

RESTPRODUKTER FRA AFFALDSFORBRÆNDING, OVERBLIK

DAKOFA SEMINAR

Tore Hulgaard,
5. September 2019

RAMBOLL

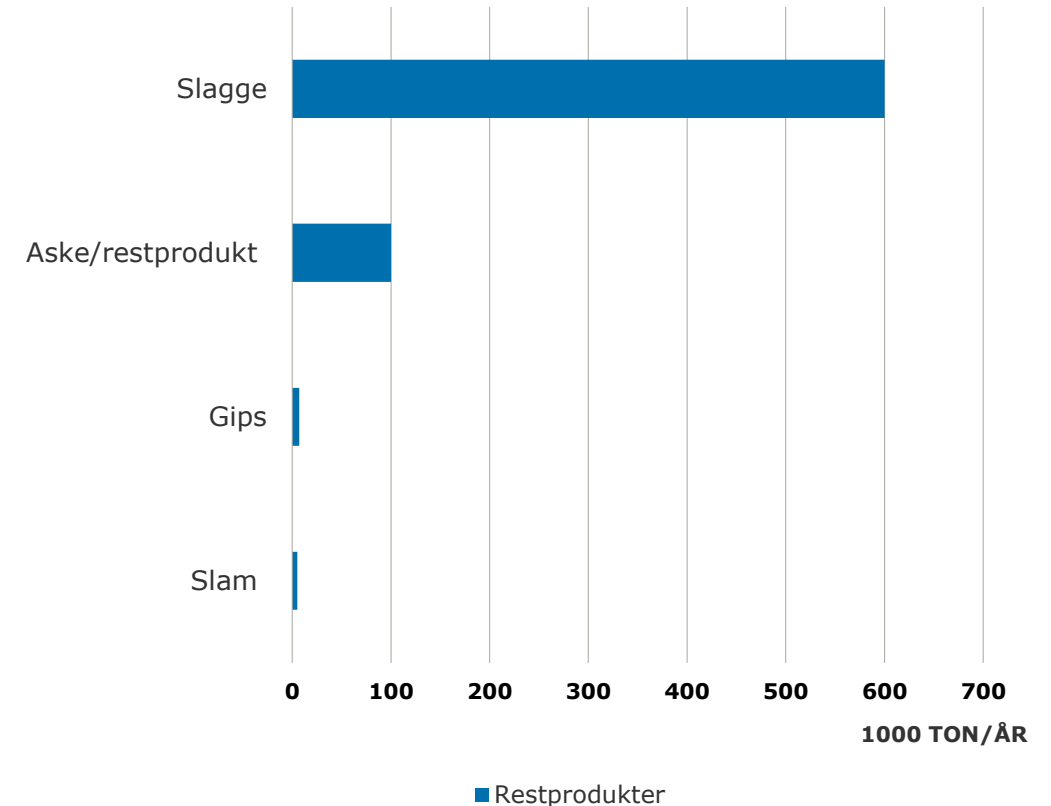
Bright ideas. Sustainable change.

INDHOLD

- 01 Typer og mængder af restprodukter
- 02 Restprodukternes oprindelse og karakter
- 03 Restprodukternes håndtering, muligheder og udfordringer

TYPER OG MÆNGDER AF RESTPRODUKTER FRA FORBRÆNDINGSANLÆG

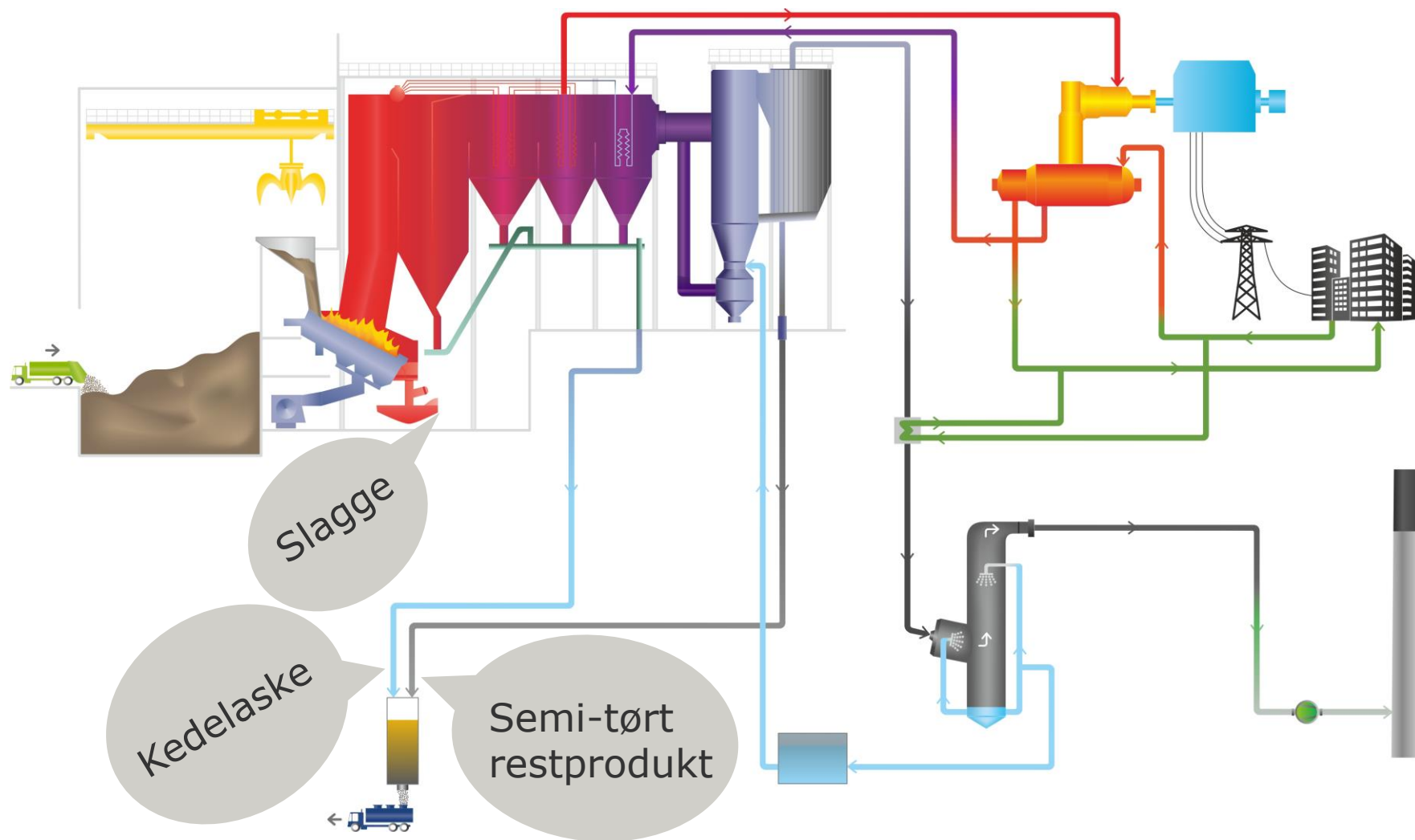
- Slagge (våd) er 15-20% af indfyret affald, ca. 600.000 ton per år
- Røggasrensningensrestprodukter, ca. 100.000 ton/år:
 - Flyveaske (kedelaske+filteraske)
 - Restprodukt fra semi-tør røggasrensning
- Gips fra kalkstensskrubbere, ca. 7.000 ton/år
- Slam fra spildevandsrens, ca. 5.000 ton/år
- Brugte filterposer, ionbyttere o.lign.



RESTPRODUKTERNES OPRINDELSE

- Aske i affaldet, dvs. ikke brændbare dele som fx potteskår, glas, sand, jord, metal, salte og mineraler.
- Ikke omsat kulstof fra forbrændingsprocessen
- Tilsatte reaktionsmidler:
kalk, aktivt kul, fældningskemikalier mm.
- Absorberede røggaskomponenter:
Cl, S, F, Hg og andre tungmetaller, dioxin, PCB mm.

SEMI-TØR RØGGASRENSNING





SLAGGE

Stammer fra (i affald og proces)

- Aske, især de groveste partikler: potteskår, glas, sand, jord, metal, salte og mineraler
- Nedfaldne slaggeopbygninger i ovn/kedel (1. træk)

Udtages fra anlægget:

- Fra ovnens rist via våd slaggetransportør som fører slaggen til containere eller slaggesilo.
- Hefra køres til behandling i centralt anlæg
- ca. 150-200 kg per ton affald op til 2000 ton/uge fra større anlæg

Indhold

- Askebestanddele
- Metal (jern og andre)

Karakteristika

- Relativt grovkornet – med stor spredning
- Stort indhold af metal, som kan udvindes.
- Forureningskomponenter: Pb, Cu, TOC mm.
- Fugtindhold, typisk 15-20%

FLYVEASKE (KEDEL- OG FILTERASKE)

Stammer fra (i affald og proces)

- Aske, Cl, S, tungmetaller i affald
- dioxin dannet i kedel
- nogle anlæg:
aktivt kul/HOK tilsat for absorption af Hg/dioxin

Udtages fra anlægget:

- fra kedlen som kedelaske
- fra partikelfilter (el-filter/posefilter)
uden væsentlig kalktilsætning
- ca. 10-30 kg/ton affald

Indhold

- Flyveaske (oftest blandet kedelaske og filteraske)
- Anlæg med tilsætning af aktivt kul/HOK:
 - Aktivt kul/HOK fra tilsætning
 - Kviksølv og dioxin (og furaner/PCB) ved adsorption på kul

Karakteristika

- Finkornet, tørt
- Relativt høje indhold af Cl, og nogle tungmetaller som Cd, Zn
- Spor af uforbrændt kulstof (1-3%)
- Anlæg med tilsætning af aktivt kul/HOK:
Forhøjet indhold af kviksølv og dioxin (og furaner/PCB) ved adsorption

SEMI-TØRT RØGGASRENSNINGSRESTPRODUKT

Stammer fra (i affald og proces)

- Aske, Cl, S, F, Hg i affald
- dioxin dannet i kedel
- Tilsatte reaktionsmidler: hydratkalk, aktivt kul
- Absorberede røggas-komponenter: Cl, S, F, Hg og andre tungmetaller, dioxin, PCB mm.
- Spor af ammoniak fra NOx-reduktion med ammoniak

(SINCPA)

Indhold

- Flyveaske (ofte blandet med kedelaske)
- Reaktionsprodukter for absorption af HCl, SO₂ og HF (CaCl₂, CaSO₃, CaSO₄, CaF₂)
- Restkalk (Ca(OH)₂ og CaCO₃)
- Aktivt kul/HOK fra tilsætning
- Kviksølv og dioxin (og furaner/PCB) ved adsorption

på kul

Udtages fra anlægget ved:

- Fra tør og semi-tør røggasrensning med hydratkalk
- Udtag fra posefilter via silo (som ofte også modtager kedelaske)
- ca. 30-50 kg per ton affald (inkl. kedelaske)

Karakteristika

- Finkornet, tørt
- Relativt høje indhold af Cl, S, Ca, Zn, Hg og andre tungmetaller, dioxin
- Høj alkalinitet
- Kan absorbere vand fra luft

SPILDEVANDSSLAM

Stammer fra (i affald og proces)

- Alene fra anlæg med våd røggasrensning, slam fra rensning af bleedvæske fra skrubbere
- Tungmetal fra affald, især Hg
- Tilsatte reaktionsmidler: kalk (fra neutralisering), udfældningskemikalier: jernklorid, TMT, polymer

Udtages fra anlægget ved:

- Fra anlæg med våd røggasrensning
- Udtag fra slamafvanding, som overføres til conainer
- ca. 1-3 kg per ton affald

Indhold

- Ikke-reaktive indhold i kalk anvendt til neutralisering
- Udfældningskemikalier
- Aske og tungmetal udskilt i skrubber og overført til slam via skrubberbleed
- Gips udskilt fra sulfat i spildevand
- Ca. 60% fugt

Karakteristika

- Slamkager
- Blanding af uorganiske og organiske bestanddele
- Relativt høje indhold af Hg og andre tungmetaller

GIPS

Stammer fra (i affald og proces)

- Alene fra anlæg med våd røggasrensning, Gips dannes fra kalk og SO_2 i røggas i kalkstensskrubber
- Stammer fra svovlindhold i affald
- Tilsatte reaktionsmidler: kalk i kalkstensskrubber

Udtages fra anlægget ved:

- Gips udtages fra kalkstensskrubber, placeret efter at røggassen er rensat i partikelfilter og sur skrubber
- Afvandes mekanisk og overføres til container
- ca. 4-5 kg per ton affald

Indhold

- Gips
- Mindre indhold af ikke-reageret kalk
- Spor af andet fra røggassen, kalk og skrubbevæske (aske, tungmetaller, evt. kul)
- Ca. 10% fugt

Karakteristika

- Slamkager, let fugtige
- Meget høj andel gips (CaSO_4)
- Kan være gråfarvet af kul

SLAGGEHÅNDTERING, NU

- Modning ca. 4-6 uger (pH og udvaskning reduceres)
- Sortering partikelstørrelse og metal:
ca. 6% magnetisk (jern) og 2 % ikke-jernholdigt
- Analyse af 5000 ton batch
- Slagge er ikke-farligt affald
- Anvendelse til vejbygning i henhold til Restproduktbekendtgørelsen (BEK nr 1672 af 15/12/2016), som bl.a. stiller krav til udvaskning og begrænsninger for anvendelse.
- Alt "genanvendes" (nyttiggøres)
- Samlet omkostning tæt på 0 kr. (metallværdien betaler)

METAL HAR HØJ VÆRDI, MEN VARIABEL

Værdi i €/ton	Prisindikation
Iron, Fe	170
Stainless steel	170
Aluminium, Al	1.300
Copper, Cu	5.100
Gold, Au	30 million
Zinc, Zn	1.400
Lead, Pb	1.500
Silver, Ag	500.000



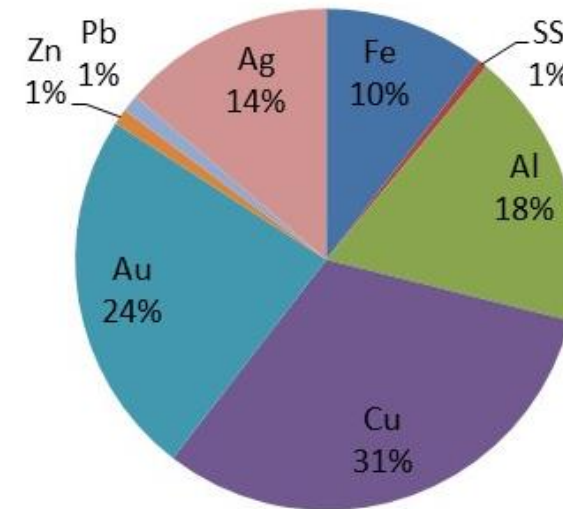
ØKONOMISK POTENTIALE FOR METALLER I SLAGGE

Potentiale ialt

30-80 € per ton slagge
(5-15 € per ton brændt affald)

Non-ferrous metaller bærer værdien

Distribution of metal value



METALS IN FINE FRACTION

- Non-ferrous metals may be recovered from bottom ash fraction 0,2-0,7 mm
- Limited signs of oxidation
- Example from Switzerland (KEZO/Zar)



SLAGGEHÅNDTERING, MULIGHEDER

MULIGHEDER

- Hurtig udvikling i sorteringsteknologi giver større metaludbytte, især non-Fe
- Udvinding af andre sekundære råvarer - måske glas?
- Bud efter alternative aggregater til grus til vejbygning mm.
(stigende værdi, ressource og økonomi)
- Fortsat udvikling af kvalitets- og miljøstandarder?
Jf. stigende miljøkrav til slaggegrus (bl.a. HP14)
- Udvundet metal tæller som genanvendelse (ressourceværdi af metal meget høj)
- Tør slaggeudmadning – eller semi-tør
- Slaggesektor under udvikling er god basis for systemudvikling – og eksport

SLAGGEHÅNDTERING

UDFORDRINGER

- Bliver slaggegrus farligt affald (HP14) ? - eller skærpet opmærksom på kvalitet?
- Falder metalindhold på grund af kildesortering?
 - og dermed økomisk grundlag for sortering
- Kan danske forbrændingsanlæg leve op til den nye BREF, hvad angår slagge?

[illegible]

NY BAT REFERENCE NOTE OM AFFALDSFORBRÆNDING, OM SLAGGE

- Ny BREF kommer formentlig senere på året, efterfølgende refererer til Final Draft, dec. 2018
- BAT 24: Begrænse støvafgivelse ved slaggebehandling (overholdt:?)
- BAT 35: Håndtere og behandle slagge adskilt fra røggasrensningensrestprodukt (OK)
- BAT 36: For at øge ressourceeffektiviteten for slagge: Anvende passende kombination af en række teknikker, herunder sigtning, vindsigtning, knusning, genvinding af jernholdige og ikke-jernholdige metaller, modning, vask.
(OK)

FLYVEASKE OG SEMI-TØRT RESTPRODUKT

NU

- "Nyttiggøres" hos NOAH (Langøya) eller i Tyskland
- Kategoriseret som farligt affald
- Hos NOAH udnyttes alkaliniteten til neutralisering af sure restprodukter
- I Tyskland forhindres sammenstyrtning af forladte mineskakte ved opfyld
- Omkostning: 800-1000 kr/ton

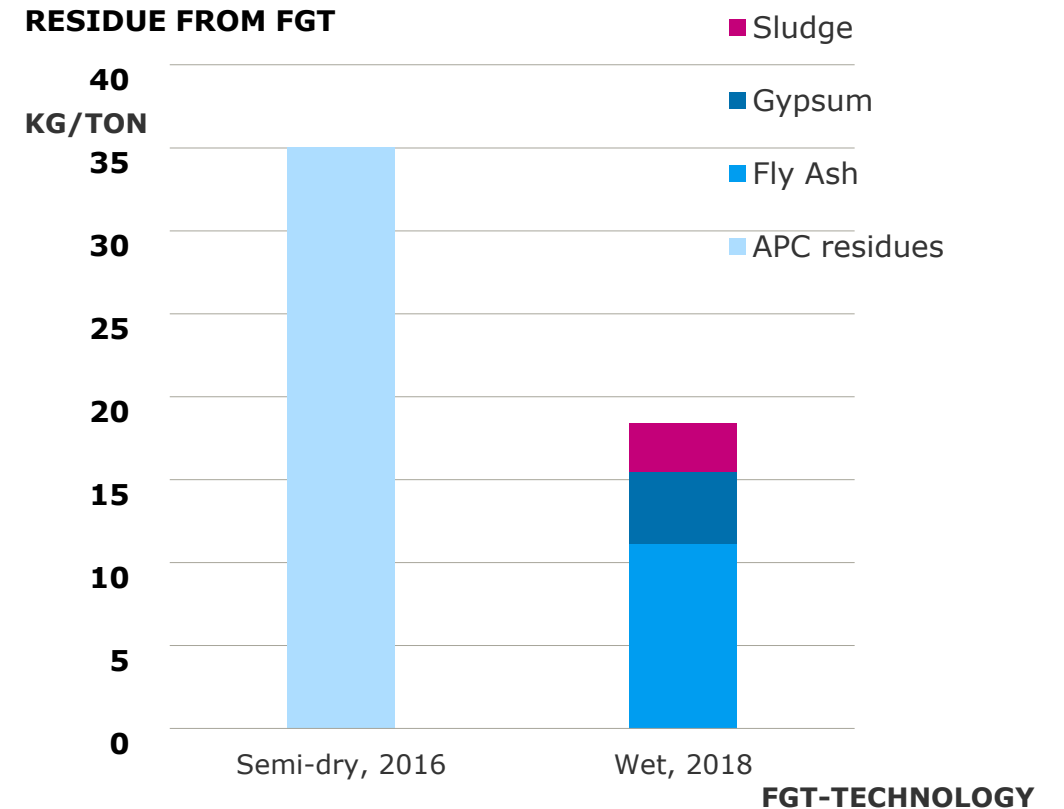
FLYVEASKE OG SEMI-TØRT RESTPRODUKT

MULIGHEDER

- Reduktion af mængde ved skift fra semi-tør til våd røggasrensning
- Udvinning af salte (CaCl_2 , NaCl , KCl)
- Udvinning af metaller (Zn)
- Anvendelse til konstruktionsformål/aggregater
- Opklassificering af procesprodukter til ikke-farligt affald
- Udvundne og solgte råvarer (metal og salte) bør tælle på genanvendelseskonto
- Sektor under udvikling god basis for systemudvikling – og eksport

SKIFT FRA SEMI-TØR TIL VÅD RØGGASRENSNING

- Eksempel fra ARC
- Halvering af restproduktmængden ved skift til våd røggasrensning



RØGGASRENSNINGSRESTPRODUKTER: NY BAT REFERENCE NOTE OM AFFALDSFORBRÆNDING

Final draft 2018:

- BAT 28: Anvendelse af rågasmåling og recirkulering af restprodukt for bl.a. at begrænse kalkforbrug og restproduktmængde ved tør/semi-tør røggasrensning
- BAT 35: Håndtere og behandle slagge adskilt fra røggasrensningsrestprodukt (OK)
- Ingen BAT om valg af proces for at begrænse restproduktproduktionen eller forbedre karakteren af restprodukterne!

FLYVEASKE OG SEMI-TØRT RESTPRODUKT

UDFORDRINGER

- Økonomi - stort set al procesbehandling er dyrere end nuværende behandling, kun lille bidrag fra værdi af udvundne materialer og lempeligere håndtering af restprodukt
- Behandling giver måske forkert vej i affaldshierarki.
Efter behandling, hvor salt genvindes, er "deponering" af behandlingsrest en mulighed. Nu "nyttiggøres" restprodukterne som helhed.
- Spredning af forurening ved anvendelse til konstruktionsformål – og hvilke krav til indhold og anvendelse skal gælde?
- EoW-godkendelse af udvundne produkter (salte)
- Afsætning af udvundne produkter: salte, Zn-slam (lille mængde fra det enkelte anlæg),
- Anlæg til behandling på hver enkelt anlæg – eller central behandling
- Politiske ønsker til lokal behandling frem for international

BEHANDLING AF FLYVEASKE

Vask med sur skrubbevæske

Teknologi	Halosep	Fluwa	Renova
Kommercielt niveau	Fuldskala under opførelse	Flere anlæg i drift	Pilotskala
Udvinding af salte	Ja	Nej	Nej
Udvinding af Zn	Ja, Zn-Slam	Ja, Zn-Slam	Ja, Zn-Slam
Vaskerest	Deponering	Deponering	I slagge

TØR BEHANDLING AF FLYVEASKE OG SEMI-TØRT RESTPRODUKT

Traditionelt: cementstabilisering + deponering

Carbon8 (nu O.C.O. Technology Limited):

- Produktion af aggregat ved stabilisering med CO₂ og cement
- Flere fuldskalaanlæg i drift i England
- Positiv EoW-udtalelse fra Environment Agency, UK
- Aggregat ca. 2,5 gange restproduktmængde
- Anvendes som tilslag til betonprodukter – uden begrænsning (ca. 10%)

CARBON8 (O.C.O. TECHNOLOGY LIMITED):

MULIGHEDER

- "Genanvendelse" af restprodukt, ingen deponering,
- Begrænsning af eksport af farligt affald
- Behandling kan ske på centrale anlæg eller lokalt
- Økonomi stort set som NOAH

UDFORDRINGER

- Forudsætninger/rammer for implementering i Danmark (godkendelser mv.)
- Rammer for anvendelse af produkt?
- Hvilke tests skal/bør udføres (tekniske, miljø: indhold og udvaskning) ?
- Skal der sondres mellem flyveaske (med lavt indhold af dioxin og kviksølv) og semi-tørt restprodukt ?

MULIGHEDER

- "Genanvendelse" til industriel anvendelse (fx gipsplader, cementproduktion) ?
- Mængde af gips fra kulfyring reduceres
- Jordbrugsanvendelse ?

UDFORDRINGER

- Mængde lille fra det enkelte anlæg og fra danske forbrændingsanlæg som helhed
- Farve forskellig fra naturgips (fx mørkfarvning ved spor af aktivt kul og akse)
- Overholdelse af specifikationer for tungmetaller

SLAM FRA SPILDEVANDSRENS

MULIGHEDER

- Deponering

UDFORDRINGER

- Mængde lille fra det enkelte anlæg og fra forbrændingsanlæg som helhed
- Højt indhold af kviksølv – og andre tungmetaller

DET VIGTIGE

Slagge

- Stor mængde
- Veletableret sektor
- Stort potentiale for udvidet metaludvinding
- Stort potentiale for fortsat udnyttelse af slaggegrus gennem fokus på kvalitet

Flyveaske og semi-tørt restprodukt

- Farligt affald
- Potentiale for udvinding af salt og Zn
- Potentiale for produktion af aggregat
- Udfordringer:
økonomi, udviklingsstade,
produkt afsætning,
aggregater: rammer for anvendelse

TAK FOR JERES OPMÆRKSOMHED

TOR HULGAARD
TOH@RAMBOLL.COM