mål nr M 1349-06.

⁸⁶ För mer information se bl.a.: Zore, L., (2024) *Decarbonisation Options for the Aluminium Industry*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC136525>.

7.10 Reaktor för reduktion med metall (Metallothermic Reactor)

7.10.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Vissa metalloxider (MeO) eller metallklorider (MeCl) är svåra att reducera och då kan reaktiva metaller (R) användas för att reducera den metall som ska renframställas. Metoden kan även tillämpas då kraven på renhet är höga.

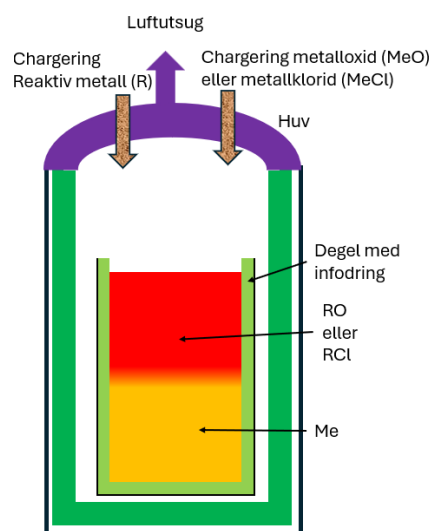


Figur 381: De två huvudsakliga reaktionerna i en reaktor för reduktion med metall.

Två huvudsakliga reaktioner förekommer.

(1) Antingen tillsätts en metalloxid eller en metallklorid som reagerar med en reaktiv metall (se figur 41). Typiska reaktiva metaller är aluminium, magnesium och natrium. När metalloxid (upparbetat malmkoncentrat eller sekundär råvara) reagerar med en reaktiv metall bildas metallen och den reaktiva metallen ombildas till oxid. Ett exempel är framställning av uran från uranoxid med magnesiummetall. Det finns varianter där även andra ämnen tillsätts för att driva reaktionen, exempelvis kol och kisel. Dessa ämnen används främst vid tillverkning av ferrolegeringsämnen.

(2) Används i stället en metallklorid och man låter den reagera med en reaktiv metall bildas metallen och den reaktiva metallen ombildas till metallklorid. Typisk råvara är titantetraklorid (TiCl₄). När natrium används benämns processen Hunterprocess och när magnesium används benämns den Krollprocess. Chargeringen sker batchvis även om tillförsel av råvaror kan ske över en tidsutsträckning. Reaktionen kan vara självgående om rätt stökiometriska förhållanden används men extern värmning kan också förekomma i form av el. För mer information se NFM BREF, kapitel 8 samt särskilt 8.1.1.3.3, 8.1.5, 8.1.6–8.1.11 och 8.1.7–8.1.10.



Figur 42: Reaktor för reduktion med metall i genomskärning.

Input	Output
Metalloxider/metallklorider (t.ex. Malmkoncentrat, restprodukter)	Metall
Reaktiva metaller (t.ex. Al, Mg)	Metalloxid/metallklorid (t.ex. Al ₂ O ₃ , MgCl ₂)
Elenergi	Stoft (Inkl. metaller)

Tabell 29: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Reaktortypen används typiskt sett vid framställning av ferrolegeringsämnen med låg kolhalt och krav på hög renhet, exempelvis ferrokrom (FeCr) och ferromolybden (FeMo), även viktig för andra metaller (t.ex. Hf, Zr, Ti, Ta, Sr, Nb, Sc, V, U och REE). Kalcium är en av få metaller som både framställs genom metallotermisk reaktion, kalciumoxid (CaO) med aluminium, men samtidigt används som reagens, t.ex. skandiumoxid (ScO) med kalcium.

ENERGIANVÄNDNING

Den huvudsakliga energin kommer från överskott i reaktionen mellan de olika metallerna och deras oxider. I vissa fall sker dock viss tillförsel av el.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Reaktorns utsläpp och påverkan på miljön är förhållandevis begränsade då ingen stödbrännning sker.

7.10.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

Tekniken finns omnämnd i NFM BREF men det är inte helt klart vilka BAT-slutsatser som är tillämpliga, varför en bedömning måste ske i varje enskilt fall.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Verksamheter av denna typ finns inte i Sverige.

7.10.3 Naturvårdsverkets bedömning

I och med att efterfrågan av metaller som är svårreducerade ökar kan det förväntas att tekniken får ökad spridning, både kommersiellt och genom pilotanläggningar. Dessutom är ugnen ett alternativ för renframställning av flera kritiska metaller. Det är dock troligt att relativt små volymer kommer att produceras i en eventuell kommande anläggning. Utsläppen kan förväntas vara små men det bör ställas höga krav på en eventuell verksamhetsutövare att visa på vilka utsläpp man förväntas få, detsamma gäller pilotanläggningar.

7.11 Plasmaugn (Plasma Furnace)

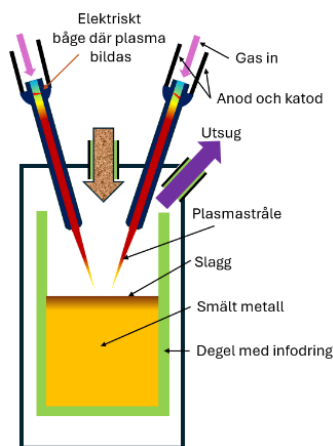
7.11.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Tekniken har vissa likheter med en ljusbågsugn där el bildar en ljusbåge. I det här fallet bildar ljusbågen plasma som lämnar plasmabrännaren till smältan genom en koncentrerad stråle.

Eftersom gasen joniseras är det av stor vikt att rätt atmosfär finns i ugnen så att rätt produkt bildas och bibehålls. Helium eller argon används i första hand vid smältning av högvärdiga legeringar (t.ex. titan), det finns dock exempel där vanlig luft används. När avfall från exempelvis metallproducenter tas in tillförs även slaggbildare och då bildas både metall och slagg. Plasmastrålen kan normalt styras både i styrka och riktning vilket ger hög effektivitet och god kontroll över smältprocessen.

Eftersom ugnen är i det närmaste helt sluten blir i allmänhet luftutsläppen begränsade när man bara smälter. Ugnen kan dock användas för farligt avfall och i de fallen kan utsläppen bli större och flera reningssteg är nödvändiga. Se vidare NFM BREF, kapitel 8.1.11.4.



Figur 393: Plasmaugn i genomskärning.

Input	Output
Malmkoncentrat/sekundär råvara (t.ex. kromitmalmkoncentrat, stoft) eller ren råvara	Flytande metall
Slaggbildare	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
El	NO _x
Kol (vid reduktion)	CN (när kol används)
	Slagg

Tabell 26: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen är lämplig för metaller och legeringar med flera tusen graders smältpunkt. Det finns dock exempel där ugnen används även för metaller och legeringar i spannet 1 000–2 000 grader Celsius.

ENERGIANVÄNDNING

I stort sett används enbart el som energikälla, men i de fall ugnen används för att reducera metall kan även kol tillsättas. För att producera 1 ton metall från stoft från rostfri stålproduktion går det åt ca 400–500 kg kol och ca 2,8–3,8 MWh el.⁸⁷

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnen ger helt olika typer av utsläpp beroende på om den används för smältning eller reduktion. Vid smältning är utsläppen förhållandevis små och för de flesta parametrar försumbara. I de ugnar där även reduktion sker är dock utsläppen betydande och kräver omfattande rening, se NFM BREF, figur 8.18. Utsläppen är i flera avseenden av samma typ som i förekommer i reduktionsugnar med höga temperaturer och där kol används. I plasmaugnen är dock temperaturerna så höga att även cyanid bildas, detta genom att kväve i luften reagerar med kol.

7.11.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion är det NFM BATC som gäller. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁸⁸

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

I Sverige finns en verksamhet där ugnen förutom smältning även används för reduktion, se Växjö tingsrätts, mark- och miljödomstolen, deldom den 28 november 2022 i mål nr M 3117–20.

7.11.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYKEN

Då cyanid bildas behöver tillsynen beakta detta och stort fokus bör läggas på denna parameter om verksamheter med kol som råvara drivs i Sverige.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

För verksamheter där även reduktion sker kan ovan nämnda avgörande tillämpas som referens. Eftersom tillståndet gäller en anläggning där ugnen även används för reduktion är regleringen inte generellt applicerbart. I de fall ugnen enbart används för smältning kan exempelvis smältning med induktionsugn vara mer relevant som jämförelse avseende vilka parametrar som bör regleras.

⁸⁷ Se NFM BREF Tabell 8.6

⁸⁸ Se relevanta kapitel: "1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn", "1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium", "1.6 BAT-slutsatser för tillverkning av ädelmetaller", "1.7 BAT-slutsatser för tillverkning av ferrolegeringar" och "1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt".

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

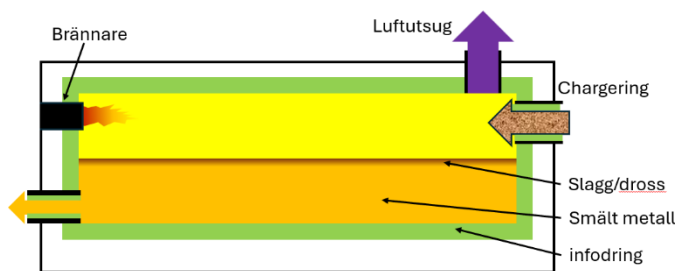
I dagsläget finns en anläggning i Sverige och med ökade behov av olika legeringsämnen och krav på återvinning av avfall kan tekniken förväntas öka. REE, titan och andra ämnen med hög smältpunkt kan få ökad betydelse varför denna smältteknik kan komma att öka även av den anledningen.

7.12 Flamugn (Reverberatory Furnace)

7.12.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Det finns flera varianter av ugnen men samtliga fungerar så att värmningen sker från brännare i taket eller på sidan av ugnen. Sidobrännarna kan antingen sitta i väggen eller i ett utrymme bredvid smältan. Takets form är normalt sådant att varma förbränningsgaser trycks ner mot smältan innan de lämnar ugnen. Det är främst strålning som överför värmen till smältan eller det som ska smältas. Oavsett variant så kommer inte bränslet i kontakt med metallen. Fördelen med brännare är hög energitäthet som gör att metall lättare kan smälta, nackdelen är omfattande luftflöde som kan oxidera metallen.



Figur 44: Flamugn i genomskärning.

Input	Output
Flytande metall eller metallskrot	Flytande metall
Energi (t.ex. gas)	Stoft och/med metaller
Slaggbildare	NO _x , CO ₂ , CO
	Slagg/dross

Tabell 20: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen är flexibel för olika flöden ut och in varför den ofta används efter en smältugn, som hållugn för primär- och sekundärproducenter inom främst verksamheter med lättmetallproduktion. Den kan även användas för smältning av lättmetaller.

ENERGIANVÄNDNING

Det absolut vanligaste är att brännarna drivs av naturgas men alla lätta gaser kan användas, liksom lätt eldningsolja.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Ugnen ger främst upphov till förbränningsrelaterade utsläpp i form av koldioxid och kväveoxider. Eftersom gaserna har direkt kontakt med smältan kan även föroreningar från metallen följa med ut. Energieffektiviteten är relativt låg jämfört med schaktugnar (se avsnitt 7.14) som har liknande användningsområde.

7.12.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion gäller NFM BATC. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁸⁹

För gjuterier gäller SF BATC. Beroende på vilka metaller som ska smältas gäller olika BAT-slutsatser. I kapitel 1.1 och 1.2.1 finns flera BAT-slutsatser som är aktuella för alla. Exempelvis kan det lyftas att för bensa(a)pyren, kadmium, krom, nickel och zink återfinns eventuella krav på kontroll i BAT 12. Eftersom ugnen i princip uteslutande används för icke-järnmetaller är kapitel 1.2.4 som rör BAT-slutsatser för gjuterier för icke-järnmetaller relevant.

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Naturvårdsverket har inte kännedom om nyare tillstånd där ugnstypen har reglerats.

7.12.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNNEN

Fokus för tillsynen bör ligga på energi då ugnstypen är förhållandevis energiineffektiv. Lägre energiförbrukning kan även ge lägre direkta luftutsläpp. Luftutsläpp av kväveoxider, stoft och metaller är också relevant.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Stor vikt bör läggas på energifrågan, exempelvis bör förstahandsvalet vara rekuperativa eller regenerativa brännare, se avsnitt 3.7.1. Alternativt förvärmning av det som ska smältas, jämför schaktugn i avsnitt 7.14.7.14.

När det gäller luftutsläpp bör kväveoxider, stoft och eventuellt metaller regleras. Miljöskadliga metaller kan förekomma i verksamheten antingen genom att de smälts eller att de används som legeringsämnen; i båda fallen bör de regleras.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Ugnen förekommer hos lättmetallgjuterier och tillverkare av aluminium. Tekniken har flera fördelar som gör att den är och även framgent kommer att vara en viktig variant antingen som hållugn eller smältugn.

⁸⁹ Se relevanta kapitel: "1.2 BAT-slutsatser för kopparframställning", "1.3 BAT-slutsatser för aluminiumtillverkning, inklusive tillverkning av aluminiumoxid och anoder", "1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn" och "1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium".

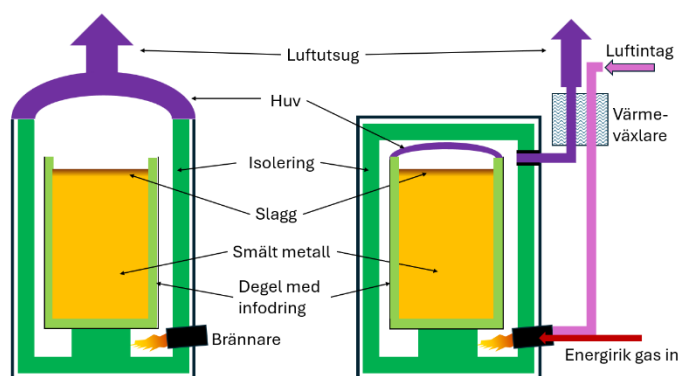
7.13 Degelugn med flamma (Gas Fired Crucible Furnace)

7.13.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Huvudprincipen är att en degel antingen sätts ner i eller är fast monterad i ugnen. Chargering sker batchvis. En gasbrännare placerad utanför degeln men innanför ugnskroppen eldas med naturgas eller annan gas. Förbränningen sker långt ner och

avgasernas rörelse ger en förhållandevis jämn värme som värmer upp degeln och slutligen det som ska smältas. Smältan kan vara i kontakt med förbränningsluften, se figur 45, vilket ger förhållandevis bra energieffektivitet men riskerar oxidation av metallen. För metaller som lätt oxideras eller där höga krav på renhet finns kan därför ett sidoutsug under toppen på degeln och ett lock över degeln användas. Detta sker dock på bekostnad av energieffektivitet. För att öka energieffektiviteten kan rekuperativ brännare användas, utgående avgaser värmeväxlas då mot inkommande luft till brännaren, se figur 45. I de flesta fall sker tappning genom tippning men även pump kan användas. Ugnstypen är enkel (och därmed billig) och flexibel varför den är välanvänd.



Figur 45: Degelugn med flamma, till vänster den enklaste varianten och till höger med skyddande huv över metallen och rekuperativ brännare.

Input	Output
Smält metall eller tackor (t.ex. Al, Zn, Cu, Sn)	Flytande metall
Energi (t.ex. Gas)	Stoft (Inkl. metaller)
	NO _x , CO ₂ , CO

Tabell 21: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används främst för varmhållning och smältning av aluminium, zink, koppar, bly och tenn med flera. Viss finjustering av smältan kan ske, exempelvis genom tillsats av legeringsämnen.

ENERGIANVÄNDNING

Idag används främst naturgas men i princip kan de flesta gasformiga bränslen användas.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

För alla varianter av ugnen är förbränningsutsläpp så som koldioxid, kolmonoxid och kväveoxider typiska. För de enklaste varianterna där metallen utsätts för luften som lämnar ugnen kan stoft och metaller med låg kokpunkt avgå.

7.13.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För primär och sekundär produktion gäller NFM BATC. Ugnen är dock bäst lämpad för småskalig produktion och därmed troligen främst användbar för ädelmetaller, se avsnitt 1.6.

För gjuterier gäller SF BATC. SF BATC är uppdelad enligt ugnstyper och beroende på vilka metaller som ska smältas gäller olika BAT-slutsatser.⁹⁰ Exempelvis kan lyftas att för bens(a)pyren, kadmium, krom, nickel och zink finns krav på mätning om ämnet anses vara relevant, men begränsningsvärden saknas (BAT 12, allmän slutsats för gjuterier).

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Naturvårdsverket har inte kännedom om nyare tillstånd där ugnstypen har reglerats.

7.13.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNNEN

Luftutsläpp av kväveoxider, stoft och metaller är de viktigaste och mest relevanta områdena för tillsynen. Fokus bör även ligga på energi då ugnstypen är förhållandevis energiineffektiv. Lägre energiförbrukning kan även ge lägre direkta luftutsläpp. Detta genom lägre gasvolym vilket innebär att en mindre mängd kväveoxid bildas.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Stor vikt bör läggas på energifrågan, exempelvis bör förstahandsvalet vara rekuperativa eller regenerativa brännare. Alternativt förvärmning av det som ska smältas, jämför schaktugn i avsnitt 7.14.

När det gäller luftutsläpp bör kväveoxider, stoft och eventuellt metaller regleras. Miljöskadliga metaller kan förekomma i verksamheten antingen genom att de smälts eller att de används som legeringsämnen; i båda fallen bör de regleras.

⁹⁰ I kapitlen "1.1 Allmänna BAT-slutsatser" och "1.2.1 BAT-slutsatser för gjuterier" finns flera slutsatser som är aktuella för samtliga gjuterier. Mer specifika krav finns för järn i "1.2.2 BAT-slutsatser för gjutjärnsgjuterier", för stål i "1.2.3 BAT-slutsatser för stålgjuterier" och för icke-järnmetall i "1.2.4 BAT-slutsatser för gjuterier för icke-järnmetaller".

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Ugnen förekommer hos lättmetallgjuterier och tillverkare av aluminium. Tekniken har flera fördelar som gör att den är och även framgent kommer att vara en viktig variant antingen som hållugn eller smältugn.

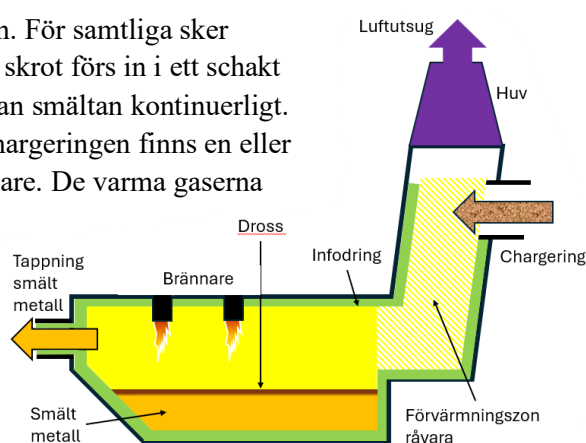
7.14 Schaktugn för smältning (Shaft melting furnace)

7.14.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Det finns flera varianter av ugnen. För samtliga sker charging genom att tackor eller skrot förs in i ett schakt semikontinuerligt och tillförs sedan smältan kontinuerligt. I motsatt ände i förhållande till chargingen finns en eller flera brännare, vanligen gasbrännare. De varma gaserna förs igenom ett schakt vilket förvärmer det som chargerats, och en högre energieffektivitet uppnås. Den smälta metallen kan sedan tappas, vanligt är att hela ugnen tippas. Tekniken skulle teoretiskt kunna fungera för flera metaller men i

praktiken används den främst för aluminium. För mer information se SF BREF, kapitel 2.2.4.7.



Figur 46: Schaktugn för smältning i genomskärning.

Input	Output
Aluminium (t.ex. tackor, skrot)	Aluminium (Smält)
Energirik gas (t.ex. naturgas)	Dross/slugg
Deoxidationsämnen	Stoft och/med metaller, oorganiskt material
Energi (t.ex. el, gas)	NO _x , CO ₂ , CO

Tabell 22: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Smältning av aluminium är det dominerande användningsområdet för ugnen. Detta eftersom ugnen främst är lämplig för lättmetaller samt kräver större volymer för att vara ekonomiskt försvarbar.

ENERGIANVÄNDNING

I princip är det bara naturgasbrännare som används.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

För alla varianter av ugnen är förbränningsutsläpp så som koldioxid, kolmonoxid och kväveoxider typiska. Stoff och metaller kan också avgå till luft.

7.14.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För gjuterier gäller SF BATC. Beroende på vilka metaller som ska smältas gäller olika BAT-slutsatser.⁹¹

För sekundär produktion gäller NFM BATC. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁹²

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Se Vänersborgs tingsrätts, mark- och miljödomstolen, dom den 13 september 2022 i mål nr M 3887–21.

7.14.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNEN

Det är viktigt att förbränningen sker effektivt och att så lite syre som möjligt kommer i kontakt med smältan. Detta övervakas av de flesta verksamhetsutövare och tillsynen bör därmed fokusera på att övervakningen hålls över tid. Om övervakningen tyder på en sämre effektivitet bör tillsynsmyndigheten efterfråga vilka åtgärder som verksamhetsutövaren avser att vidta.

Eftersom chargering av ugnen sker i schakt där ett luftflöde passerar och ugnen främst hanterar lättmetaller kan två problem uppstå. Det ena är att om små partiklar, exempelvis svarvspån, chargeras så kan de dras med ut tillsammans med avgaserna. Verksamhetsutövaren behöver i dessa fall pressa ihop dem till större stycken som kan chargeras. Det andra problemet som kan uppstå är om organiskt material, exempelvis skärolja, hanteras då denna kan avgå utan att den förbränns.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Stor vikt bör läggas på energifrågan, exempelvis bör förstahandsvalet vara rekuperativa eller regenerativa brännare. Alternativt förvärmning av det som ska smältas, jämför schaktugn i avsnitt 7.14.

⁹¹ 1.1 Allmänna BAT-slutsatser och i 1.2.1 BAT slutsatser för gjuterier finns flera slutsatser som är aktuella för alla. Exempelvis kan det lyftas att för B[a]P, Cd, Cr, Ni och Zn återfinns eventuella krav på kontroll i BAT 12. Mer specifika krav finns för icke-järnmetaller i 1.2.4 BAT BAT-slutsatser för gjuterier för icke-järnmetaller.

⁹² Se relevanta kapitel: 1.3 BAT-slutsatser för aluminiumtillverkning, inklusive tillverkning av aluminiumoxid och anoder.

När det gäller luftutsläpp bör kväveoxider, stoft och eventuellt metaller regleras. Miljöskadliga metaller kan förekomma i verksamheten antingen genom att de smälts eller att de används som legeringsämnen; i båda fallen bör de regleras.

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

De flesta ugnar eldas idag med naturgas, vilket kan förväntas fasas ut. Alternativet är biogas eller andra fossilfria gaser så som dimetyleter. Eftersom efterfrågan av fossilfria gaser kan förväntas öka globalt och det utgör en begränsad resurs är det sannolikt att ugnstypens utbredning kommer att minska. Det är dock möjligt att uppvärmning med el kan ersätta brännare i vissa fall.

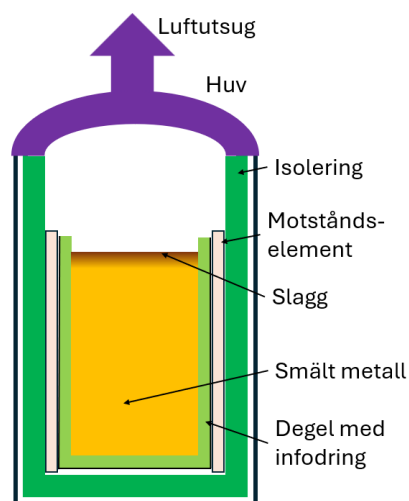
7.15 Degelugn med motståndsvärmare (Resistance Furnace)

7.15.1 Teknisk beskrivning av ugnen

ALLMÄN BESKRIVNING

Motståndsgn för smältning fungerar ungefär som en gammaldags spishäll som finns i många hem. Principen är att motstånd installeras i ugnens väggar, när el passerar igenom bildas värme. I dagligt tal benämns dessa motstånd och spridande av värme som värmelement. Uppvärmningen sker med dels strålningsvärme, dels konvektionsvärme.

Smältprocessen är mild i bemärkelsen att relativt få reaktioner sker i smältan. Detta gör att legeringsämnen bevaras i smältan men även att föroreningar stannar kvar i den smälta metallen. Användningen begränsas därmed av skrotets eller tackornas kvalitet och produktens toleransnivå. De milda förhållandena gör också att avgaser från ugnen är begränsade.



Figur 47: Degelugn med motståndsvärmare i genomskärning.

Input	Output
Metall (t.ex. metalltacka, skrot)	Flytande metall med i stort samma innehåll som råvaran
Slaggbildare (t.ex. kalksten)	Stoft (Inkl. metaller, oorganiskt material)
Elenergi	Slagg
Infodring	

Tabell 27: Naturvårdsverkets bedömning avseende huvudsaklig input och output för ugnstypen.

UGNENS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

Ugnen används för smältning av i stort sett alla metaller. Allt ifrån några kilo dyra och ovanliga metaller till flera ton basmetaller förekommer. Vanligast är varmhållning av lättmetallegeringar för gjutning men även i vissa fall för smältning.

ENERGIANVÄNDNING

Som energikälla används uteslutande el.

UGNENS UTSLÄPP OCH ANNAN MILJÖPÅVERKAN

Eftersom uppvärmningen är mild är ugnens miljöpåverkan är förhållandevis liten. Det som kan förekomma är avgång av lättflyktiga ämnen som har en betydligt lägre kokpunkt än det som ska smältas, exempelvis bly.

7.15.2 Juridisk reglering

REGLERING I BREF:AR

För sekundär produktion är det NFM BATC som gäller. Ugnen passar för mindre volymer så troligen främst aktuell för ädelmetaller men kan även användas för andra metaller. Beroende av vilken metall som ska framställas ska olika BAT-slutsatser tillämpas.⁹³

För gjuterier är det SF BATC som gäller. Beroende på vilka metaller som ska smältas gäller olika BAT-slutsatser.⁹⁴

REGLERING AV VERKSAMHETER I SVERIGE

Naturvårdsverket har inte kännedom om någon anläggning med nyare tillstånd som kan vara relevant för denna vägledning.

7.15.3 Naturvårdsverkets bedömning

NATURVÅRDSVERKET'S BEDÖMNING AV SÄRSKILT RELEVANTA OMRÅDEN FÖR TILLSYNNEN

Tillsynen bör fokusera på att verksamhetsutövaren har rutiner för att minimera avgång av lättflyktiga metaller, samt, om de inte går att förhindra, att adekvat luftrening finns.

⁹³ Se relevanta kapitel "1.2 BAT-slutsatser för kopparframställning", "1.3 BAT-slutsatser för aluminiumtillverkning, inklusive tillverkning av aluminiumoxid och anoder", "1.4 BAT-slutsatser för tillverkning av bly- och/eller tenn", "1.5 BAT-slutsatser för tillverkning av zink och/eller kadmium", "1.6 BAT-slutsatser för tillverkning av ädelmetaller", "1.7 BAT-slutsatser för tillverkning av ferrolegeringar" och "1.8 BAT-slutsatser för tillverkning av nickel och/eller kobolt".

⁹⁴ I kapitlen "1.1 Allmänna BAT-slutsatser" och "1.2.1 BAT-slutsatser för gjuterier" finns flera slutsatser som är aktuella för samtliga gjuterier. Exempelvis kan det lyftas att för B[a]P, Cd, Cr, Ni och Zn återfinns eventuella krav på kontroll i BAT 12. Mer specifika krav finns för järn i "1.2.2 BAT-slutsatser för gjutjärnsgjuterier", för stål i "1.2.3 BAT-slutsatser för stål-gjuterier" och för icke-järnmetall i "1.2.4 BAT-slutsatser för gjuterier för icke-järnmetaller".

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING AVSEENDE LÄMPLIG REGLERING

Regleringen behöver ta stor hänsyn till vad som ska smältas. Smälts ämnen med högre smältpunkt bör reglering av miljöskadliga metaller med låg kokpunkt övervägas. Stoftutsläpp och energianvändning är två andra aspekter som bör belysas och/eller regleras.

NATURVÅRDSVERKETS BEDÖMNING OM FRAMTIDEN

Ugnstypen är välutbredd eftersom den är flexibel, relativt billig, förekommer i ett stort antal storlekar och kan användas för ett stort antal metaller. Dessa fördelar gör att ugnen kan förväntas förekomma frekvent även framgent.

7.16 Andra ugnar

Utöver de ugnar som redan har beskrivits i denna vägledning finns betydligt fler ugnsvarianter globalt. Nedan beskrivs några exempel kortfattat.

UGN FÖR MAGNESIUMFRAMSTÄLLNING

Den dominerande produktionsmetoden för magnesium kallas Pidgeonprocessen. Förenklat blandas dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) och ferrokisel (reduktionsmedel) i en roterugn och kalcinering uppstår. Råämnet förs vidare till en ugn där magnesium avgår till luft under vacuum och sedan fälls ut på kylflänsar. Tekniken kräver mycket energi och eftersom magnesium reagerar kraftigt i luft måste skyddsgas användas, t.ex. SF_6 som är en mycket potent växthusgas. På grund av karbonat och skyddsgasen är utsläppen av koldioxidekvivalenter från magnesiumframställning idag mycket högre än för primärproduktion av aluminium och stål per ton produkt.

UGN FÖR LITIUM- OCH MAGNESIUMFRAMSTÄLLNING

Det finns pilotförsök där kol används för att reducera en metalloxid av litium och magnesium. Teoretiskt liknar det reduktion med kol av andra metaller så som järn. Både litium och magnesium är dock så pass reaktiva att oxiden återbildas när temperaturen sjunker. Därför accelereras gasen (bestående av metall och kolmonoxid) till överljudsfart och snabbkyls, varvid ren metall kan utvinnas.

UGNAR FÖR VOLFRAM-, MOLYBDEN-, GERMANIUM- OCH PGM- FRAMSTÄLLNING

Den vanligaste produktionsmetoden för volfram är reduktion av volframtrioxid (WO_3) med vätgas. WO_3 tillförs en ugn som värms upp till ca 1 000 grader Celsius och vätgas tillåts strömma över oxiden, varpå reduktion sker.

Liknande ugnsvarianter används för framställning av arsenik, molybden och germanium samt PGM (Os, Rh, Ir, Pt och Ru). Tekniken liknar klockugnen som beskrivs i kapitel 6.1.

UGN FÖR RENFRAMSTÄLLNING AV BLY SAMT ANTIMON- OCH VISMUTPRODUKTION

Bly som innehåller höga halter av antimon och vismut kan smältas tillsammans med kalcium och magnesium. Kalcium och magnesium reagerar med halvmetallerna och på så sätt bildas en legering, som är lättare än bly, och en dross som kan avlägsnas. Tekniken heter Betterton-Krollprocessen, jämför även Krollprocessen i avsnitt 7.10.

8. Källor

Nedan listas ett urval av källor som använts vid framtagande av denna vägledning. Viktiga källor som enskilda artiklar är listade i fotnoter medan nedanstående har använts för bakgrundskunskap och kontroll av fakta.

8.1 Teknikdokument framtagna inom EU

Teknikdokumentet för tillverkning av järn och stål:

<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/industriutslapp-ied/bat-slutsatser-for-industriutslappsverksamheter/tillverkning-av-jarn-och-stal/>

Teknikdokumentet för smideshammare och gjuterier:

<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/industriutslapp-ied/bat-slutsatser-for-industriutslappsverksamheter/smideshammare-och-gjuterier/>

Teknikdokumentet för tillverkning av icke-järnmetall:

<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/industriutslapp-ied/bat-slutsatser-for-industriutslappsverksamheter/icke-jarnmetallindustrin/>

8.2 Myndigheter och institut

Folkhälsomyndigheten, <https://www.folkhalsomyndigheten.se/>

Energimyndigheten, <https://www.energimyndigheten.se/>

Europeiska miljöbyrån, <https://www.eea.europa.eu/sv>

Institut für seltene erden und metalle AG, <https://en.institut-seltene-erden.de/>

Livsmedelsverket, <https://www.livsmedelsverket.se/>

Raw Materials Information System - RMIS, <https://rmis.jrc.ec.europa.eu/>

Sveriges geologiska undersökning - SGU, <https://www.sgu.se/>

US Geological Survey, <https://www.usgs.gov/>

8.3 Övriga källor

Britannica, <https://www.britannica.com/>

Engström, E. (1978). *Engelsk – Svensk Teknisk ordbok*. 13. Uppl. AB Svensk Trävarutidning.

Jernkontoret, <https://www.jernkontoret.se/>

Metallkompetens, <https://www.metallkompetens.se/>

Miljörapporter från svenska verksamhetsutövare.

Science Direct, <https://www.sciencedirect.com/>.

Springer, <https://rd.springer.com/>

Svensson, I. & Svensson, I. (2004). *Gjuteriteknisk handbok*. Gjuteriinformation i Jönköping AB.

BILAGA 1

1																	18															
1 H Väte 1,008	2																	2 He Helium 4,003														
3 Li Litium 6,94	4 Be Beryllium 9,01																	10 Ne Neon 20,18														
11 Na Natrium 22,99	12 Mg Magnesium 24,31																	18 Ar Argon 39,95														
19 K Kalium 39,1	20 Ca Kalcium 40,08	21 Sc Skandium 44,96	22 Ti Titan 47,87	23 V Vanadin 50,95	24 Cr Krom 52	25 Mn Mangan 54,94	26 Fe Järn 55,85	27 Co Kobolt 58,93	28 Ni Nickel 58,69	29 Cu Koppar 63,55	30 Zn Zink 65,41	31 Ga Gallium 69,72	32 Ge Germanium 72,64	33 As Arsenik 74,92	34 Se Selen 78,96	35 Br Brom 79,9	36 Kr Krypton 83,8															
37 Rb Rubidium 85,47	38 Sr Strontium 87,62	39 Y Yttrium 88,91	40 Zr Zirkonium 91,22	41 Nb Niob 92,91	42 Mo Molybden 95,94	43 Tc Teknetium	44 Ru Rutenium 101,07	45 Rh Rhodium 102,91	46 Pd Palladium 106,42	47 Ag Silver 107,87	48 Cd Kadmium 112,41	49 In Indium 114,82	50 Sn Tenn 118,71	51 Sb Antimon 121,76	52 Te Tellur 127,6	53 I Jod 126,9	54 Xe Xenon 131,29															
55 Cs Cesium 132,91	56 Ba Barium 137,33	57-71 Lantanoider	72 Hf Hafnium 178,49	73 Ta Tantal 180,95	74 W Volfram 183,84	75 Re Rhenium 186,21	76 Os Osmium 190,23	77 Ir Iridium 192,22	78 Pt Platina 195,08	79 Au Guld 196,97	80 Hg Kvikksilver 200,59	81 Tl Tallium 204,38	82 Pb Bly 207,2	83 Bi Vismut 208,98	84 Po Polonium	85 At Astat	86 Rn Radon															
87 Fr Francium	88 Ra Radium		89-103 Aktinoider	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Röntgenium	112 Cn Copernicium	113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moskovium	116 Lv Livermorium	117 Ts Tenness	118 Og Oganesson														
																		57 La Lantan 138,91	58 Ce Cerium 140,12	59 Pr Praseodym 140,91	60 Nd Neodym 144,27	61 Pm Prometium	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,96	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,93	66 Dy Dysprosium 162,5	67 Ho Holmium 164,93	68 Er Erbium 167,26	69 Tm Tulium 168,93	70 Yb Ytterbium 173,04	71 Lu Lutetium 174,97
																		89 Ac Aktinium	90 Th Torium 232,04	91 Pa Protaktinium 231,04	92 U Uran 238,03	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lw Lawrencium

Vägledning om reduktions- och smältugnar

I vägledningen finner du bl.a. information om miljöbalken ur ett metallproduktionsperspektiv, både reduktion av olika råvaror för produktion av metall och smältning av metall. Vägledningen innehåller vanliga provnings- och tillsynsfrågor i metallproduktion samt praxis som kopplar till dessa frågor.

Du hittar även matnyttig information om processer kopplade till ugnsdrift och olika typer av ugnar som används vid metallproduktion. Vidare redogörs även för ugnars typiska miljöpåverkan och hur denna kan hanteras i provning och tillsyn.

Vägledningen innehåller också teknisk information om ugnar samt begrepp som används av metallproducenter. Vägledningen vänder sig främst till tillsynsmyndigheter men bör i stor utsträckning även kunna användas av verksamhetsutövare, allmänheten och provningsmyndigheter.