

# Brancheindsats for jern- og metalstøberier

## **Delprojekt 1 - Organiske bindere og tilsætningsstoffer**

### **Fase 1.1: Indsamling og vurdering af eksisterende**

Rudolf Crepaz  
Teknologisk Institut, Materialeprøvning

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 OVERSIGT OVER DE VIGTIGSTE KERNEFREMSTILLINGSMETODER	11
2 TEKNISK VURDERING AF FORMFREMSTILLINGSMETODER, SAMT EN OVERSIGT OVER DEN ARBEJDSMILJØMÆSSIGE BELASTNING VED ANVENDELSE AF KOLDHÆRDENDE KEMISKE BINDEMIDLER	13
2.1 TEKNISK VURDERING AF FREMSTILLINGSMETODER, MED KOLDHÆRDENDE KEMISKE BINDEMIDLER	13
2.2 ARBEJDSMILJØMÆSSIG BELASTNING VED ANVENDELSE AF DE VÆSENTLIGSTE FORM- OG KERNE-FREMSTILLINGSMETODER	14
3 REFERATER FRA ARTIKLER I INTERNATIONALE FAGTIDSSKRIFTER	16
3.1 INDHOLDSOVERSIGT	16
3.1.1 <i>Driftserfaringer med det nye cold-box bindersystem</i>	17
3.1.2 <i>Ny cold-box-bindergeneration til letmetal-støbegods</i>	17
3.1.3 <i>Nyudviklet cold-box bindersystem (NRS-system)</i>	18
3.1.4 <i>Revolution i kernemageri</i>	18
3.1.5 <i>Muligheder for produktivitetforøgelse med polyurethan cold-box         systemet</i>	19
3.1.6 <i>Lugte i støberier</i>	20
3.1.7 <i>Kontrol af lugte</i>	23
3.1.8 <i>Innovativt uorganisk bindersystem</i>	25
3.1.9 <i>Binder med reduceret emission</i>	26
3.1.10 <i>Specialkerner med høj styrke til Al-trykstøbegods</i>	27
3.1.11 <i>Koldhærdende kemiske binderes indflydelse på godsoverfladen og         struktur af SG-jern</i>	27
3.1.12 <i>Form- og kernefremstilling med vandglas-CO<sub>2</sub> metoden gennem 50         år</i>	29
3.1.13 <i>Mikrobølgehærdning af vandglasbundet sand</i>	29
3.1.14 <i>Styring af andelen af det pyroliserbare kulstof i formsand</i>	31
3.1.15 <i>Undersøgelse af forskellige formsandsadditiver (kulme-styper) med         henblik på en reducere af miljøbelastning og vragpro-centen</i>	31
3.1.16 <i>Termisk udvidelse af formmaterialer med henblik på forhindring af         støbefejl</i>	34
3.1.17 <i>Gavn af et udviklingspartnerskab fra eksemplet "Videreudvikling af         Resol-CO<sub>2</sub>-metoden</i>	35
3.1.18 <i>Reducering af harpiks- og hærdforbrug gennem et         processtyringssystem for snegleblandere med syreforblanding</i>	36
3.1.19 <i>Reducering af lugtemission i støberiet ved anvendelse af organiske         bindere fra de nye generationer</i>	36
3.1.20 <i>Et nyt binder/syre koncept til formfremstilling med reduceret         svovludvikling under støbning og afkøling</i>	38
3.2 KONKLUSION	38

4	STØBERIBRANCHENS KONTAKT MED UØNSKEDE STOFFER, SOM ER NÆVNT I "LISTEN OVER UØNSKEDE STOFFER"	41
5	REFERENCER	43
	BILAG 1	45
	BILAG 2	57

# Forord

Nærværende rapport beskriver indhold og resultater i delprojekt 1 af hovedprojektet "*Brancheindsats for jern- og metalstøberibranchen*" under Miljøstyrelsens program for renere produkter. Brancheindsatsen består af 2 delprojekter. I denne rapport præsenteres Fase 1 af delprojekt 1.

Fase 1 omfatter indsamling af miljømæssige, kemiske og tekniske data for organiske form- og kernebindersystemer samt tilsætningsstoffer (formsandsadditiver). Via fagtidsskrifter og datablade. De indsamlede data er opdelt i følgende 4 punkter:

- Pkt. 1, indeholder en oversigt af de vigtigste kernefremstillingsmetoder. Informationerne vedr. koldhærdende kernefremstillingsmetoder gælder også formfremstilling med kemiske bindere
- Pkt. 2, omfatter en teknisk vurdering af de mest anvendte form- og kernefremstillingsmetoder, samt oversigt over de udvalgte metoders miljømæssige belastning
- Pkt. 3, består af kortfattede referater fra internationale tidsskrifter omkring udvikling, anvendelse og miljøpåvirkning af div. kemiske bindere og formsandsadditiver
- Pkt. 4, omhandler støberibranchens kontakt med uønskede stoffer, som er nævnt i "Listen over uønskede stoffer"

Projekterne er udført i perioden 2002-2004.

Hovedprojektet er udført af Danske Støberiers Brancheforeningen med Teknologisk Institut og Institutet for Produktudvikling som underleverandører på henholdsvis delprojekt 1 og delprojekt 2.



# Sammenfatning og konklusioner

## Baggrund og formål

Den danske støberbranche anvender primært importerede bindersystemer. Derfor har støberbranchen ikke den store indflydelse på udvikling af miljøvenlige kemiske bindersystemer til fremstilling af kerner og forme. Erfaringer og viden med anvendelse af div. bindersystemer leveres hovedsagelig via binderproducenternes produktinformationer. Samt rapporter fra videnskabelige universiteter og støberiinstituttet.

For at give støberbranchen og myndigheder et overblik over det internationale arbejde omkring udvikling af nye miljøvenlige bindersystemer, udarbejdes referater fra artikler i den internationale fagpresse.

### *Referater*

Referaterne koncentrerer sig dels om et kort uddrag og dels om en litteraturhenvisning. Artiklernes indhold fokuserer primært på kemiske bindersystemers miljømæssige egenskaber. Samt bindersystemers tekniske og produktionsmæssige egenskaber

## Hovedkonklusion

Den tekniske vurdering af de udvalgte formbindersystemer, viser at furan, phenol og alpha-set har gode tekniske egenskaber i forhold til vandglas. Miljømæssigt er vandglas en fordel. Det samme vurderingsresultat ses ved kernebindersystemer. Også her er organiske baserede bindersystemer bedre i forhold til vandglas. Og omvendt ved miljøforholdet.

De seneste års udvikling på miljøområdet har i stort omfang koncentreret sig dels om udvikling af mere miljøvenlige cold-box-binder og dels om udviklingen af bindersystemer på basis af alkalisk katalyserede fenolharpikser. I enkelte tilfælde har udviklingen også omfattet forbedringer af de tekniske egenskaber af vandglasbinder. Eller på udvikling af helt nye bindertyper på basis af protein og polyphosphat.

## Resultater

Bestræbelser på udvikling af mere miljøvenlige cold-box-binder viser at BTEX koncentrationen ved udslagning og i afkastkanalen er reduceret med hhv. ca. 50 og 30 % og en minimering af total C, begge steder med 50 %. Også på lugtemissionen er opnået væsentlige forbedringer, således er lugtemissionen faldet fra 70.000 til 15.000 GE/m<sup>3</sup>.

Hvad udviklingen af alkalisk katalyserede fenolbinder angår, er disse binderes miljømæssige fordel i forhold til cold-box, at der til afhærdning af binderen anvendes kuldioxid og til afhærdning af cold-box, amin. Det skal også bemærkes, at cold-boxbinderen indeholder isocyanat. Hvad styrke og produktionshastighed angår, er cold-box klart en fordel.

Bestræbelserne ved udvikling af nye kernebinder går primært på anvendelse af uorganisk materiale som kan afhærdes med CO<sub>2</sub>, varmluft eller ultralyd. Dermed falder emissionen ved kerneproduktionen bort, samtidig reduceres emissionen under støbning, afkøling og udslagning.



# Summary and conclusions

## Background and purpose

The Danish foundry industry uses primarily imported binder systems. Therefore the foundry industry has limited influence regarding environmentally compatible chemical binder systems in the production of cores and moulds. Experience and knowledge concerning application of various binder systems is mainly delivered through product information from binder manufactures, as well as through reports from scientific universities and foundry institutes.

In order to give the foundry industry and authorities a survey of international work concerning development of new environmentally compatible binder systems, summaries are elaborated from articles in the international technical press.

### *Summaries*

The summaries are based on a short extract and source references. The content of the articles primarily focuses on the chemical binder systems' environmental properties, as well as the binder systems' technical qualities and the quality of the production.

## Conclusion

The technical evaluation of the selected mould binder systems, shows that furan, phenol and alpha-set have good technical qualities compared to water glass. Water glass is a better choice environmentally. The same evaluation results are obtained for core binder systems. Organic based binder systems are better compared to water glass as well, they are, however, worse than water glass in terms of environmental aspects.

During recent years, the development in the environmental field has been centered partly on the development of more environmentally compatible cold-box-binders and partly on the development of binder systems based on alkyl phenolic resin. In a few cases this development has included improvements of the technical properties of water glass binders, or the development of new binder types based on protein and polyphosphate.

## Results

Efforts to develop a more environmentally compatible cold-box-binder show that the BTEX concentration at shake-out and the extraction system is reduced by approx. 50 % and 30 % respectively and a minimizing of total C, both by 50 %. Considerable improvements have been reached on odour emissions as well. The odour emission has been reduced from 70,000 to 15,000 GE/m<sup>3</sup>.

Regarding the development of alkaline catalyzed phenol binders, the environmental advantage of these binders compared to cold-box is that gas

emission is used for the hardening of the binder whereas for the hardening of cold-box, Amin is applied. In this connection it should be noted that the cold-box binder contains isocyanate. Regarding strength and production velocity, cold-box is definitely an advantage.

The efforts towards developing new core binders are primarily focused on enabling us to use inorganic material that can be hardened with CO<sub>2</sub>, hot air or ultrasound. Emissions at the core production will then drop, while at the same time the emissions are reduced during casting, cooling and shake-out.

# 1 Oversigt over de vigtigste kernefremstillingsmetoder

Oversigten er opdelt i figur 1.1 til 1.4, samt i skema 1.1 til 1.6. (se bilag 1)

Figur 1.1 (bilag 1), oversigt over de vigtigste kernefremstillingsmetoder.

Oversigten viser de vigtigste fremstillingsmetoder opdelt i:

- Gashærdende
- Koldhærdende\*
- Varmhærdende

\* Ved de koldhærdende fremstillingsmetoder er der i princippet tale om formfremstillingsmetoder. De beskrevne metoder anvendes hovedsagelig til fremstilling af store kerner.

Figur 1.2 til 1.4 (bilag 1), viser en detaljeret oversigt over følgende fremstillingsmetoder:

- Gashærdende
- Koldhærdende
- Varmhærdende

Af oversigterne fremgår ligeledes de anvendte bindersystemers afhærdningsmetoder.

Skema 1.1 til 1.3 (bilag 1), beskriver de vigtigste kernefremstillingsmetoders arbejdsmiljø-, miljø-, tekniske- og økonomiske aspekter. Samt niveauet af binder- og hærderforbrug og anvendelsesområdet.

Skema 1.4 til 1.6 (bilag 1), omhandler arbejdsmiljø-, miljø-, tekniske- og økonomiske forbedringsmuligheder ved optimering af:

- Katalysator/hærderforbrug
- Binderforbrug
- Optimering af procesudstyr, materialer og procesventilation



## 2 Teknisk vurdering af formfremstillingsmetoder, samt en oversigt over den arbejdsmiljømæssige belastning ved anvendelse af koldhærdende kemiske bindemidler

### 2.1 Teknisk vurdering af fremstillingsmetoder, med koldhærdende kemiske bindemidler

Den tekniske vurdering er baseret på 2 skemaer 2.1.1 og 2.1.2 og er opstillet i følgende hovedområder:

- Tekniske egenskaber
- Sandbetingede godsfejl
- Miljøforhold
- Opnåelig godskvalitet og fleksibilitet

Skema 2.1.1: Teknisk vurdering af koldhærdende kemiske formfremstillingsmetoder

Opførelse/egenskaber	Formfremstillingsmetoder			
	Furanharpiks	Phenolharpiks	Alpha-set	Vandglas-ester
<b>Tekniske egenskaber</b>				
Styrke	++	+	0	0
Bænktime	+	+	+	+
Afhærdningshastighed (produktionshastighed)	+	+	+	+
Klæbetilbøjelighed	0	0	++	+
Egnethed over for sandtype	0	0	+	0
Temperaturfølsomhed	0	0	+	+
<b>Sandbetingede godsfejl</b>				
Afrivningsstyrke	+	+	+	0
termisk stabilitet	++	+	++	++
Tendens til gasindeslut.	+	+	++	++
Kvælstofoptagelse	+	0	++	++
Svovloptagelse	+	+	++	++
Glanskulstofdannelse	+	+	++	++
Tendens til varmerevner	0	0	++	+
Tendens til bladriper	0+	0+	++	++
<b>Miljøforhold</b>				
Røgdudvikling	+	+	++	++
Termisk nedbrydning	+	+	+	0
Regenereringsegnethed	++	+	+0	0
Harmonerer m. vådsand	++	++	+0	0
Deponeringsforhold	0+	0	+	++
Vandopløselig	+	+	++	++
Opnåelig godskvalitet	++	+	++	+
Fleksibilitet	+	+	+	+0

0 = lav (dårlig), + middel, ++ godt

Skema 2.1.2: Teknisk vurdering af gashærdende kernefremstillingsmetoder

Egenskaber/opførelse	Kernefremstillingsmetoder				
	Cold-box	Beta-set	Vandgl. CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> -metoder	RESOL-CO <sub>2</sub>
Tekniske egenskaber					
Styrke	++	+	0+	+	+
Bænktime	+	++	++	++	+
Afhærdningshastighed (produktionshastighed)	++	+	0	+	+
Klæbetilbøjelighed	+	++	+	+	++
Egnethed over for div. sandtyper	+	+	++	+	+
Temperaturfølsomhed	+	++	+	0	+
Kernebetingede godsfejl					
Afrivningsstyrke	++	+	0	+	+
Termisk stabilitet	+	++	++		++
Tendens til gasindslutninger	0	++	++	++	++
Kvælstofoptagelse	0	++	++	++	
Glanskulstofdannelse	0	++	++	+	++
Tendens til varmerevner	+	++	+	+	++
Tendens til bladriper	+	++	++		++
Miljøforhold					
Røgudvikling	0	+	++	0+	+
Termisk nedbrydning	+	++	0	+	+
Regenereringsegnethed	++	0+	0		+
Harmonerer m. vådsand	++	0+	0		0+
Vandopløselig	0	++	++	0	++
Opnåelig godskvalitet	++	++	+	+	++

0 = lav (dårlig), + middel, ++ godt

## 2.2 Arbejdsmiljømæssig belastning ved anvendelse af de væsentligste form- og kernefremstillingsmetoder

Den arbejdsmiljømæssige belastning fremgår af skemaer 2.2.1 til 2.2.3 (bilag 2), og fokuserer på udvikling af div. stoffer og gasser afhængig af produktionsprocesserne.

Af skemaerne fremgår den sandsynlige udvikling af miljøbelastende stoffer ved de mest anvendte bindersystemer til form- og kernefremstilling. Udviklingen af miljøbelastende stoffer er opdelt på de enkelte delprocesser i støbegodsproduktionen.



## 3 Referater fra artikler i internationale fagtidsskrifter

Punkt 3 omfatter referaterne og en litteraturhenvielse af de refererede artikler. Referaterne fokuserer primært på de miljø- og driftsmæssige aspekter på følgende områder:

- Udvikling på binderområdet
- Driftsmæssige erfaringer omkring optimerede bindersystemer
- Nye bindersystemer
- Koldhærdende bindersystemers indflydelse på godskvaliteten
- Formsandtypernes termiske udvidelse med henblik på forhindring af støbefejl
- Mikrobølgehærdning af vandglasbundet sand
- Kontrol og begrænsning af lugtgener
- Miljøbelastning ved anvendelse af formsandsadditiver

### 3.1 Indholdsoversigt

- 3.1.1 Driftserfaringer med det nye cold-box bindersystem
- 3.1.2 Ny cold-box bindergeneration til letmetal-støbegods
- 3.1.3 Nyudviklet cold-box bindersystem (NRS system)
- 3.1.4 Revolution i kernemageri, Eshamine-Plus- og Ecolotec-CO<sub>2</sub> kernefremstillingsmetoder
- 3.1.5 Muligheder for produktivitetforøgelse med polyurethan cold-box systemet
- 3.1.6 Lugte i støberier
- 3.1.7 Kontrol af lugte
- 3.1.8 Innovativt uorganisk bindersystem
- 3.1.9 Binder med reduceret emission
- 3.1.10 Specialkerner med høj styrke til Al-trykstøbegods
- 3.1.11 Koldhærdende kemiske binders indflydelse på godsoverfladen og struktur af SG støbejern
- 3.1.12 Form- og kernefremstilling med vandglas-CO<sub>2</sub> metoden gennem 50 år
- 3.1.13 Mikrobølgehærdning af vandglasbundet sand
- 3.1.14 Styring af andelen af det pyroliserbare kulstof i formsand
- 3.1.15 Undersøgelse af forskellige formsandsadditiver med henblik på en reduktion af miljøbelastning og vrageprocenten
- 3.1.16 Termisk udvidelse af formmaterialer med henblik på forhindring af støbefejl
- 3.1.17 Gavn af et udviklingspartnerskab fra eksemplet "Videreudvikling af Resol-CO<sub>2</sub>-metoden  
Reducering af harpiks- og hærderforbrug gennem et processtyringssystem for snegleblandere med syreforblending  
Reducering af lugtemission i støberiet ved anvendelse af organiske bindere fra de nye generationer  
Et nyt binder/syre koncept til formfremstilling med reduceret svovludvikling under støbning og afkøling



## 3.2 Konklusion

### 3.1.1 Driftserfaringer med det nye cold-box bindersystem

Marek, T.: Betriebserfahrung mit Cold-Box-Systemen der neuen Generation. CIATF Technical Forum 99.

I 1996 kom de første cold-box bindere på markedet, hvor harpiksen ikke var opløst i aromatiske kulbrinter som benzen, toluen og xylen, men i planteolieestere som fx rapsolie.

Den nye binder udmærkede sig med følgende:

- Lav klæbetendens
- Reducering af harpiks aflejring i kernekasser
- Reducering af katalysatorforbrug (op til 20%)
- Øget produktivitet
- Mindskning af godsfejl i form af rottehaler og erosion
- Øget målenøjagtighed

Ved den nye binder af 1. generation konstateredes dog en forøget røgudvikling efter støbning, afkøling og især ved udslagning. Røgudviklingen skyldtes fedtsyreestere af typen C16 og C18.

Gennem en yderligere udvikling er det lykkedes at reducere røgproblemet en del ved den nye binder af 2. generation. Et tilsvarende niveau som ved den gamle binder er dog ikke opnået. Målinger af gasudvikling i laboratorium samt af emission ved udslagning og i afkastkanalen i et Al-støberi viser en betydelig forskel i benzen-, toluen-, xylen-, phenol- og total C koncentration.

Stoffer	Koncentration i mg/m <sup>3</sup>				Reduktion i %	
	Ny binder		Gl. binder		Udslagning	Afk. kanal
	Udslagning	Afk. kanal	Udslagning	Afk. kanal		
Benzen	0,05	0,07	0,08	0,10	44	30
Toluen	0,05	0,06	0,12	0,08	58	25
Xylen	0,04	0,05	0,09	0,09	56	41
Phenol	14,60	6,57	14,85	7,20	2	9
Total C	29,50	18,50	61,00	37,00	52	50

Skemaet ovenfor viser benzen-, toluen-, xylen-, phenol- og total C emission ved udslagning og i afkastkanalen.

Målinger af gasudvikling på laboratorietest i kvælstofatmosfære ved 300-500-700 og 900°C viser ligeledes en betydelig reduktion af de ovenfor nævnte stoffer. BTX-andelen reduceres med 30 % og phenol-andelen afhængig af testtemperaturen mellem 25 og 60 %.

### 3.1.2 Ny cold-box-bindergeneration til letmetal-støbegods

Weicker, G.: Neue Cold-Box-Generation für Leichtmetallguss. Giesserei-Erfahrungsaustausch 44 (2000), Nr. 11, S. 531-536

Undersøgelsen af en ny serie cold-box-binder ECOcure®-SYSTEM fra Ashland til letmetalstøbegods viser følgende forbedringer i forhold til ISOCURE-SYSTEM:

- Forhøjelse af begyndelsesstyrke med 30 til 45%
- Mindre fugtfølsom, dvs. efter lagring ved høj luftfugtighed (98%), samt ved vandsværtning
- Reduceret klæbetendens, dvs. rensningsintervallet af kernekassen er fordoblet
- Og udvikling af BTX under støbning og afkøling er reduceret. Således er benzenudvikling reduceret med mellem 15 og 30%

### 3.1.3 Nyudviklet cold-box bindersystem (NRS-system)

Ashland Chemical Company

Hendershot, G., Werner, A.: Eine neue Cold-Box-Technologie. CIATF Technical Forum 99

Rapporten beskriver et nyudviklet cold-box-system (NRS-system), som adskiller sig i forhold til den traditionelle cold-box-metode på følgende områder:

- Reduceret fordampning af opløsningsmidler ved blanding og lagring
- Mindre gas- og røgudvikling ved støbning, afkøling og udslagning
- Reduceret klæbetendens
- Sandet klumper (hærder) ikke i bænktiden, dette betyder mindre rengøring og ingen lukning af skudhullet
- Mindre tilbøjelighed til bladripper
- Forbedret termisk nedbrydelighed

Binder- og katalysatorforbruget ligger på samme niveau som ved det traditionelle cold-box-system. Dog kræver metoden en højere aminkoncentration ved noget kortere gasningstid. Metoden kræver en mindre modificering af produktionsudstyret.

### 3.1.4 Revolution i kernemageri

Stötz, R., Genzler, C.: Revolution in der Kernmacherei. Giesserei-Praxis (1999), Nr. 12, s. 536-568

Eshamine-Plus-Kernefremstillingsmetode

Metoden er baseret på cold-box bindersystemet og katalyseret med TMA (Tri-Methylamin). TMA er det mest reaktive af de teritære aminer og forefindes i gasfasen ved en temperatur over +3°C.

Som metodens fordele i forhold til den traditionelle cold-box metode nævnes følgende:

- Reduktion af begasningstid på 70-80 %
- Reduktion af skyllelufttid på 50-60 %
- Lavere aminforbrug
- Halveret amin-emission ved lagring af kerner

- Mindre fugtfølsomme kerner

Aminene leveres i trykflasker. Dette betragtes som en fordel i forhold til leverings-embalagen for fx TEA og DMEA. Ulempen ved TMA er bl.a. en kraftig aminlugt, og der kræves ændringer af begasningssystemet.

Ecolotec-CO<sub>2</sub> kernefremstillingsmetode

Ved Ecolotec metoden er der tale om en alkalisk phenol-resolharpiks i vandig opløsning. Binderen har en pH-værdi på 14, og afhænder ved begasning med CO<sub>2</sub>, forårsaget gennem en forskydning af pH-værdien.

Da der er tale om en reaktion mellem en binder i flydende tilstand og en gas, afhænger reaktionshastigheden af temperaturen og trykforholdet i kernekassen.

For opnåelse af acceptable styrker anbefales, at der anvendes et 3-sigtet sand med en middeldkornstørrelse på ca. 60 AFS (ca. 0,25 mm). For at opnå optimale styrker ved et minimum af CO<sub>2</sub>, bør en lav gashastighed ved lavt tryk i kernekassen tilstræbes.

Hvad de tekniske egenskaber angår, bør det nævnes, at flydeevnen af Ecolotec sandet er noget lavere i forhold til cold-box sandet. Klæbetendensen er dog lavere. Ecolotec-kerner har betydeligt lavere bøjebudstyrke end cold-box kerner. Således ligger bøjebudstyrken efter 1 h afhængig af kornstørrelsen mellem ca. 120 til 240 N/cm<sup>2</sup>. Til gengæld dannes ingen bladriper i Ecolotec-kerner. Ved tilgang af større mængder Ecolotec-kerner til bontonit-bundet sand opstår muligheden for overaktivering.

Da skyllelufttiden bortfalder ved Ecolotec-metoden i forhold til cold-box metoden, er produktionshastigheden på niveau med Eshamine-metoden.

Hvad de miljømæssige forhold angår, har Ecolotec-metoden en klar fordel i sammenligning med cold-box- og beta-set-metoden. I forhold til cold-box metoden bortfalder håndtering af et miljøbelastende bindersystem samt et kostbart filtreringssystem for amingassen. Og i forhold til beta-set bortfalder begasning med methylformiat.

### 3.1.5 Muligheder for produktivitetsforøgelse med polyurethan cold-box systemet

Shrey, A., Wolf, G.: Wege zur Produktivitätssteigerung im Polyurethan-Cold-Box-Verfahren durch eine verbesserte Begasung. Giesserei 88 2001, Nr. 6, s. 51-56.

Forfatterne nævner, at på trods af betydelige forbedringer af bindersystemet og katalyseringsteknikken, er katalysatorforbruget for stort. Det for store katalysatorforbrug medfører dels længere begasnings- og skyllelufttid, og dels et stort lugtproblem.

For at øge produktionstakten, anbefales at sætte ind over for begasnings- og skylletid. I 1969 var forbruget af amin på ca. 1 g/kg kerne; i dag er forbruget reduceret til 0,19-0,25 g amin pr. kg kerne.

Med faldende katalysatorforbrug reduceres begasnings- og skylletiden. Dette skyldes bl.a. udviklingen af mere reaktive bindere, bedre begasningsteknik og udstyr. For at opnå en effektiv afhærdning med et minimum af aminforbrug med den kortest mulige begasnings- og skylletid, må følgende betingelser være opfyldt:

- Tæt og isoleret rørsystem samt tætte ternekasser
- Høj temperatur af amingassen, forgasningstemperaturen bør ligge på ca. 90°C
- Optimering af gastrykket (lavt tryk reducerer aminforbruget men øger ikke begasningstid)

Tilstræbelse af en konstant sandtemperatur på 20°C. Ved denne temperatur har sandet den bedste flydeegenskab og reaktionsevne

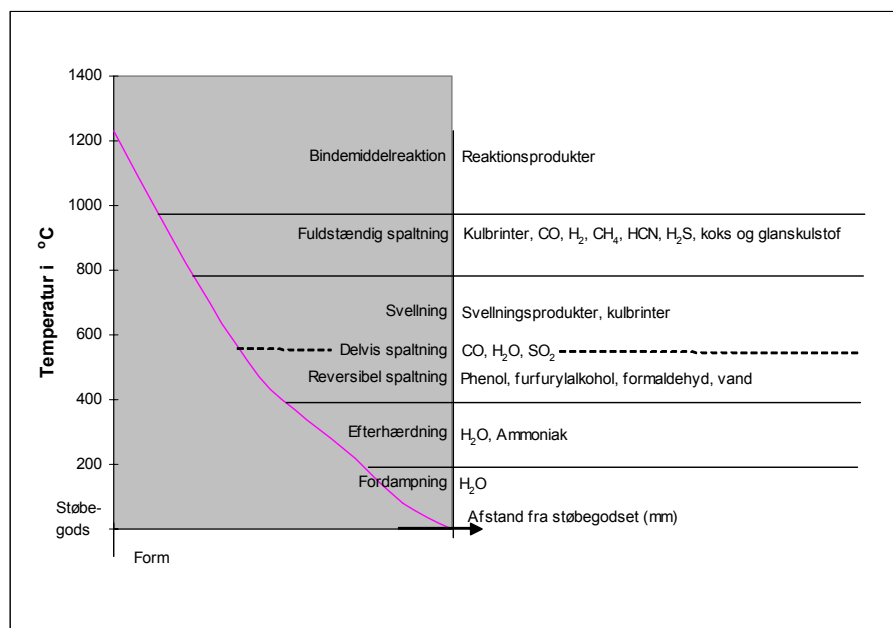
### 3.1.6 Lugte i støberier

Helber, J.H., Wolf, G.: Giessereigerüche - eine Bestandsaufnahme. Teil 1. Geruchsemission aus Eisengiessereien. Giesserei 87 (2000), Nr. 9, S. 46-53. Teil 2. Geruchsemissionen aus organischen Formbestandteilen. Giesserei, 88 (2001), Nr. 6, S. 86-94

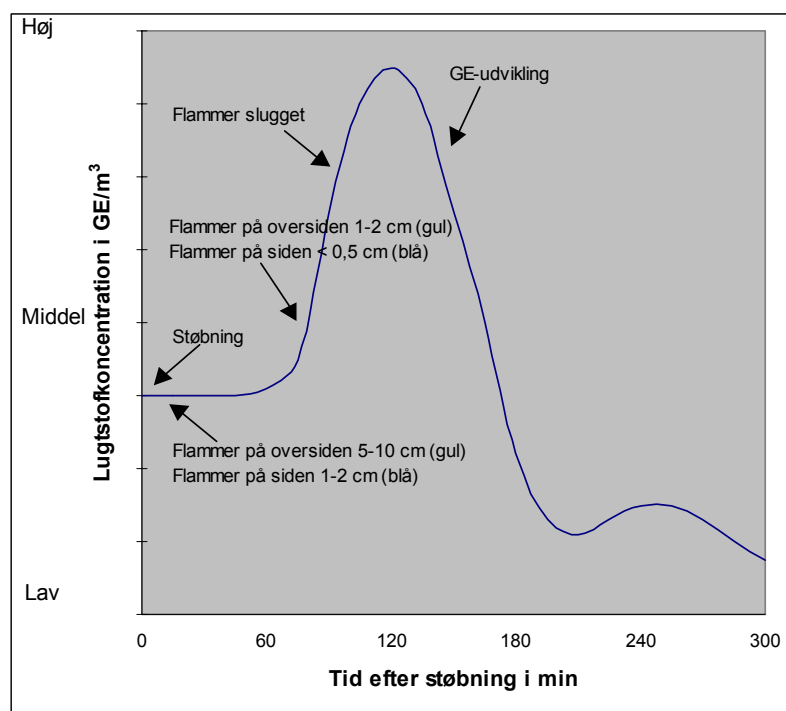
#### *Del 1 (Nuværende forhold)*

Del 1 indeholder indledningsvis det lovmæssige grundlag omkring emissioner samt beskrivelsen af eksisterende målemetoder, standarder og vejledninger.

Lugtemissionen målt fra støberier viser, at processer som smeltning, støbning/afkøling/udslagning samt sandopberedning bidrager med den største lugtemission. Deraf er støbning/afkøling/udslagning det mest belastende produktionsafsnit. Figuren nedenfor viser, hvilke spaltningssystemer, der frigøres ved termisk belastning af organiske bindersystemer.



Målingerne af lugtemission udført ved forme med en sandvægt på 87 kg og en støbegodsvægt på 10 kg. Ved undersøgelsen blev der gjort følgende observationer, se figur nedenfor.



Et tilsvarende forløb kunne observeres ved et emne med 40 t godsvægt, dog er udviklingsforløbet tidsforskudt. Således nås den maksimale lugtemission først efter 8 timer, og efter 24 timer er emissionen til 80% afsluttet.

### *Del 2 (Lugtemission fra organiske formdele)*

Del 2 koncentrerer sig dels om afprøvning af et forsøgsudstyr til frembringelse af emission med div. bindersystemer samt et udstyr til kontinuerlig måling af emissionsbelastende stoffer. Samtidig gennemføres en lugttest med testpersoner. Resultaterne fra udstyrmålingerne sammenlignes med resultaterne fra persontesten. Sammenligningen af testresultaterne havde til formål at finde ud af, om det ved hjælp af et analyseudstyr er muligt at identificere de mest lugtbelastende stoffer, som udvikles under støbe- og afkøleprocessen.

De første resultater af forsøget er optimistiske, og det kan forventes, at analyseudstyret kan udvikles til at identificere en betydelig andel af lugtbelastende stoffer i pyrolysegassen og samtidig også oplyse om stoffets miljømæssige karakter.

De første tests er udført med følgende bindersystemer:

- Cold-box
- Hot-box
- Skalsand
- Furanbinder
- Resol-CO<sub>2</sub>-binder

Den gaschromatografiske analyse viste, at hvert af de ovenfor nævnte bindersystemer nedbrydes til mellem 40 og 140 detekterbare pyrolysespaltnings-

produkter. I alt identificeredes ved de analyserede bindersystemer 330  
pyrolyse-produkter.

Undersøgelsen viste, at visse stoffer altid er til stede, når organisk materiale opvarmes under reducerende atmosfære, her er bl.a. tale om:

- Benzen
- Toluen
- Xylen
- CO

samt en del binderspecifikke stoffer.

Efterfølgende skema viser en sammenstilling af de vigtigste repræsentanter af de nævnte 330 pyrolyseprodukter, tilordnet til 4 forskellige bindersystemer.

Undersøgelsen viste, at lugtemissionen fra Resol-CO<sub>2</sub> binder er betydeligt større i sammenligning med fx skalsand-, cold-box-, hot-box- og bentonitbundet formsand.

Dannes / fra	Bindersystemer			
	Hot-box	Cold-box	Skalsand	Furan/PTS
Trialkylamin	-	DMEA	TMA	-
Alkener og Diener	Hepten-iso Octen Dodecen	Hexen Hexadien Hepten-iso	Dodecen	1,3-Butadien
Alkylbenzener	Ethylbenzen Xylol-isomer	Tetramethylbenzol er Dimethyl- propylbenzen	Ethylbenzen Xylol-isomer  Mesitylen	Ethylbenzen Xylol-isomer Ethy-2- methylbenzen Mesitylen
Aromatiske nitriler	-	-	Benzonitril	-
Isophoran	-	+	-	(+)
Phenol og Alkyl-phenol	Phenol		Phenol O-Kresol	Phenol O-Kresol
Cumaroner	Methylcumaron= on-isomer		Cumaron	Cymaron Methylcumaron- isomer
Indener	Inden 2,3-Eihydro-5- methy-1-H- inden 1-Methyl-1-H- inden	2,3-Dihydro-5- methyl-1-H-inden	1-Methyl-1-H- inden	Inden Dimethylinden  1-Methyl-1-H- inden
Azulen Naphtalen Methylnaphtalen	Naphtalen (Azulen)			Naphtalen Methylnaphtalen (Axulen)
Styren Alkylstyren				Styren

### 3.1.7 Kontrol af lugte

McNerlin, C.J., Bushby, A.D. Foundry Odor Control.  
Trans.Amer.Foundrym.Soc. 105 (1997), Paper 97-130, S. 199-204

De fleste ubehagelige lugte i støberier stammer fra form- og kernebindemidler samt fra div. additiver. Lugtene opstår under fremstilling samt ved støbning, afkøling og udslagning.

Støberibranchens udvælgelseskriterier for bindere er følgende:

- Høj produktionshastighed
- Lav pris
- Opfyldelse af de tekniske krav, hvad angår styrker, overfladekvalitet, udslagnings- og regenereringsegenskaber
- Reducerede emissionsbelastninger

De ovenfor nævnte betingelser kan til en stor del opfyldes af de organiske bindere med undtagelse af lugt- og gasemissioner. Her har de uorganiske bindere en betydelig fordel.

For at reducere lugtgener har støberibranchen haft mulighed for at anvende følgende metoder:

- Forbrænding
- Skrubning
- Absorption
- Biologisk rensning

De nævnte metoder har alle et til fælles, og dette er omkostningerne. Det gælder især forbrændingsmetoden. Ud over de ovenfor nævnte metoder findes også neutralisationsmetoden.

Denne metode baserer på at bringe de lugtdannende forbindelser i kontakt med modificerede æteriske olier. I de senere år udvikledes æteriske olier, som er i stand til at binde et bredt område af lugtintensive kemikalier. Disse olieblandinger er:

- Vandopløselige med en pH-værdi på 6
- Olier skal ikke faremærkes, og er ugiftige for mennesker og dyr

Ved fremstillingsprocesserne stammer lugtemission hovedsagelig af følgende stoffer:

- Aminer (cold-box)
- Ammoniak (skalsand)
- SO<sub>2</sub> (SO<sub>2</sub>-metoden)
- Methylformiat (beta-set)
- Formaldehyd (hot box/skalsand)

Og ved støbning, afkøling og udslagning er årsagen til lugtemissionen følgende stoffer:

- Phenoler
- Ammoniak
- Svovldioxid
- Aromatiske kulbrinter

Samt evt. en blanding af aromatiske og alifatisk kulbrinter

Undersøgelser har vist, at æteriske olier indeholder svage organiske syrer, som reagerer hurtigt med basiske stoffer som aminer under dannelse af organiske salte.



Æteriske olier indeholder ligeledes carbonyler, som reagerer med SO<sub>2</sub>. Reaktionsproduktet er ikke beskrevet.

For at opnå den maximale neutraliseringseffekt skal de æteriske olier indblandes i afkastluften i en finforstøvet tilstand. Forbruget af æterisk olie er afhængigt af forureningens art og koncentration.

Svovldioxidkoncentration i ppm	
Før tilblanding	Efter tilblanding af æterisk olie
10,2	3,2
4,2	1,8
2,5	1,2
1,2	0,4

Skemaet ovenfor viser SO<sub>2</sub>-koncentrationen før og efter tilblanding af 0,1 kg/h æterisk olie, i afkastluften.

Forbrug af æterisk olie og fortynding	Aminkoncentration i ppm	
	Før	Efter
0,1 kg/h 20:1	6,5	1,1
0,15 kg/h 20:1	6,5	<0,01
0,15 kg/h 20:1	24,6	7,8
0,15 kg/h 20:1	445	66,6

Skema ovenfor viser Amin-koncentrationen i afkastluften afhængig af olieforbruget.

### 3.1.8 Innovativt uorganisk bindersystem

Hänsel, H.: Ein anorganisches Bindersystem der innovativen Art.

Teil 1. Das Verfahren und dessen Einsatz in der VW-Gießerei Hannover unter Seerienbedingungen

*Del 1 (Metodens anvendelse hos VW i Hannover)*

Pga. stigende krav fra miljølovgivning er støberiindustrien tvunget til at anvende miljøvenlige bindersystemer. Dette førte til, at 3 virksomheder i fællesskab udviklede et nyt uorganisk bindersystem med betegnelse "Hydrobond".

Bindersystemet består af et vandopløseligt uorganisk stof "Polyphosphat", og kerner fjernes fra godset ved hjælp af vand. Kernerne skydes i konventionelle kerneskydere og afhærdes ved hjælp af 80°C varm trykluft. Bindertilsætning er ca. 1,5 vægt %.

Rapporten nævner følgende fordele ved den aktuelle hydrobondmetode i fremstillings- og støbe/afkølingsfasen:

- Anvendelse af konventionelle kerneskydere
- Lave investeringsomkostninger
- Simpelt begasningsudstyr
- Anvendelse af trykluft til begasning
- Uorganisk bindersystem
- Gode flydeegenskaber

- Lavt binderforbrug
- Vand som opløsningsmiddel
- Lang bænktid
- Acceptabelt styrkeniveau
- Kræver ingen procesudsugning
- Kræver ingen aminvasker
- Meget lav emission ved fremstilling og støbning
- Forme med kerner kan afstøbes umiddelbart efter fremstilling
- Gode udslagningsegenskaber

Kerneegenskaber afhængig af bindertilsætning

Bindertilsætning/egenskaber	Sandtype, Frechen F32 Middelkornst.: 0,24 mm, spredning: ca. 3 sigter			
Bindertilsætning, %	1,35	1,50	1,65	1,75
Slipegenskab	ok	ok	ok	ok
Bøjebrudstyrke, N/cm <sup>2</sup> efter fremst. og 4 h	220/280	220/270	270/330	280/320
Kernebrud	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen
Støbning	Ok	Ok	Ok	Ok
Udvaskningsegenskaber	Godt	Godt	Godt	Godt
Sandvedhæftning	Nej	Nej	Nej	Nej

### 3.1.9 Binder med reduceret emission

Estman, J.: Sand Binder Reduces Emission, Cuts Energy Costs. Modern casting  
Proteinbaseret miljøvenligt bindersystem

Proteinbindersystemet er udvundet fra naturlige materialer, som er ugiftige og miljøvenlige. Binderen består af en blanding af varierende polypeptide molekyler og lange kæder af aminosyrer. Binderen er tilsat en lille mængde Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for at fremme den termiske nedbrydning af binderen, som begynder ved 450°C.

Binderen er i pulverformet tilstand, kan ikke antændes, er ikke reaktiv og ufarlig ved indtagelse. En lille andel konserveringsmiddel garanterer en acceptabel bænktid af kernesandet.

Afbinding af kernesandet foregår ved tørring. Der foregår ingen kemisk reaktion. De under hærdeprocessen dannede biopolymerer i kernen har en krystallinsk struktur. Binding nedbrydes igen ved tilsætning af vand, dvs. binderen (kernen) er fuldt opløselig i vand.

Blandeprocessen foregår ved at tilsætte en vandig binderopløsning til det opvarmede sand, og blandingen fortsættes, til alt vand er fordampet. Flydeevnen af det coatede sand er den samme som ved nysandet.

For kernefremstillingen homogeniseres det coatede kolde sand med vand. Derefter kan sandet skydes i kernekassen og afhærdes med varm luft. GM og Teksid fremstiller kerner til et knærør støbt i en Al-legering med en godstykkelse på 3-4 mm. Den lave termiske påvirkning kan give problemer ved udslagning (udkerning). I dette tilfælde kan udkerning fremskyndes med trykluft eller højtryksspuling med vand.

Varmluftforbrug er ca. 2% (vægt), taktiden er ca. 60 s, og bindertilsætning ved kvartssand er 1 vægt%.

Binderen reagerer ved kontakt med aldehydkomponenter og gasser. Derfor bør binderen og coatet sand ikke komme i kontakt med aldehydkomponenter. Ligeledes bør alt udstyr være fri for formaldehyd forureninger.

Hvis kerner under lagring kommer i kontakt med vand, falder styrken. Styrken kan dog genetableres gennem en fornyet tørring. Til sværtning kan anvendes vand- og alkoholsværter.

### 3.1.10 Specialkerner med høj styrke til Al-trykstøbegods

Hochfeste Spezialkerne für Al-Druckguss schonen die Umwelt und sind wirtschaftlich. Giesserei-Erfahrungsaustausch 44 (2000), Nr. 3, S. 150-151

Tidsskrifter refererer om udvikling af en ny kernefremstillingsmetode, som især egner sig til tryk- og kokillestøbning. Metoden er miljøvenlig, idet der anvendes alm. kogesalt som binder, og blandingen afhærdes ved hjælp af varme.

Fremstillingsmetoden (Maxicore) udmærker sig bl.a. med følgende:

- Ingen hærderforbrug
- Ingen gasemission (ved fremstilling, støbning af afkøling)
- Ingen behov for sværtning ved Al-støbegods
- Egner sig til alle støbemetoder
- Intet affald, formmaterialet kan genanvendes
- Særdeles god overflade og målenøjagtighed
- Kernerne kan udskylles med vand

Tidsskriftet nævner ikke, om metoden er egnet til alle sandtyper, og om der kræves et specielt produktionsudstyr.

### 3.1.11 Koldhærdende kemiske binderes indflydelse på godsoverfladen og struktur af SG-jern

Tinebra, J., Wilson, S.J.: No Bake Chemical Binder Systems. AFS Transactions 101 (1993), Paper 93-107

Overfladeanalysen af tynd- og tykvægget SG-jernstøbegods støbt i kemisk bundet sand viser følgende resultater, se skema nedenfor.

Binder-system	Vandandelen i binderen, %	C-andelen i binderen, %	Penetration		Gasudvikling tykvægget emne
			Tyndvægget	Tykvægget	
Vandglas	28		Kraftigst	Kraftigst	Størst
Alpha-set	33	33	Næst-kraftigst	Næst-kraftigst	Næst-størst
Furan	14	62	Middel	Middel	Middel
Pep-set		71	Næst-lavest	Næst-lavest	Lavest
Alkyd-olie		79	Lavest	Lavest	Næst-lavest

Årsagen til den kraftige penetration tilskrives den høje vandandel i binderen. Vandet spaltes til ilt og brint, og ilten virker stærkt oxiderende på jernoverfladen.

Hvad godsstrukturen angår, viser undersøgelsen, at emnerne støbt i alpha-set og furansand havde tilbøjelighed til grafitdannelse i randzonen. Analyseresultaterne fremgår af nedenstående skema.

Binder-systemer	Antal kugler pr. mm <sup>2</sup>		Andel kugler, %		Kuglernes størrelsesford.				Ferritandel, %		Grafitform i overpart, underpart, tykvægget
	Tynd	Tyk	Tynd	Tyk	Tynd %	Størrelse	Tyk %	Størrelse	Tynd	Tyk	
Vandglas	150	100	80	80	20 55 25	6 8 8	20 55 25	6 7 8	85	70	Vermicular kugler
Alpha-set	250	51	70	70	10 30 60	6 7 8	10 30 60	6 7 8	80	80	Flager næsten lameller
Furan	250	50	70	70	10 35 55	6 7 8	10 35 55	6 7 8	80	75	Flager Flager
Pep-set	100	85	70	70	30 40 30	6 7 8	30 40 30	6 7 8	90	75	Kugler Kugler
Alkyd-olie	250	90	70	70	20 50 30	6 7 8	20 50 30	6 7 8	80	80	Kugler Kugler

Analysen viser, at kugleantallet i tyndvægget støbegods er betydeligt højere i forhold til tykvægget støbegods. Dette kan tilskrives den hurtigere afkøling. Ved de tykvæggede emner ses en misdannelse af grafitten i randzonen ved bindersystemerne med den største vandandel. Årsagen til misdannelsen skyldes sandsynligvis tilstedeværelsen af ilt. Derved kommer det til en oxidation af Mg til MgO. Når der ikke længere er et Mg-overskud i jernet til binding af svovlet, dannes flagegrafit.

### 3.1.12 Form- og kernefremstilling med vandglas-CO<sub>2</sub> metoden gennem 50 år

Über 50 Jahre Form- und Kernefertigung mit dem Wasserglas-CO<sub>2</sub>-Verfahren. Giesserei-Erfahrungsaustausch 44 (2000), Nr. 2, S. 79-83

I artiklen beskrives vandglas-CO<sub>2</sub>-metodens udvikling gennem de sidste 50 år. Samtidig beskrives andre kernefremstillingsmetoder, som afhærdes med CO<sub>2</sub>. Det nævnes, at vandglas-CO<sub>2</sub> metoden samt de øvrige metoder, hvad produktions-hastigheden og produktionsomkostningerne angår, ikke kan konkurrere med cold-box-metoden. En relativ sammenligning af binderomkostninger til fremstilling af 100 kg kernesand ved de 4 mest anvendte gashærdende kernefremstillingsmetoder fremgår af skemaet nedenfor.

	Cold-box	Vandgl.-CO <sub>2</sub>	Beta-set	Resol-CO <sub>2</sub>
Binder/hærdere katalysatorforbrug	0,8% del I 0,8% del II +DMEA	3,5-4,0% vandgl. 3,0-5,0% CO <sub>2</sub> med/uden additiv	1,4-1,8% binder Ca. 40% methylfor.	2,8% carbophen 1,4% CO <sub>2</sub>
Omkostninger	100%	Op til 110%	Op til 125%	Op til 120%

### 3.1.13 Mikrobølgehærdning af vandglasbundet sand

Polzin, H., Flemming, E.: Untersuchung zur Mikrowellenverfestigung von wasserglasgebundenen Giessereiformstoffen. Giesserei-Praxis (1999), Nr. 12, S. 569-580 und (2000), Nr. 2, S. 58-71

*Del 1: Forsøgsresultater, opnåelige teknologiske egenskaber og praktiske støbeforsøg*

Dårlig udslagningssegenskab, lav udgangsstyrke samt begrænset lagerholdbarhed er de væsentligste årsager til den ringe anvendelse af vandglasmetoden. Den aktuelle rapport beskæftiger sig primært med anvendelse af mikrobølge-teknik til afhærdning af vandglassand.

I rapporten undersøges styrkeudvikling i vandglasbundet sand i afhængighed af vandglastype, afhærdningsmetoden og modulet. Det samme gælder for lagerholdbarheden og udslagningssegenskaber.

Sammenholdes bøjebudstyrken efter en hærkning med mikrobølger,  $\text{CO}_2$ , samt ved en kombination af de to nævnte metoder og ovnhærkning, viser resultaterne, at ved mikrobølgehærkning af et vandglasbundet sand med 3% vandglas, opnås en bøjebudstyrke på  $450 \text{ N/cm}^2$ . Til sammenligning er bøjebudstyrken ved hærkning med  $\text{CO}_2$  max.  $150 \text{ N/mm}^2$ , og ved en kombinationshærkning opnås værdier på ca.  $250 \text{ N/mm}^2$ .

Ved ovntørring i 2 h ved  $100^\circ\text{C}$  opnås det samme styrkeniveau som ved mikrobølgemetoden.

Hvad lagerholdbarheden angår, opnås de bedste resultater ved ovntørring. Måleresultaterne viser, at en lagring af kerner ved en relativ luftfugtighed på 70 %, i 6 dage, ingen indflydelse havde på bøjebudstyrken. Ved en lagring ved en relativ luftfugtighed på 90% viser de  $\text{CO}_2$  og ovnhærdede prøver ingen styrkereduktion af betydning. De mikrobølgehærdede prøvers bøjebudstyrke faldt fra  $450$  til  $150 \text{ N/cm}^2$ . Styrken kunne dog genetableres ved en fornyet mikrobølgebehandling.

Hvad udslagningssegenskaber angår, målt som trykstyrke efter opvarmning af emnerne fra  $0$  til  $1000^\circ\text{C}$ , viser, at de mikrobølge- og ovnhærdede prøvers styrker reduceres fra ca.  $1100$  til ca.  $10 \text{ N/cm}^2$ . Ved opvarmning til  $500^\circ\text{C}$  er reststyrken ved de to nævnte afhærdningsmetoder ca.  $50 \text{ N/cm}^2$ . Reststyrken ved de  $\text{CO}_2$ -hærdede prøver er ved  $500^\circ\text{C}$  ca.  $70 \text{ N/cm}^2$ , og ved  $1000^\circ\text{C}$  ca.  $50 \text{ N/cm}^2$ .

Efter forsøgsstøbninger af luftkølede bremseskiver i GG-25, med mikrobølgehærdede kerner, kunne konkluderes, at udslagningsproblemet endnu ikke er helt ude af verden. Dog anses det for muligt ved en optimering af bindertilsætning og udvikling af en mikrobølgeegnet vandglastype at komme problemet til livs. Det anses for realistisk at reducere vandglastilsætning til 2%, og i visse tilfælde endnu lavere.

### *Del 2: Tiltag til forklaring af binderens struktur i forbindelse med mikrobølgehærkningsprocessen*

Ved hjælp af følgende analysemetoder forsøgte at undersøge ændringerne i strukturbilledet i kernesandet under mikrobølgehærkning:

- Scanning elektron mikroskop
- Differential termoanalyse (DTA) Termogravimetri (TG)
- Si-NMR spektroskopi
- Ultralyd

Optagelser med scanning elektronmikroskopet viser, at binderbroerne ved tørringsprocesserne er jævnt fordelt og homogene. Ved  $\text{CO}_2$ -hærkning viser binderbroerne karbonatindlejring. Disse er ansvarlige for kernernes lave styrker.

DTA-analysen viser, at der ved tørringsprocessen (ovnhærdning) ikke dannes karbonater i binderbroerne.

Ved hjælp af Si-NMR-spektroskopi konstateredes, at umodificerede bindere (uden organiske additiver) havde en gunstigere forkondensationsgrad. Dette medførte højere styrker, hvis modulet var mindre end 3,0.

Ultralydsanalyser viste, at lyd hastigheden gennem prøveemnerne er afhængig af hærde metoden, og at lyd hastigheden står i forbindelse med den målte styrke.

### **3.1.14 Styring af andelen af det pyroliserbare kulstof i formsand**

Brümmer, G.: Nachweis und Steuerung des Gehalts an pyrolysierbaren Kohlenstoffverbindungen im bentonitgebundenen Formstoff. Giesserei-Praxis (2002), Nr. 5, S. 172-180

De seneste undersøgelser af de anvendte analysemetoder til bestemmelse af glanskulstofandelen i bentonitbundet sand er yderst upålidelige. Dette skyldes dels, at de enkelte analysemetoder påvirkes af faktorer, som ikke bidrager til glanskulstofdannelsen. Og dels påvirkes analysemetoderne (resultaterne) af sandvedligeholdelses-programmet, ny- og kernesandtilgang samt jern/sandforholdet.

Undersøgelserne har vist, at dødbrænding af bentonit og kulmel står i forhold 1:1,4. Derfor anbefales det at anvende et kombinationsprodukt, dvs. en blanding af bentonit og kulmel (org. additiver).

Anvendelsen af et kombinationsprodukt har bl.a. følgende miljø- og økonomiske fordele:

- Lav selvantændelsesrisiko
- Lav risiko for støvekspllosion
- Mindre farefuld transport
- Enklere dosering
- Færre udgifter til lagring og doseringsudstyr
- Enklere sandstyring

### **3.1.15 Undersøgelse af forskellige formsandsadditiver (kulme-styper) med henblik på en reducere af miljøbelastning og vragprocenten**

Formstoffzusätze i Beurteilung, Betriebs- und Emissionsverhalten. Österreichisches Giesserei Institut, ÖGI - A Nr. 32.303/2, Dez. 1992.

Rapporten koncentrerer sig på undersøgelse af 10 additivfabrikater fordelt på 3 materialegrupper så som:

- Naturlig stenkulstøv (gruppe I, 4 fabrikater)
- Modificeret stenkulstøv og (gruppe II, 4 fabrikater)
- Blandede additiver som fx Geko-Carsin (gruppe III, 2 fabrikater)

Til de miljømæssige undersøgelser og overfladebedømmelse anvendes en standardsandblanding med 8,5 % aktiv bentonit, 3 % additiv ved en fortætningsgrad på 38 %.

Jern/sandforhold 1:6, støbetemperatur 1.400°C, støbt materiale, GG. Testen gennemføres over 10 cyklusser.

Til bedømmelse af den miljømæssige belastning placeres de afstøbte forme under en hætte tilsluttet en konstant udsugning. Af udsugningsluften udtages kontinuerlig gasprøver, som analyseres for:

- Total organisk kulstof (TOC)
- CO
- PAH'er
- Benzen

Emission af TOC afhængig af additivtype, antal cykler og tiden efter afstøbning.

Additiv	Antal cykler	TOC i g/kg formsand tid efter afstøbning						
		5 min.	10 min.	20 min.	30 min.	40 min.	50 min.	60 min.
1 naturlig kulstøv	0	0,511	0,829	1,038	1,137	1,181	1,229	1,241
	5	0,313	0,513	0,659	0,734	0,778	0,810	0,826
	10	0,238	0,416	0,527	0,593	0,632	0,660	0,682
2 modificeret kulstøv	0	0,273	0,444	0,535	0,577	0,604	0,625	0,641
	5	0,257	0,485	0,608	0,662	0,698	0,724	0,738
	10	0,175	0,317	0,392	0,432	0,460	0,476	0,492
3 blandingsadditiv	0	0,064	0,123	0,184	0,215	0,237	0,252	0,265
	5	0,024	0,043	0,063	-	-	-	-
	10	0,029	0,042	0,060	0,068	0,072	0,077	0,079

PAH-emission i ug/kg formsand afhængig af additivtype 60 min. efter afstøbning.

PAH'er	Additivtyper								
	1 cyklusser			2 cyklusser			3 cyklusser		
	0	5	10	0	5	10	0	5	10
Fluoranten	5,62	4,25	7,54	34,11	26,32	29,27	<0,01	22,95	1,65
Benzo[b]fluoranthren	1,47	1,16	0,20	3,93	11,29	4,91	0,57	2,22	1,40
Benzo[k]fluoranthren	0,09	0,06	0,22	2,23	4,35	2,03	0,68	0,52	0,01
Benzo[a]pyren	0,45	0,04	0,14	1,86	9,59	2,60	0,46	1,37	0,06
Indeno[1,2,3-cd]pyren	<0,01	<0,01	0,01	2,11	2,18	0,39	0,81	<0,01	<0,01
Benzo[g,h,i]perylene	0,16	0,06	0,08	0,76	1,15	1,98	<0,01	1,74	<0,01
Anthanthren	<0,01	<0,01	<0,01	0,10	0,34	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenz[a,h]anthracen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Triphenylen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

CO-emission, afhængig af additivtype, antal cykler og tiden efter afstøbning.

Additiv	Antal cykler	CO-koncentration i mg/kg formsand tid efter afstøbning						
		5 min.	10 min.	20 min.	30 min.	40 min.	50 min.	60 min.
1 naturlig kulstøv	0	3838	5842	6369	6479	6534	6578	6611
	5	3602	5659	6215	6367	6421	6448	6464
	10	4331	6754	7403	7597	7680	7741	7786
2 modificeret kulstøv	0	2945	4715	5148	5255	5297	5324	5345
	5	4331	7186	7808	7969	8032	8072	8105
	10	3110	4931	5323	5407	5434	5444	5450
3 blandingsad	0	196	296	342	360	371	382	391
	5	204	299	339	354	361	367	370



ditiv	10	328	439	502	521	534	541	545
-------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Benzenkoncentration i mg/kg formsand 60 min. efter afstøbning afhængig af antal cykler.

Additivtype	Antal cyklusser		
	0	5	10
Naturlig kulstøv	5,77	2,32	0,50
Modificeret kulstøv	2,83	2,06	0,05
Blandingsadditiv	-	1,32	1,17

### Konklusion

Undersøgelsen viser bl.a., at emissionen af de 3 analyserede stofgrupper varierer en del. Således er emissionen af total TOC størst ved anvendelse af naturlig kulmel. Det samme gælder ved CO- og benzenemissionen. PAH-emissionen er størst ved det modificerede additiv.

Emissionen af total organisk kulstof aftager med stigende cyklustal ved samtlige additiver. Den samme tendens kan observeres ved benzen og PAH'ere. Ved CO øges emissionen i takt med antallet af cyklusser.

### 3.1.16 Termisk udvidelse af formmaterialer med henblik på forhindring af støbefejl

Recknag, U., Tilch, W.: Untersuchung zum Ausdehnungsverhalten von Formstoffen mit Hinblick auf Vermeidung typischer Gussfehler, Teil 1 u. 2. Giesserei-Praxis (2000), Nr. 8 u. 9, S. 337-344 u. 378-384

#### Del 1

Årsagen til godsfejl som bladribber, klatter, rottehaler og varmerevner påvirkes bl.a. af de anvendte basismaterialer (sand) kvarts, zirkon, kromit m.m.

For at begrænse eller undgå de ovenfor nævnte fejl har støberibranchen i årevis hovedsagelig anvendt kromit og zirkon. Disse basismaterialer har dog en betydeligt større vægtfylde end kvarts. Dette betyder, at kernevægten øges til næsten det dobbelte.

Basismaterialer som Andalusit, Chamotte - en blanding af kvarts og feldspat - samt det keramiske materiale Cerabeads har en vægtfylde, som ligger tæt på kvartsens. Den lineare udvidelseskoefficient og udvidelsesforløbet ligger dog på niveauet af kromit- og zirkonsandet.

Af de efterfølgende skemaer fremgår de nævnte sandtypers udvidelseskoefficient, mineralogisk og kemisk sammensætning.

#### Længdeudvidelse

Basismateriale (sandtyper)	Linear længdeudvidelseskoefficient i temperaturinterval		
	20-300°C $10^{-6}K^{-1}$	20-600°C $10^{-6}K^{-1}$	20-800°C $10^{-6}K^{-1}$
Kvarts	14	23	17
Kvarts-feldspat	8,1	13,7	11,5
Kromit	7,1	7,5	7,5
Zirkon	3,4	4,1	4,5
Andalusit	5,3	6,5	7,0
Chamotte	4,9	4,8	4,7
Cerabeads	3,5	4,0	4,3

## Mineralogisk sammensætning

	Mineralogisk sammensætning i %								
	Kvarts	Feldspat	Andalusit	Mullit	Korund	Christobalit	Glasfase	Kromit	Zirkon
Kvarts	100	60							
Kvarts-feldspat		40							
Kromit								100	
Zirkon									100
Andalusit			100						
Chamotte				50		25	25		
Cerabeads				84	2		14		

## Kemisk sammensætning

	Kemisk sammensætning i %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	ZrO <sub>2</sub>	Alkalier
Kvarts	99,8	0,2							
Kvarts-feldspat	81	10	1	1					5
Kromit		17	25	1		45	12		
Zirkon	33	0,3	0,2		0,3			66	
Andalusit	38	60	0,5						
Chamotte	54	41	1,5	1	1				1
Cerabeads	37	61	1		0,5				0,5

## Fysikalske data

Fysikalske data	Basismaterialer (sandtyper)						
	Kvarts	Kvarts-feldspat	Kromit	Zirkon	Andalusit	Chamotte	Cerabeads
Vægtfylde, g/cm <sup>3</sup>	2,65	2,61	4,5	4,5	3,1	2,4	2,9
Beg. sintring, °C	1550	1150	1800	1200	-	1200	-
Smeltetemp., °C	1750	-	1850	1885	1850	1750	1825
Kornstørrelsesinterval, mm	0,1-0,4	0,1-0,4	0,2-0,3	0,1-0,2	0,2-0,3	0,2-0,3	Op til 0,4

## Del 2

Anvendelse af fx kvarts-feldspat, cerabead, andalusit og chamotte-sand til fremstilling af forme og kerner i skalsand kan være økonomisk, teknisk og miljømæssigt fordelagtigt, selvom prisen for basismaterialerne er højere. Anvendelsen begrundes med mindre vrage og mere målenøjagtigt støbegods i forhold til forme og kerner fremstillet i kvartssand. Samtidig holdes vægten af forme og kerner på en betydeligt lavere vægt end ved anvendelsen af rent kromit- og zirkonsand.

Ved fremstilling af kerner med cold-box binder kan det ligeledes være fordelagtigt at anvende kvarts-feldspat- eller andalusit, idet tilsætning af additiver som fx jernoxid eller træmel kan undgås.

Undersøgelsen viser ligeledes, at godsfejl forårsaget af formmaterialets termiske udvidelse kan minimeres ved anvendelse af mekanisk regenereret furanbundet sand. Især ved anvendelse til kernefremstilling med cold-box binder. Den termiske udvidelse bliver i mindre grad påvirket af bindertypen, og kun ved skalsand har bindermængden en reducerende effekt af bladribber.

### 3.1.17 Gavn af et udviklingspartnerskab fra eksemplet "Videreudvikling af Resol-CO<sub>2</sub>-metoden"

Genzler, C., Helber, J., Schrey, A.: Nutzen von Entwicklungspartnerschaften am Beispiel der Weiterentwicklung des Resol-CO<sub>2</sub>-Verfahrens. Deutscher Giessereitag 2002.

Et af målene i videreudviklingen var bl.a. en undersøgelse af Resol-CO<sub>2</sub> kerneresters indflydelse på bentonitbundet formsand. Undersøgelsen viste, at termisk ubelastet kernesand har en betydelig negativ indflydelse på formsandets vådrækstyrke, når kernetilgang er større end 10%. Termisk belastet kernesand har en begrænset negativ indvirkning på vådrækstyrken. Årsagen til den negative indflydelse skyldes vandopløselige kaliumrester fra kernebinderen. Kalium har en desaktiverende virkning på betonitten. Undersøgelsen viser ligeledes, at formsand desaktiveret med kalium, ikke kan reaktiveres med soda eller forlænget blandetid.

### **3.1.18 Reducering af harpiks- og hærderforbrug gennem et processtyringssystem for snegleblandere med syreforblanding**

Durrans, N., Nielsen K.: Reduzierung des Harz- und Härterverbrauchs durch ein Prozeßsteuersystem für Durchlaufmischer mit Säurevormischung. Giesserei 89 (2002), Nr. 9, S. 104-106.

Et processtyringssystem til furanprocessen, som på basis af sand- og lufttemperaturen samt en forgiven afhærdningstid styrer binder- og hærderdoseringen. Styringsystemet optimerer binder/hærdertilsetningen efter de registrerede temperaturforhold og kan derfor spare op til 13% binder og 18% hærder.

Med det reducerede binder- og hærderforbrug opnås en tydelig forbedring af miljøet (gasudvikling og lugtgener) især SO<sub>2</sub> udvikling. Samtidig betyder et reduceret binder/hærderforbrug også en økonomisk fordel. Tilbagebetalingstiden for styringssystemet er på baggrund af de foreliggende forsøgsdata beregnet til et år.

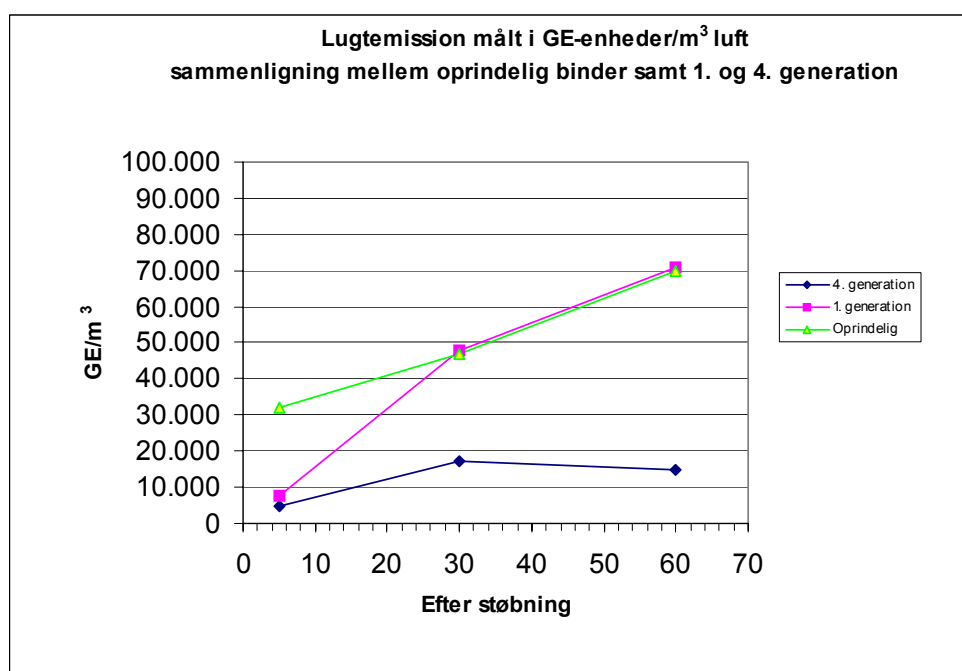
### **3.1.19 Reducering af lugtemission i støberiet ved anvendelse af organiske bindere fra de nye generationer**

Serghini, A.: Reduzierung der Geruchemission in der Giesserei durch Einsatz neuer Generationen von organischen Bindemitteln. Giesserei - Erfahrungsaustausch 2002, Nr. 6, S. 265-272.

Til dato har støberibranchens krav til bindemidlerne primært fokuseret på de tekniske egenskaber, produktionshastighed og prisen. Miljømæssige egenskaber havde kun en sekundær interesse. Dog er de stigende miljøkrav, og de miljømæssige egenskaber rykket mere i søgelyset.

Således har fx. cold-box bindersystemet gennemløbet et produktudviklingsprogram med det formål at tilbyde støberibranchen en mindre miljøbelastende binder uden forringelse af de tekniske egenskaber. Udviklingen har primært fokuseret på at anvende mindre miljøbelastende opløsningsmidler end de oprindelige anvendte aromatiske kulbrinter.

Udviklingen er nu nået til den 4. generation cold-box binder. Ved 1. generation udskiftedes de aromatiske kulbrinter med rapsolieestere. Dermed reduceredes kulbrinteemission under kernefremstillingsprocessen samt ved støbning og under afkøling. Med rapsolieestere opnåedes dog ikke den forventede effekt omkring lugtemission og røgudviklingen forværredes (se



figur 1).

Figur 1. Lugtemissionen målt i GE-enheder/m<sup>3</sup> luft.

For at komme røgudviklingen fra 1. generationsbinderen til livs, fokuseredes ved udviklingen af 2. bindergeneration på anvendelsen af fedtstyremethylestere som opløsningsmiddel. Anvendelsen af fedtstyremethylestere resulterede dog i en forøget kondensatdannelse, og røgudviklingen var stadig et problem, især for kokillestøberier. Kondensataflejring kunne især konstateres i formværktøjernes køliger områder, og var forbundet med en forøget rensindsats. Ved den 3. generation koncentreredes udviklingen på en reducere af det frie phenol i harpiksdelen (binderdelen). Målet med denne udvikling var en forbedring af affaldssandets deponeringsegenskaber samt en reducere af emissionen.

Målet ved udvikling af 4. generationsbinder var, at reducere lugtemission, røgudvikling og kondensatdannelsen under støbning og afkøling. For at opnå dette mål anvendtes ethylsilikat som opløsningsmiddel. Målingerne efter 6 måneders driftsmæssig anvendelse i et stort jernstøberi viser en reducere af lugtemissionen på 76 %, se figur 1.

Ved anvendelsen af 4. generationsbinderen i et alkokillestøberi viste målingerne en reducere af benzen-, toluen-, ethylbenzen og xylenudvikling på hhv. 75, 67, 67 og 75 % i forhold til cold-box binder med aromatiske kulbrinter som opløsningsmiddel.

Undersøgelsen viste ligeledes at evt. tilsatte additiver havde en betydelig indflydelse på lugtemissionen. Således kunne et uheldigt valgt additiv reducere den positive virkning af 4. generationsbinderen.

### **3.1.20 Et nyt binder/syre koncept til formfremstilling med reduceret svovludvikling under støbning og afkøling**

Gieniec, A., Weicker, G.: Neues Binder-Säure-Konzept für die Formherstellung zur Reduzierung der Schwefelabgabe während des Gießerei-Erfahrungsaustausch 2001, Nr. 11, S. 487-489.

Syrehærdede furanbindere er et af de mest anvendte bindersystemer til formfremstilling. Metodens miljømæssige og tekniske ulemper skyldes bl.a. svovlen i den anvendte PTS-syre. Svovlen er derfor ansvarlig for SO<sub>2</sub> udviklingen under støbe- og afkølingsprocessen. Ligeledes kan svovlen være årsag til grafitmisdannelse i godsets randzone ved SG-jern.

Udviklingen af en hurtig reagerende furanbinder "Askuran RS" samt en svovlfattig hærder "Härder RS" førte til en betydelig lavere svovlandel i det regenererede sand. Således reduceredes svovlandelen 0,13 % til 0,08 %. Dette betyder en reduktion af SO<sub>2</sub> udviklingen på ca. 40 %.

## **3.2 Konklusion**

Artiklerne i de internationale fagtidsskrifter viser, at udviklingen på binderområdet i de seneste år hovedsageligt har koncentreret sig på to fronter:

- Forbedring af bindeevnen (styrkeegenskaber)
- Forøgelse af produktionshastigheden
- Forbedring af bænktiden
- Binder, som egner sig til vandsværtning
- Optimering af procesudstyr
- Forbedring af kernernes transport og lageregenskaber
- Udvikling af regenereringsegne bindere

Denne udvikling havde udover den tekniske- og økonomiske-, også en miljømæssig effekt. Den kontinuerlige forbedring af binderkvaliteten (bindeevnen) resulterede i et reduceret binderforbrug, som udover den økonomiske fordel, også havde en betydelig indflydelse på arbejdsmiljøet samt det eksterne miljø. Udviklingen betyder en lavere gasudvikling og mindre lugtgener samt en større genanvendelsesgrad af det brugte form- og kernesand og følgelig mindre belastning af affaldsdepoterne. Udviklingen af vandsværtningsegne bindere har yderligere forbedret arbejdsmiljøet, idet dampe og gasser fra spritsværten undgås.

På den anden front koncentrerede udviklingen sig hovedsagelig på nye miljøvenlige bindersystemer. Først og fremmest ved at fjerne de organiske opløsningsmidler i cold-box bindere og erstatte opløsningsmidler (kulbrinter) med mindre miljøbelastende stoffer. Som fx ethylsilikat. Samtidig udvikledes nogle helt nye bindertyper uden organiske opløsningsmidler. Dvs. opløsningsmidlerne erstattes med vand.

Med udskiftning af opløsningsmidlerne i cold-box bindersystemet opnåedes en mærkbart forbedring af arbejdsmiljøet. Dvs. fordampning af kulbrinter,

især under fremstillingsprocessen. Samtidig er det også lykkedes at reducere dannelsen af kulbrintegasser under støbning, afkøling og udslagning.

Udviklingen af de nye bindere af resoltypen har betydet, at fremstillingsprocessen er uden lugtgener og kulbrintedampe findes ikke ved kernefremstilling. Også dannelsen af kulbrintegasser under støbning, afkøling og udslagning er betydelig reduceret. På to punkter har udviklingen endnu ikke nået målet. Dette gælder for styrken og lugtmissionen under støbe-, afkøle- og udslagningsprocessen. Dette kan muligvis hænge sammen med resolbindernes lave bindeevne. Derfor skal der tilsættes ca. 40 % mere binder i forhold til cold-box binderen.





## 4 Støberibranchens kontakt med uønskede stoffer, som er nævnt i "Listen over uønskede stoffer"

Orientering nr. 9. 2000, fra Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer nævner navne på 68 enkeltstoffer og stofgrupper af organiske og uorganisk art, som vurderes at have en negativ effekt på miljø og helbred. Nogle af de i listen nævnte stoffer indgår i støberibranchens anvendte bindemidler, additiver og slipmidler m.m. Der kan nævnes følgende stoffer:

- Isocyanat (diphenylmethan-4,4-diisocyanat)
- Phenol
- Formaldehyd
- Solventnaphta tung aromatisk

### *Udvælgelseskriterie*

Måden stofferne er udvalgt på er beskrevet uddybende i rapporten:

"Kriterier for udvælgelsen af uønskede stoffer"  
Arbejdsrapport nr. 71, dec. 1996, samt i rapporten "Effektlisten 2000",  
(Orientering nr. 6, 2000)

Et vigtigt udvælgelseskriterium har været udbredelsen/forbruget i Danmark. Som udgangspunkt findes de mest problematiske stoffer i Danmark på "*Effektlisten 2000*". På denne liste findes i alt 1.404 stoffer, og stofferne er klassificeret for effekter som:

- Høj akut og/eller kronisk giftighed
- Kræftfremkaldende
- Skadelig for arveanlæg
- Skadelig for forplantningsevne
- Allergifremkaldende
- Miljøfarlig

En begrænsning af antallet af stoffer kan foretages ved prioritering af stofferne efter forbrug på det danske marked. Her har Miljøstyrelsen valgt 100 t grænsen. Dette betyder dog ikke, at et mindre forbrug er uden problemer.

Udover den systematiske udvælgelse i forbindelse med "Effektlisten", er der også foretaget en supplerende udvælgelse af bl.a. stoffer der er problematiske i havmiljøet, i affaldsbortskaffelsen og i grundvandet.

At et stof står på listen er generelt ikke et udtryk for, at Miljøstyrelsen har besluttet at indstille dette til forbud. Listen skal bl.a. ses som en vejledning til producenter, produktudviklere, indkøbere og andre om, at brugen på længere sigt bør reduceres eller stoppes.

I forhold til listen over uønskede stoffer fra 1998, er der fjernet 2 stoffer, som er særdeles velkendt i støberibranchen. Her er der tale om:

- Benzen
- PAH

Fjernelse af benzen begrundes med, at salget af kemiske stoffer eller produkter, der indeholder benzen i koncentrationer på 0,1% eller derover er forbudt. En undersøgelse af kemikalieinspektion viste, at produkter, der kunne indeholde urenheder i form af benzen, havde et benzenindhold langt under den tilladte koncentration.

Fjernelse af PAH begrundes med, at PAH i langt de fleste tilfælde indgår som en urenhed i olieafledte stoffer. Med andre ord, at PAH ikke tilsættes til produkter, men kun kan forekomme i disse som urenheder.

#### *Stoffer udviklet under produktionsprocesser i støberier*

De, på listen, nævnte stoffer kan dog også dannes især under støbning og afkøling af forme bundet med kemiske bindere eller indeholdende organiske additiver som fx kulmel. Stofferne kan dannes som pyrolyseprodukter, uanset om disse har været til stede som en bestanddel i bindere eller additiver eller ikke har været til stede.

Tilstedeværelsen af stoffer som fx:

- Phenol
- Formaldehyd
- Benzen
- PAH'er
- Mesitylen

bekræftes ved talrige miljømålinger på støberier.

Det skal bemærkes, at listen over uønskede stoffer kun har betydning for produkter og stoffer, som indkøbes og anvendes i produktion og ikke for stoffer opstået under produktionsprocesser.

## 5 Referencer

Crepaz, R. (2002) Fastlæggelse af organiske binders og tilsætningsstofferne miljømæssige fingeraftryk. Delrapport 1.2, delprojekt 1 af projekt Brancheindsats for Jern- og Metalindustrier for Miljøstyrelsen, Teknologisk Institut, Taastrup.

Crepaz, E (1995) Overskudssand for danske støberier. Teknologisk Institut, Taastrup, for Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1/1996.

Lemkow, J. Green sand without organic additives for the production of iron castings. Go-APIC. EU-Growth Programme, Project no. GRD1-1999-10669.

Sagmeister, H. (1992). Formstoffzusätze: Beurteilung, Betriebs- und Emissionsverhalten, Teil 2. österreichisches Giesserei Institut, Projekt nr. ÖGI-A nr. 32.302/2.

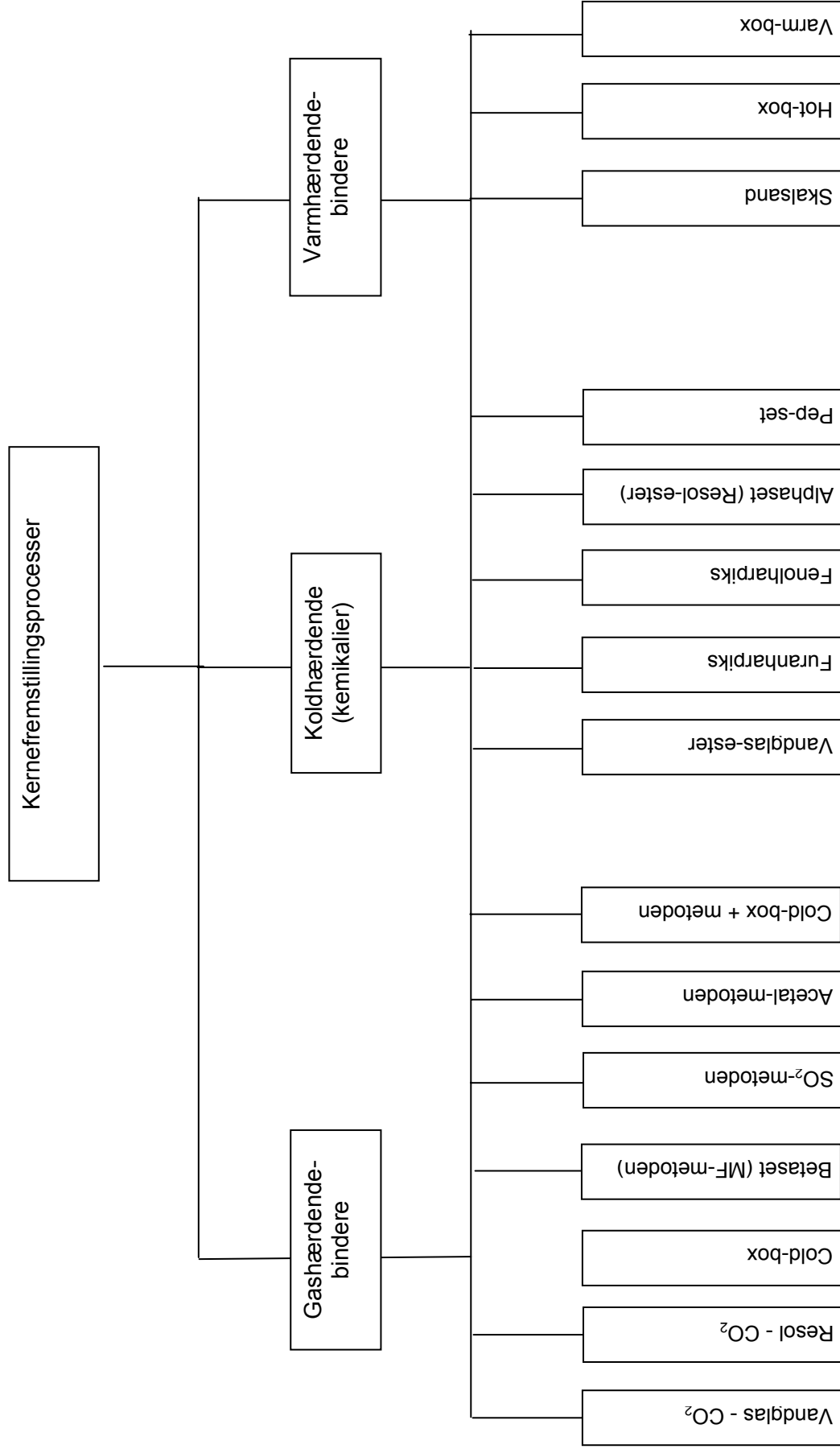
Schrey, A., Harman, D. Emissionsprognose von Giessgasen. Giesserei 91 06/2004.

Gregersen, J. (2004). Miljøvurderingsværktøj til jern- og metalstøberier, fase 2.1. til 2.4. DTU, Lyngby, for Miljøstyrelsen.

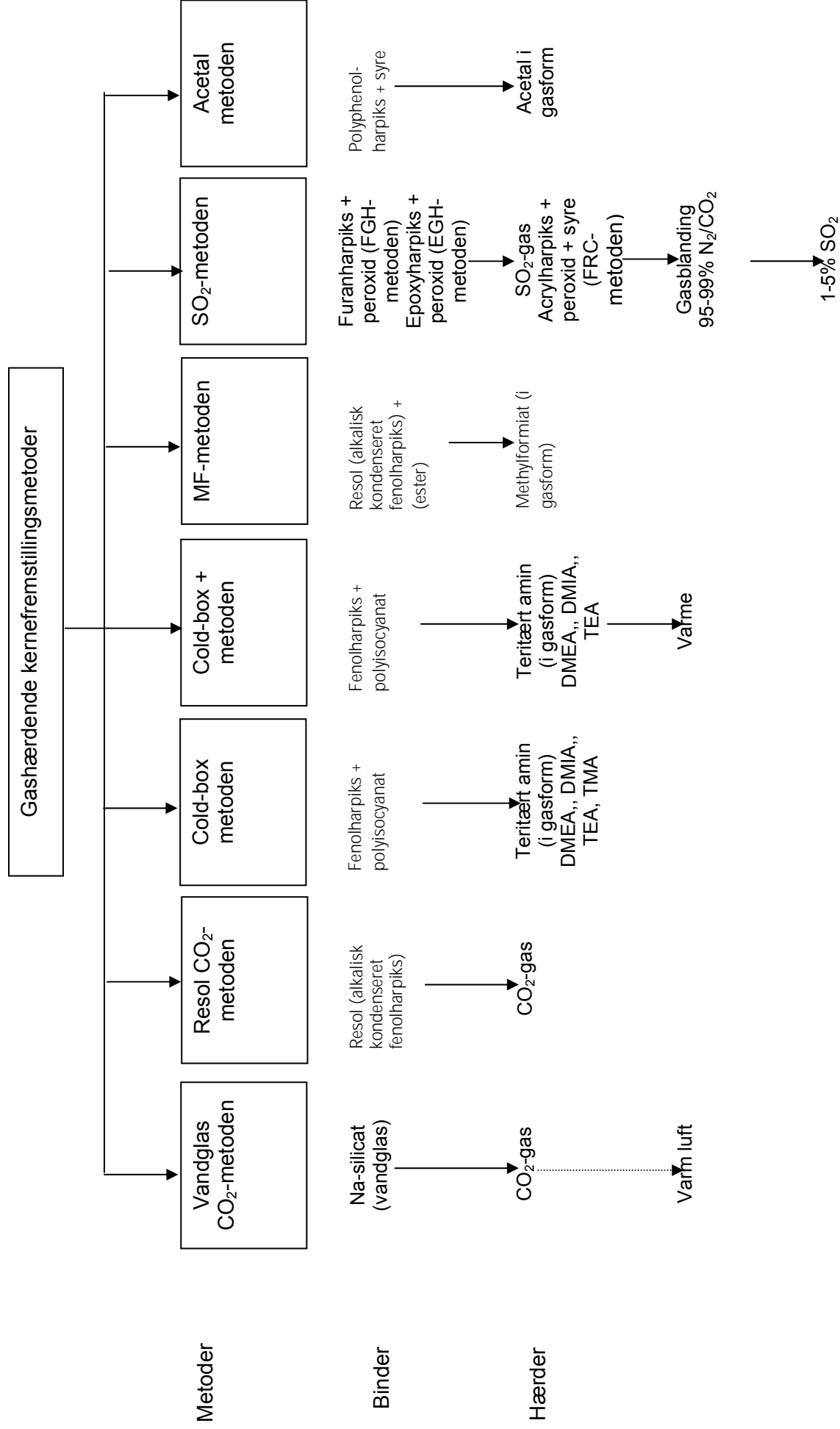




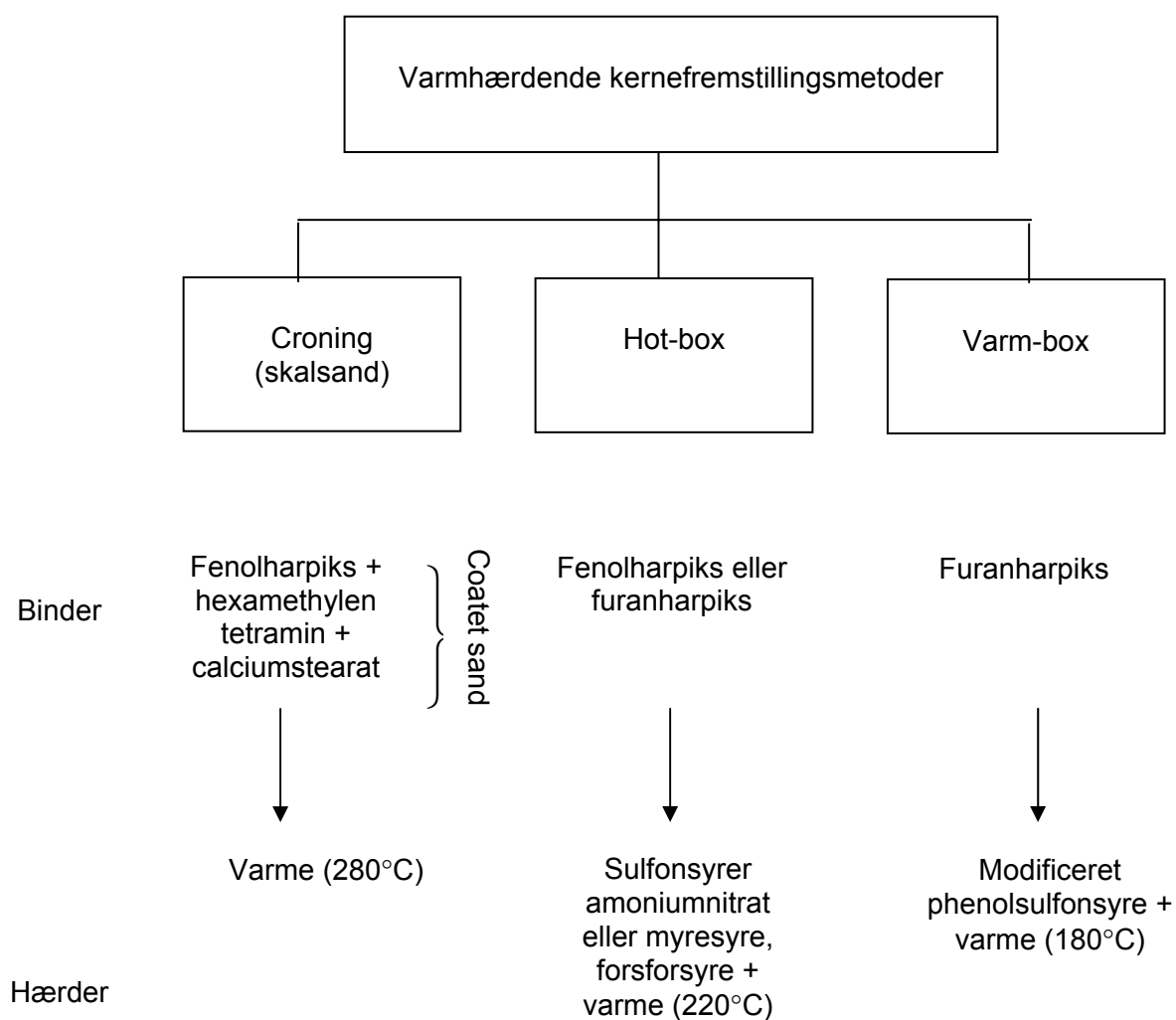
Figur 1.1: Oversigt over de vigtigste kernefremstillingsmetoder, opdelt efter afhærdningsmetoden



Figur 1.2: Oversigt over gashærdende kernefremstillingsmetoder

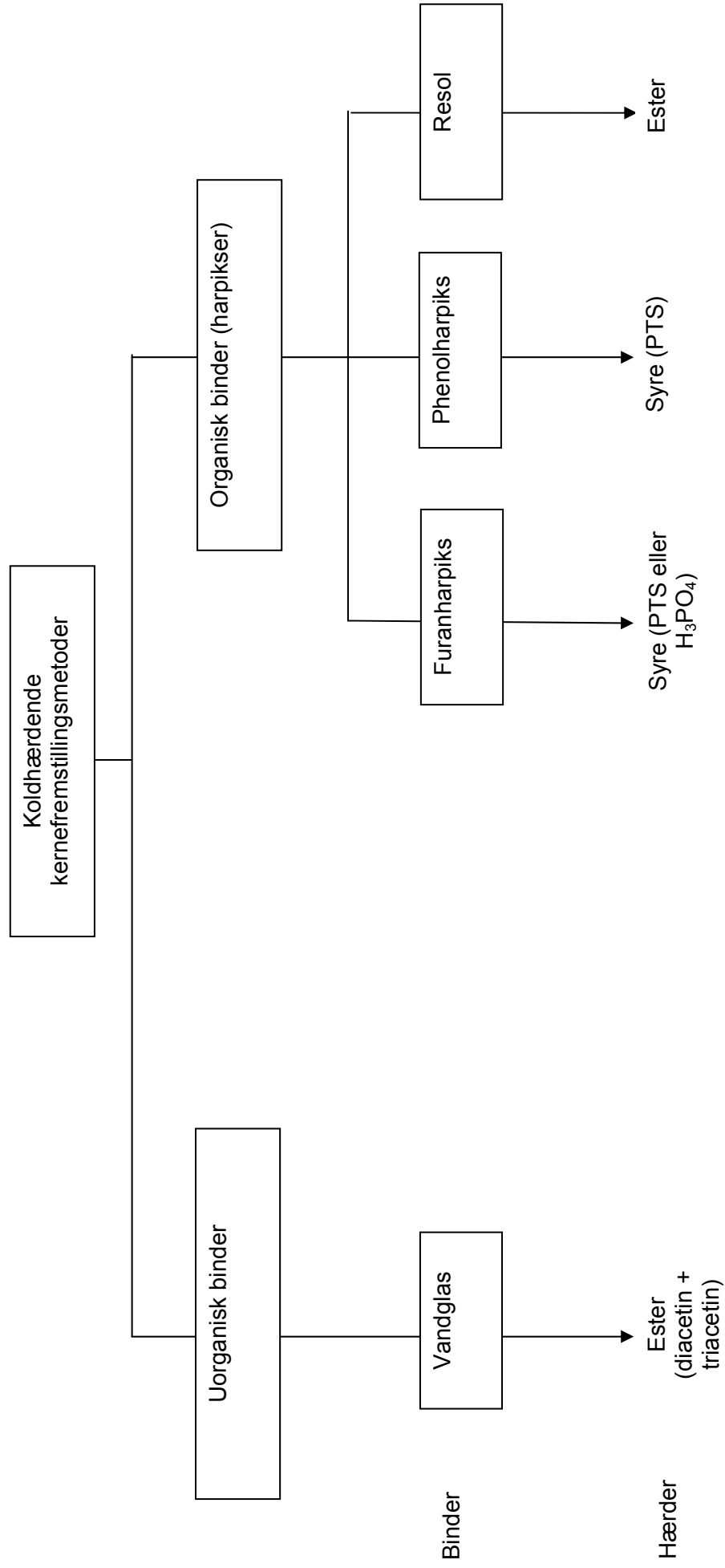


Figur 1.3: Oversigt over varmhærdende kernefremstillingsmetoder





Figur 1.4: Koldhærdende kernefremstillingsmetoder



# Skema 1.1: Gashærdende kernefremstillingsmetoder

BINDER-system	BINDER/Hærdere-kombination	Anvendelses-område	Arbejdsmiljømæssige aspekter			Miljømæssige aspekter			Tekniske aspekter			Økonomiske aspekter	
			Fordele	Ulemper	Fordele	Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper		
COLD-BOX	<p><b>Binder</b> Benzylæterharpiks i org. opløsningsmidler eller vegetabilsk olie.</p> <p><b>Tilsætning</b> 0,5-1%.</p> <p><b>Hærdere</b> Isocyanat i org. opløsningsmidler eller vegetabilsk olie.</p> <p><b>Tilsætning</b> 0,5-1%.</p> <p>Katalysator Amher sa som TEA, DMIA DMEA eller TMA i gasform.</p> <p><b>Forbrug</b> Ca. 0,1-0,2 g pr. kg kerne.</p>	SAMTLIGE STØBERN- OG STÅLLEGERINGER SAMT AL- OG CU-LEGERINGER	<p><b>Fordele</b> Lav gasudvikling. Høj overfladekvalitet af støbe emner derfor mindre rens arbejde. Kan vandsværttes ved efterfølgende tørring.</p>	<p><b>Ulemper</b> Håndtering af bindersystemet kræver uddannelse af personalet (epoxy-kursus). Ved fremstilling udvikles hovedsagelig aindamppe og under støbning, afkøling og udsugning, primært benzen, CO og PAH'ere.</p> <p>Betydelige lugtgener fra amin samt under støbning, afkøling og udsugning. Hudkontakt med hærdere (isocyanat) kan medføre overfølsomhed.</p> <p>Fordampning af opløsningsmidler under blanding og fremstilling.</p> <p>Kræver effektiv procesventilation ved støbning, afkøling og udsugning.</p>	<p><b>Fordele</b> Kernerester kan indgå i større mængder i bentonitbundet formsand derfor begrænses mængden af kerneafald.</p>	<p><b>Ulemper</b> Kræver rensning af afkastluften fra hærdereprocessen. Affaldslandet er primært forurenset med fenol og PAH'ere. Betydelig miljøbelastning ved deponering af uafhærdet kernesand.</p>	<p><b>Fordele</b> Høje styrker. Høj produktionskapacitet og derfor synkroniserbar med formfremstillingsprocessen. God flydeegenskab af kernesandet muliggør fremstilling af kerner med kompliceret geometri og støbegods med glat overflade. Mekanisk regenereret kernesand kan indgå med op til 20% i nyt kernesand og harmonerer også med hot-box binder. Termisk regenereret sand har betydelig indfyldelse på furanbinder, flydeegenskab tendensen til varmerevner.</p>	<p><b>Ulemper</b> Dårlig termisk nedbrydning ved aluminium. Kræver tætte kernerkeser og korrekt pladserede ventiler. Klæbningstendens på udsatte steder kræver jævnlig rensning af kernerkeser med kemikalier. Binder meget følsom overfor fugtig sand. Fugtuphindelig bindersystem kræver tempereret lagring af kerner. Tilbøjelighed for varmerevner. Forarbejdningstemperatur har betydelig indfyldelse på bærktiden, flydeegenskab og aminforbrug. Udvikler store nærgæder glanskulstof.</p>	<p><b>Fordele</b> Lave produktionsomkostninger pga. høj produktionskapacitet. Begrænsede deponeringsudgifter pga. høj genanvendelsesgrad og termisk nedbrydning. Gode udsugningsegenskaber. Alkoholvæerte kræver ingen efterfølgende tørring.</p>	<p><b>Ulemper</b> Store udgifter til ventilation, rumopvarmning og rensning af afkastluften. Udgifter til uddannelse af personalet. Vandsværtning kræver en tørring. Høj pris for binder og amin.</p>			
RESOL-(METHYL)FORMAT (BETASET)	<p><b>Binder</b> Alkaliske kondenseret fenolharpiks på vandbasis.</p> <p><b>Tilsætning</b> 1,2-1,6%.</p> <p><b>Hærdere</b> Methylformiat i (ester) dampform</p> <p><b>Hærdereforbrug</b> 0,4-0,5% af binder mængden.</p>	SAMTLIGE STØBERN- OG STÅLLEGERINGER SAMT AL- OG CU-LEGERINGER	<p><b>Fordele</b> Håndtering af binder kræver ingen uddannelse af personalet. Ubetydelige lugtgener ved hærdereprocessen. Kan vandsværttes ved efterfølgende tørring. Lav gasudvikling. Ingen fordampning af opløsningsmidlet under fremstillingsprocessen.</p>	<p><b>Ulemper</b> Udvikler metylformiatdamppe under fremstilling samt benzen og CO under støbning, afkøling samt udsugning plus div. PAH'ere. Ætsningsfare ved håndtering af binderen. Kræver effektiv procesventilation ved støbning, afkøling og udsugning.</p>	<p><b>Fordele</b> Lav belastning ved deponering.</p>	<p><b>Ulemper</b> Kræver rensning af afkastluften fra hærdereprocessen. Pga. lav regenereringsgrad større sandmængde til deponering. Betydelig miljøbelastning ved deponering af uafhærdet kernesand. Affaldslandet er primært forurenet med fenol, formaldehyd og kulbrinter.</p>	<p><b>Fordele</b> Kan vand- og spritsværttes. Tilbøjelighed til dannelse af varmerevner. Kerneerne er ikke særlig fugtfølsomme.</p>	<p><b>Ulemper</b> Begrænset regenererbar og genanvendelig. Harmoniserer dårlig med andre bindersystemer. Mulighed for overaktivering af bentonitbundet sand. I forhold til cold-box dårligere flydeegenskab. Methylformiat opløser modellakken. Begrænset egnet til kerner med kompliceret geometri pga. dårlig beg. styrke. Dårlig termisk nedbrydning ved aluminium.</p>	<p><b>Fordele</b> Lave investeringsomkostninger til udsy til rensning af afkastluften. Lavere binderudgifter i forhold til cold-box. Ingen udgifter til sikkerhedskurser</p>	<p><b>Ulemper</b> Store udgifter til deponering pga. dårligere genanvendelsesmulighed. I forhold til cold-box lavere produktionshastighed.</p>			
RE-SOL (CO <sub>2</sub> (ECOLOTEC/CARBOPHEN))	<p><b>Binder</b> Alkaliske kondenseret fenolharpiks på vandbasis.</p> <p><b>Tilsætning</b> 1,5-3%.</p> <p><b>Hærdere</b> CO<sub>2</sub></p> <p><b>Forbrug</b> 3-7 g/kg kerne.</p>	SAMTLIGE STØBERN- OG STÅLLEGERINGER SAMT AL- OG CU-LEGERINGER	<p><b>Fordele</b> Ingen lugtgener ved fremstilling og lagring. Kræver ingen uddannelse af personalet i lighed med cold-boxbinderen. Kan vandsværttes.</p>	<p><b>Ulemper</b> Betydelige lugtgener ved støbning, afkøling og udsugning. Udvikling af bl.a. CO formaldehyd og fenol ved støbning, afkøling og udsugning. Ætsningsfare ved håndtering af binderen. Kræver effektiv procesventilation under støbe-, afkølings- og udsagningsprocessen.</p>	<p><b>Fordele</b> Lav miljøbelastning ved deponering. Kræver ingen rensning af afkastluften fra hærdereprocessen.</p>	<p><b>Ulemper</b> Pga. dårlig regenererbarhed og genanvendelsesgrad øges affaldsandsmængden. Affaldslandet er primært forurenset med fenol.</p>	<p><b>Fordele</b> Mindre tilbøjelighed til dannelse af varmerevner. Kerneerne er ikke særlig fugtfølsom. Produktionskapacitet på højde med cold-boxmetoden. Egner sig bedst til fremstilling af større ukomplicerede kerner.</p>	<p><b>Ulemper</b> Nedsat genanvendelsesgrad. Vanskeligt at regenerere. Kernerkeser af Al, Zn og Mg er betinget egnet. Pga. kernesandets reaktion med CO<sub>2</sub>, begrænset bærktid. Dårligere udsugningsegenskab i forhold til cold-box. Binderen er meget fugtfølsom. Lav udgængsstyrke derfor betinget egnet til kerner med tynde sektioner. Stort kernesandstillæg kan bevribe desaktivering af bentonitbundet sand. Kræver omhyggeligt pladsføring af kernerkeser/ventiler.</p>	<p><b>Fordele</b> Ingen udgifter til sikkerhedskurser. Binderprisen er lavere i forhold til cold-boxbinderen.</p>	<p><b>Ulemper</b> Føregt udgifter til regenerering og deponering. Lav styrke kræver større bindertilsætning i forhold til cold-box.</p>			

VANDGLAS - CO <sub>2</sub>	<p>Binder Vandglas, natriumsilikat SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O opløst i vand. Tilsætning 2-4%. Hærder Kuldioxid (CO<sub>2</sub>) Forbrug Bør ikke overstige 3% af sandvægten.</p>	<p>SAMTLIGE STØBERN- OG STÅLLEGERINGER SAMT AL- OG CU-LEGERINGER</p>	<p>Ingen gasudvikling under fremstilling, støbning, afkøling og udslagning. Kræver ingen uddannelse af personalet i lighed med cold-boxbinderen. Ingen lugtgæner ved fremstilling, støbning, afkøling og udslagning. Vandsværmning kun betinget anvendelig.</p>	<p>Kræver stort fysisk indsats ved udslagning og udbankning af kerner. Tilbøjelighed til termisk reaktion (påbrænding) mellem jern- og kernoverflade øges rensarbejdet.</p>	<p>Meget lav miljøbelastning ved deponering. Mulighed for alternativ anvendelse af affaldssandet. Afkastluften fra hærdeprocessen kræver ingen rensning.</p>	<p>Pga. dårlig regenererbarhed og genanvendelse øges affaldssandsmængden.</p>	<p>Kræver ikke udstyr til rensning af afkastluften. Gode udsagningssegenskaber ved aluminium. Kræver et minimum af processusug. Egner sig bedst til fremstilling af større ukomplecerede kerner.</p>	<p>Lave begyndelsesstyrker. Dårlig termisk nedbrydning og dermed udsagningssegenskaber. Vanskelig regenererbar og begrænset genanvendelsesgrad. Ved stor tilgang af kerne rester til bentonitbundet sand fare for overaktivtivering. Dårlig fydeegenskaber. Kerne kræver tempereret lagerforhold. Pga. lav styrke begrænset anvendelsesmulighed. Pga. kernesandets reaktion med CO<sub>2</sub> begrænses bænkleveidd. Tilbøjelighed for kemisk reaktion mellem jern- og kerneoverflade.</p>	<p>Investeringer til rensning af afkastluft, bortfaldet. Lave binderudgifter. Det lave luftskifte kræver mindre energi til ventilation og rumopvarmning. Ingen udgifter til sikkerheds kurser.</p>	<p>Lav produktionskapaciteter. Øgede deponiudgifter. Udgifter til CO<sub>2</sub> kan være høj, hvis der anvendes uretete kernekasser eller uhensigtsmæssige pladsøgede kernekasseventiler. Øgede rensningsudgifter ved jern- og stallegeringer.</p>
----------------------------	---	--	---	---	--	---	--	---	--	---

## Skema 1.2: Varmhærdende kernefremstillingsmetoder

Bænder-system	Bænder/Hærdere-kombination	Anvendelses-område	Arbejds(miljø)mæssige aspekter		Miljømæssige aspekter		Tekniske aspekter		Økonomiske aspekter		
			Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper	
CRONING (SKALSAND)	Kernesandet leveres coatet og binderkombinationen er afhængig af coatingmetoden  Bidentilsætning 3-5% fenolharpiks, 0.4-0.5% hexametylenetetramin, 0.1-2% calciumstærk. Afhærdning foregår i opvarmede kernekasser (ca. 300°C).	SAMTLIGE STØBERN- OG STALLEGERINGER SAMT AL- OG CU-LEGERINGER	Fordele Eksistens håndtering af bindersystemet. Kræver ingen uddannelse af personalet i lighed med cold-boxmetoden. Håndtering af lette kerner, hvis der fremstilles hule kerner.	Ulemper Betydelige lugtgener under afhærdning, støbning og afkøling. Personalet skal omgås varme (300°C) og tunge kernekasser. Høj totalgasudvikling under fremstilling, støbning og afkøling. Gassen indeholder bl.a. fenol, ammoniak, formaldehyd, cyanid og CO.	Fordele Høje styrker, lille sandbehov. Kan vand- og spritsværtes. Tillader fremstilling af malenøjagtig gods med meget glat overflade og kompliceret geometri. Ingen varmerever. Termisk regenereret kermesand kan anvendes, mek. reg. kermesand kun betinget anvendeligt, harmonerer med hot-box og cold-box. Gode lageregenskaber lav tilbøjelighed for godstøj. Lille bearbejdningsstillaeg	Ulemper Begrænsede kermedimensioner. Ved fremstilling af kernekaller kræves en sammenslutning. Begrænsede anvendelig hvac goodsdimension angår. Kræver effektiv processafsuugning ved fremstilling, støbning og afkøling. Bæsværlig rengøring af kernekasser. Lav produktionskapacitet.	Fordele Betydelig miljøbelastning ved deponering af ubrugte kerner.	Ulemper Betydelige miljøbelastning ved deponering af ubrugte kerner.	Fordele Ubetydelig miljøbelastning ved deponering af termisk belastede kerneverter. Begrænsede miljøbelastning generelt pga. lille sandmængde.	Ulemper Begrænsede udgifter til deponering. Lave rensudgifter. Begrænsede bearbejdningsudgifter. Ingen udgifter til sikkerhedskurser	Ulemper Pga. den høje afhærdningstemperatur, energikrævende. Betydelige udgifter til ventilationsudstyr. Høje udgifter til kernekasser og procesudstyr samt til coatet sand.
			Fordele Kræver ingen uddannelse af personalet i lighed med cold-boxmetoden. Kernekasser indeholder bl.a. fenol, ammoniak, formaldehyd, cyanid og CO.	Ulemper Betydelige lugtgener ved fremstilling, støbning og afkøling. Gassen indeholder bl.a. formaldehyd, furfurylalkohol, fenol og CO. Personalet skal håndtere tunge varme kernekasser.	Fordele Begrænsede miljøbelastning ved deponering. Kerneverter kan regenereres og genanvendes i stort omfang.	Ulemper Betydelige miljøbelastning ved deponering af uafhærdet kermesand.	Fordele Høje styrker. Op til 90% regenereret sand kan anvendes. Tillader fremstilling af malenøjagtige kerner. Anvendelse af traditionelle kermeskylder. Ingen varmerever.	Ulemper Store udgifter til kernekasser. Begrænset produktionshastighed. Kræver effektiv processafsuugning ved fremstilling. Bæsværlig rengøring af kernekasser. Begrænsede kermedimensioner.	Fordele Pga. høj genanvendelsesprocent, begrænsede deponeringsudgifter. Ingen udgifter til sikkerhedskurser	Ulemper Høje udgifter til kernekasser. Betydelige udgifter til ventilation.	
HOT-BOX	Binder- eller fenolharpiks.  Bindermængde 1,5-2%.  Hærdet til furanharpiks Sulfonsyrer, ammoniumnitrat.  Hærdet til fenolharpiks Myrsyrer, phosphorsyre.  Hærdermængde 0,2-0,5%.  Afhærdning accelereres i 180-340°C varme kernekasser.	SAMTLIGE STØBERN- OG CU-LEGERINGER	Fordele Kræver ingen uddannelse af personalet i lighed med cold-boxmetoden.	Ulemper Betydelige lugtgener ved fremstilling, støbning og afkøling. Gassen indeholder bl.a. formaldehyd, furfurylalkohol, fenol og CO. Personalet skal håndtere tunge varme kernekasser.	Fordele Høje styrker. Op til 90% regenereret sand kan anvendes. Tillader fremstilling af malenøjagtige kerner. Anvendelse af traditionelle kermeskylder. Ingen varmerever.	Ulemper Store udgifter til kernekasser. Begrænset produktionshastighed. Kræver effektiv processafsuugning ved fremstilling. Bæsværlig rengøring af kernekasser. Begrænsede kermedimensioner.	Fordele Pga. høj genanvendelsesprocent, begrænsede deponeringsudgifter. Ingen udgifter til sikkerhedskurser	Ulemper Høje udgifter til kernekasser. Betydelige udgifter til ventilation.			

Skema 1.3: Koldhærdende kernefremstillingingsmetoder

Bænder-system	Bænder/Hærdere-kombination	Anvendelses-området	Arbejds miljømæssige aspekter		Miljømæssige aspekter		Tekniske aspekter		Økonomiske aspekter	
			Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper	Fordele	Ulemper
FENOL/FURANHARPIKS-SYRE	<p>Bindertyper Fenolformaldehydharpiks Fenolfurfurylalkoholharpiks Ureafornaldehydharpiks Ureafurfurylalkoholharpiks</p> <p>Tilsætning 1-1,5%.</p> <p>Hærdere begge bindere: Toluenulforsyre med varierende andel svovlsyre phosphor og benzensyre.</p> <p>Tilsætning 0,3-0,5%.</p>	SAMTLIGE STØBERN- OG STÅLLEGERINGER SAMT AL- OG CU-LEGERINGER	<p>Lav gasudvikling ved fremstilling, støbning af køling og udsugning.</p> <p>Lav gasemission. Kræver ingen rensning af afkastluften.</p>	<p>Betydelig miljøbelastning ved deponering, især ved uafhærdet sand. Afallssand er primært forurennet med BTEX'er, formaldehyd og fenol.</p>	<p>Høj regneringsgrad og høj genanvendelsesgrad. Harmoniseret godt med bentonitbundet sand, cold-box og SO<sub>2</sub>-sand. Lav gasemission. Kræver ingen rensning af afkastluften.</p>	<p>Høj termisk stabilitet. Begrænset Høj støbegodskvalitet. Begrænset kantskorhed. Høj styrkeudvikling. Begrænset gasoptagelsestilbøjelighed i støbegodset. Begrænset udvikling af glaskulstof. Moderat forarbejdningsstid. Middel til god termisk nedrydelighed og udslagningsegenskaber.</p>	<p>Mulighed for kvælstofoplægelse. Mulighed for svovloptagelse. Tilbøjelighed for varmerøvere. Tilbøjelighed for dannelse af bladdrupper. Temperaturfølsom. Dårlig slipsegenskaber. Problematiske ved skift til andet basisand. Ved tilgang af mere end 10% kernerester er der fare for desaktivering af bentonitbundet sand.</p>	<p>Lave udgifter til deponering pga. høj genanvendelsesgrad. Lavere binder/hærdning i forhold til alphaset. Ingen udgifter til sikkerhedskurser</p>	<p>Rensningsudgifter kan være store pga. bladdrupper og varmerøvere. Kræver effektiv procesudlæg under støbe-, afkølings- og udsugningprocessen.</p>	
RESOL-ESTER (ALPHASET)	<p>Bænder Furan- eller fenolharpiks. Alkaliske kondenserede fenolharpiks på vandbasis</p> <p>Indeholder Kaliumklydroxid ca. 13%, vand ca. 43%, fenol, furfurylalkohol og N<sub>2</sub>.</p> <p>Tilsætning 1-2%.</p> <p>Hærdere Ester</p> <p>Tilsætning 0,3-0,5%.</p>	SAMTLIGE STØBERN- OG STÅLLEGERINGER SAMT AL- OG CU-LEGERINGER	<p>Lav gasudvikling ved støbning, afkøling og udsugning. Ingen kemikalier til rengøring af kernekasser.</p>	<p>Begrænset regnerings- og genanvendelsesgrad. Betydelig miljøbelastning ved deponering, især ved uafhærdet sand. Afallssand er primært forurennet med formaldehyd og fenol samt PAH'er.</p>	<p>Moderat forarbejdningsstid. Ingen klibetændelse. Høj støbegodskvalitet. Lav tilbøjelighed for gas-, kvælstof- og svovloptagelse i støbegodset. Lav dannelse af glaskulstof. Lav tilbøjelighed til dannelse af bladdrupper og varmerøvere. Middel til god termisk nedrydelighed og udslagningsegenskaber. Harmoniseret betinget med betaset og resol-CO<sub>2</sub> sand. Høj vandopløselighed begrænser anvendelse af kemikalier til rengøring af kernekasser.</p>	<p>Ved tilgang af over 10% kernerester, betydelig fare for overaktivering af bentonitbundet sand. Temperaturfølsom og begrænset slipsegenskaber. Lave styrker. Harmoniserer dårligt med bentonitbundet sand, furan, cold-box og SO<sub>2</sub> sand. Dårlig regneringsbarhed og genanvendelsesgrad. Anvendelighed til andre basisandtyper end kvarts er begrænset.</p>	<p>Samme produktionskapacitet som furanmetoden. Begrænset udgifter til rengøring af kernekasser. Ingen udgifter til sikkerhedskurser</p>	<p>Betydelige udgifter til deponering. Holdbarheden af bindere begrænset. Kræver effektiv procesudlæg under støbe-, afkøling og udsugningprocessen. Bænder/hærdning udgifter noget højere i forhold til furan.</p>		
VANDGLAS-ESTER	<p>Bænder Vandglas SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O i vandopløsning.</p> <p>Tilsætning 2-4%.</p> <p>Hærdere Ester (Diacetin + triacetin)</p> <p>Tilsætning 0,3-0,5%.</p>	SAMTLIGE STØBERN- OG STÅLLEGERINGER OG CU-LEGERINGER	<p>Meget lav gasudvikling og lugtgener under fremstilling, støbning, afkøling og udsugning. Ingen behov for kemikalier til rengøring af kernekasser. Begrænset helbredsrisici ved håndtering af bindersystemer.</p>	<p>Pga. lav genanvendelsesgrad større mængder sand til deponering.</p>	<p>Code udslagningsegenskaber ved støbejern, stål og Cu-legeringer. Dårlig regneringsbarhed og genanvendelsesgrad. Kerner kræver tempererede lagerforhold. Pga. tilbøjelighed for reaktioner mellem jernsmelter og formoverflade kræves en sværtning af alle kerner. Ved anvendelse af vandsværlig er der behov for en hurtig efterfølgende tørring. Dårlig flydeegenskaber. Kernerester harmoniseret dårligt med sand fra syrehærdende bindersystemer. Ved tilgang på mere end 10% kernerester er der fare for overaktivering af bentonitbundet sand.</p>	<p>Dårlig udslagningsegenskaber ved støbejern, stål og Cu-legeringer. Dårlig regneringsbarhed og genanvendelsesgrad. Kerner kræver tempererede lagerforhold. Pga. tilbøjelighed for reaktioner mellem jernsmelter og formoverflade kræves en sværtning af alle kerner. Ved anvendelse af vandsværlig er der behov for en hurtig efterfølgende tørring. Dårlig flydeegenskaber. Kernerester harmoniseret dårligt med sand fra syrehærdende bindersystemer. Ved tilgang på mere end 10% kernerester er der fare for overaktivering af bentonitbundet sand.</p>	<p>Lave binderudgifter. Begrænset udgifter til procesventilation og rumopvarmning. Gode muligheder for alternativ anvendelse af affaldssand. Ingen udgifter til sikkerhedskurser</p>	<p>Betydelige deponeringsudgifter, hvis sandet ikke kan genbruges. Øgede udgifter til sværling og tørring af kerner.</p>		

Skema 1.4: Gashærdende kernefremstillingsmetoder

Fremstillingsmetoder	Katalysator/hærdedeforbrug	Arbejds miljø- og miljømæssige-, tekniske- og økonomiske forbedringsmuligheder ved optimering af: Bindeforbrug	Ventilation/udstyr/materialer
COLD-BOX	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv tætning af kernekassens deleflader. Høj lukke tryk.</li> <li>• Stive kernekasser (materialer).</li> <li>• Lavest muligt skyde- og gasningstryk.</li> <li>• Optimal pladsring af kernekasseventiler og udformet begasningsplade.</li> <li>• Lav gas hastighed gennem kernen.</li> <li>• Opvarmning af armingassen og isolering af tilførelseslange.</li> <li>• Genvinding af katalysatoren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opvarmning af kernekassen</li> <li>• Anvendelse af høj kvalitets sand med lav slemstof-, humus- og vandindhold.</li> <li>• Anvendelse af sand med rund kornform og glat overflade.</li> <li>• Tempereret sandtemperatur (15-25°C).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af syreskrubber.</li> <li>• Effektiv procesudsug ved optimal pladsring af sugehov og sugehastighed.</li> <li>• Anvendelse af binder opløst i planteolie.</li> <li>• Anvendelse af additiver, som nedsætter kvartsekspansionen eller basissand som fx zirkon-, kromit- eller kvarts/feldspatsand.</li> <li>• Anvendelse af termisk regenereret sand.</li> <li>• Tempererede og effektive ventilerede lagerforhold for kerner.</li> </ul>
RESOL-METHYL-FORMIAT (BETASET)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv tætning af kernekassens deleflader.</li> <li>• Høj lukke tryk.</li> <li>• Stive kernekasser (materialer).</li> <li>• Lavest mulig skyde- og gasningstryk.</li> <li>• Optimal pladsring af kernekasseventiler og udformet begasningsplade.</li> <li>• Lav gas hastighed gennem kernen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af høj kvalitets sand.</li> <li>• Anvendelse af sand med rund kornform og glat overflade.</li> <li>• Tempereret sandtemperatur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv procesudsug ved optimal pladsring af sugehov og sugehastighed.</li> <li>• Tempererede og effektiv ventilerede lagerforhold for kerner.</li> </ul>
Reol-CO <sub>2</sub> (ECOLOTEC/CHARBOPHEN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme forhold som for Betaset.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme forhold som for Betaset.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempererede lagerforhold for kerner.</li> </ul>
VANDGLAS CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme forhold som for Betaset + anvendelse af varmluft og mikrobølgehærdning som supplement eller erstatning for CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme forhold som for Betaset.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempererede og tørre lagerforhold.</li> <li>• Anvendelse af basissand, som ikke termisk reagerer med flydende jern.</li> </ul>

Skema 1.5: Varmhærdende kernefremstillingsmetoder

Fremstillingsmetoder	Sand hhv. binderforbrug	Arbejdsmiljø- og miljømæssige, tekniske og økonomiske forbedringsmuligheder ved optimering af Varmeforbrug	Ventilation/udstyr/materialer
<p>CRONING (SKALSAND)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sandforbrug</li> <li>• Fremstilling af hulkerne i størst muligt omfang.</li> <li>• Optimering af skaltykkelse, hærde temperatur og kornstørrelse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducering af varmetab gennem anvendelse af isoleringsfolie, varmepatroner og optimering af taktiden samt skaltykkelse.</li> <li>• Undgåelse af uens varmfordeling og lokal overhedning af kernekassen.</li> <li>• Afhærdningstemperaturen bør ikke overstige 300°C.</li> <li>• Termostatregulering af kernekassetemperaturen.</li> <li>• Coatingstemperaturen bør ikke overstige 400°C.</li> <li>• Valg af kernelim med lav gasudvikling.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv procesudbyg og ventilation ved optimal pladsring af sugehov og frisklufttilførsel.</li> <li>• Høj termisk belastning af kerne øger genanvendelsesgraden af affaldssandet.</li> <li>• Anvendelse af støbejern som kernekasemateriel.</li> <li>• Valg af det optimale bagfyldningsmateriale med henblik på valg af den ønskede nedkølingshastighed og dimensnøjagtighed.</li> <li>• Optimal udformning og pladsring af udluftningsspalter.</li> <li>• Udluftningsareal ca. 50% af indskudskanalåbning.</li> <li>• Korrekt udformning og vandkøling af skudplanen.</li> <li>• Effektiv tætning af delefladerne med not og fjeder af teflon.</li> <li>• Effektiv rensning og coating af kernekasser.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv procesudbyg og ventilation ved optimal pladsring og udformning af sugehov og frisklufttilførsel.</li> <li>• Anvendelse af støbejern som kernekasemateriel.</li> <li>• Optimal udformning og pladsring af udluftningsspalter.</li> <li>• Udluftningsareal ca. 50% af indskudskanalåbning.</li> </ul>
<p>HOT-BOX</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Binderforbrug</li> <li>• Anvendelse af basissand af høj kvalitet, dvs. lav slemstof- og humusindhold, optimal kornfordeling samt runde korn med glat overflade.</li> <li>• Kortest muligt bænktid . Lagring af kernesand under tempererede forhold.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducering af varmetab gennem anvendelse af direkte opvarmning (varmepatroner), isoleringsfolie samt optimering af taktiden.</li> <li>• Undgåelse af uens varmfordeling og lokal overhedning af kernekassen.</li> <li>• Termostatregulering af kernekassetemperaturen.</li> <li>• Afhærdningstemperaturen over 250°C bør undgås.</li> <li>• Korrekt udformning (flere skudkanaler) og vandkøling af skudplanen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv procesudbyg og ventilation ved optimal pladsring og udformning af sugehov og frisklufttilførsel.</li> <li>• Anvendelse af støbejern som kernekasemateriel.</li> <li>• Optimal udformning og pladsring af udluftningsspalter.</li> <li>• Udluftningsareal ca. 50% af indskudskanalåbning.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv procesudbyg og ventilation ved optimal pladsring og udformning af sugehov og frisklufttilførsel.</li> <li>• Anvendelse af støbejern som kernekasemateriel.</li> <li>• Optimal udformning og pladsring af udluftningsspalter.</li> <li>• Udluftningsareal ca. 50% af indskudskanalåbning.</li> </ul>

Skema 1.6: Koldhærdende kernefremstillingsmetoder

Fremstillingsmetoder	Binderforbrug	Arbejds miljø- og miljømæssige-, tekniske- og økonomiske forbedringsmuligheder ved optimering af: Hærdforbrug	Ventilation/udstyr/materialer
FENOL/FURAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af højkvalitetssand med lav slemstof- og humusindhold samt frit for kalk og vand.</li> <li>• Ved anvendelse af mek. reg. sand bør slemstofindholdet samt glødetabet holdes på et absolut minimum, pH-værdien bør være over 3 og sandtemperaturen mellem 15 til 25°C.</li> <li>• Kortest mulig bænktid samt tempereret lagring.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme betingelser som under binderforbrug.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valg af binder med lav frit, fenol- kvælstof- og formaldehydindhold.</li> <li>• Anvendelse af phosphorsyre som hærdet.</li> <li>• Effektiv procesudrug ved fremstilling samt under støbning, afkøling og udslagning.</li> <li>• Anvendelse af termisk regenereret sand.</li> <li>• Høj og ensartet komprimering.</li> <li>• Højt jern/sandforhold.</li> <li>• Anvendelse af sværter, som begrænser dannelse af varmerevner og penetration.</li> <li>• Anvendelse af andet basissand, som fx kromit eller zirkon.</li> </ul>
ALPHASET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af høj kvalitetssand med lav slemstof-, humus- og vandindhold.</li> <li>• Ved anvendelse af mek. reg. sand bør slemstofindholdet samt glødetabet holdes på et absolut minimum, pH-værdien bør være lavest muligt og sandtemperaturen mellem 15 til 25°C.</li> <li>• Kortest mulig bænktid samt tempereret lagring.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme betingelser som under binderforbrug.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valg af binder med lav frit fenol.</li> <li>• Anvendelse af CO<sub>2</sub> som hærdet.</li> <li>• Effektiv procesudrug under støbning, afkøling udslagning.</li> <li>• I øvrigt samme betingelser som under fenol/furanmetoden.</li> </ul>
VANDGLAS-ESTER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ved anvendelse af mek. reg. sand bør denne andel være begrænset.</li> <li>• Hvis muligt bør vädregenereret sand anvendes.</li> <li>• Anvendelse af højkvalitetssand med lav slemstofindhold, rund kornform og glat overflade.</li> <li>• Anvendelse af vandglas med et modul på ca. 2,4.</li> <li>• Tempereret sandtemperatur mellem 15 og 25°C og tempereret lagring af kerner.</li> <li>• Anvendes mek. reg. sand kan det være fordelagtigt at tilsætte op til 0,8% vand før bindertilsetning.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af varmluft mikrobølgehærdning eller CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Valg af ester med optimal estertal (NaOH/g) mellem 420 til 520 mg.</li> <li>• Tempereret sandtemperatur og lagring af kerner.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anvendelse af sværter, som hindrer reaktion mellem jernsmelte og kernesand på basis af kvarts.</li> <li>• Anvendelse af andet basissand, fx zirkon eller kromit.</li> <li>• Vandsværtning med efterfølgende mikrobølgetørring.</li> <li>• Ensartet og høj komprimering.</li> <li>• Vandtilsætning til mek. reg. sand kan forbedre flydeegenskaber. Vand kan dog bevirke et lille fald af slutstyrken</li> </ul>



## Bilag 2

Skema 2.2.1: Gasudvikling ved blanding, fremstilling, afhærdning samt ved støbning, afkøling, udsugning og regenerering ved koldhærdende bindersystemer

	Grænseværdier, mg/m <sup>3</sup>	Furanharpiks				Phenolharpiks					Alpha-set					Bentonit			
		Blanding	Fremstilling	Afhærdning	Støbning, afkøling, udsugning	Regenerering	Blanding	Fremstilling	Afhærdning	Støbning, afkøling, udsugning	Regenerering	Blanding	Fremstilling	Afhærdning	Støbning, afkøling, udsugning	Regenerering	Blanding	Fremstilling	Støbning, afkøling, udsugning
Formaldehyd	0,4	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X					X
Furfurylalkohol	20	x	x	x	x						x								x
Phenol	4						x	x	X										x
Kresol	22								x										
Benzen	1,6				X				X										X
Toluen	94	x	x	x	x				x										x
Andre kulbrinter		x	x	x	x				x										x
Kulmonioxid	29				X				X										X
Svovldioxid	1,3				x				x		x*								x
Svovlbrienter	15				x				x										x
Kvælstofdioxid	4				x														
Ammoniak	18	x	x	x	x														
Pyrolyseprodukter					x														x
Methylalkohol	260				x														x

X, Iedekomponenter

Skema 2.2.2: Gasudvikling ved blanding, fremstilling, lagring samt ved støbning, afkøling og udslagning ved gashærdende bindersystemer

Grænse- værdier, mg/m <sup>3</sup>	Cold-box				Beta-set				Vandglas-CO <sub>2</sub>				SO <sub>2</sub> -metoder				RESOL-CO <sub>2</sub>				
	Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning	Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning	Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning	Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning	Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning	
Formaldehyd				x	x	x	x	x	x					x			x				x
Methylalkohol						x															
Furfurylalkohol															x						
Phenol				x				x													x
Benzen				x				x													x
Toluen																					x
Xylol																					x
Andre kulbrinter				x				x													x
Kulmonioxid				x				x													x
Svovldioxid																					
Ammoniak																					
Aminer (TEA/DMEA)				x				x													
Methylformiat				x				x													
Diphenylmethan-4,4-diisocyanat (MDI)				x				x													
Pyrolyseprodukter				x				x													x

X, ledekomponenter

Skema 2.2.3: Gasudvikling ved blanding, fremstilling, lagring samt støbning, afkøling og udslagning ved varmhærdende bindersystemer

	Grænseværdier, mg/m <sup>3</sup>	Hot-box								Skalsand			
		Furanharpiks				Phenolharpiks				Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning
		Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning	Blanding	Fremstilling	Lagring	Støbning, afkøling, udslagning				
Formaldehyd	0,4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Methylalkohol	260									x	x		
Andre alkoholer	4									x	x		
Furfurylalkohol	20	x	x	x	x								
Furfural	7,9	x	x	x	x								
Phenol	4					x	x	x	x	x	x	x	x
Kresol	22									x	x	x	x
Benzen	1,6				x				x				x
Toluen	94												x
Andre kulbrinter			x	x	x		x*	x	x		x		x
Kulmonoxid	29				x				x		x		x
Cyanbrinte	5				x				x		x		x
Kvælstofdioxid	4				x				x				
Ammoniak	18				x					x	x	x	x
Pyrolyseprodukter					x				x				x

\* Ved anvendelse af regenereret sand