

05-09-19 DAKOFA SEMINAR: HÅNDTERING OG GENANVENDELSE
AF RESTPRODUKTER FRA AFFALDSFORBRÆNDING

HALOSEP FLYVEASKE BEHANDLING

- FRA FARLIGT AFFALD TIL IKKE-FARLIGT AFFALD OG
PRODUKTER TIL RECYCLING OG GENANVENDELSE

ERIK RASMUSSEN, STENA RECYCLING A/S

STENA METALL GRUPPEN

3.800

VI ER APPROX. 3 800
MEDARBEJDERE

26.681

SALG I MILLIARDER SEK

6

SEKS MILLIONER TONS
RECYCLET AFFALD

7

STENA METALL GRUPPEN
HAR SYV FORRETNINGS-
OMRÅDER

10

VI OPERERER I TI
LANDE

200

VI HAR MERE END 200
FILIALER



VESTFORBRÆNDING



AGENDA

1. Halosep flyveaske behandling

- Flow sheet, kemisk-teknisk proces gennemgang
- Halosep integreret med WtE anlæg "Vestforbrænding"
- LIFE Halosep projekt (VF)

2. Håndtering af Halosep produkter (basis er flyveaske fra VF)

- OS materiale (behandlet X-FGW > 1mm)
- Behandlet flyveaske (X-FGW)
- Salt produktet
- Metal produktet

3. HALOSEP projekter Vestforbrænding & Raudsand

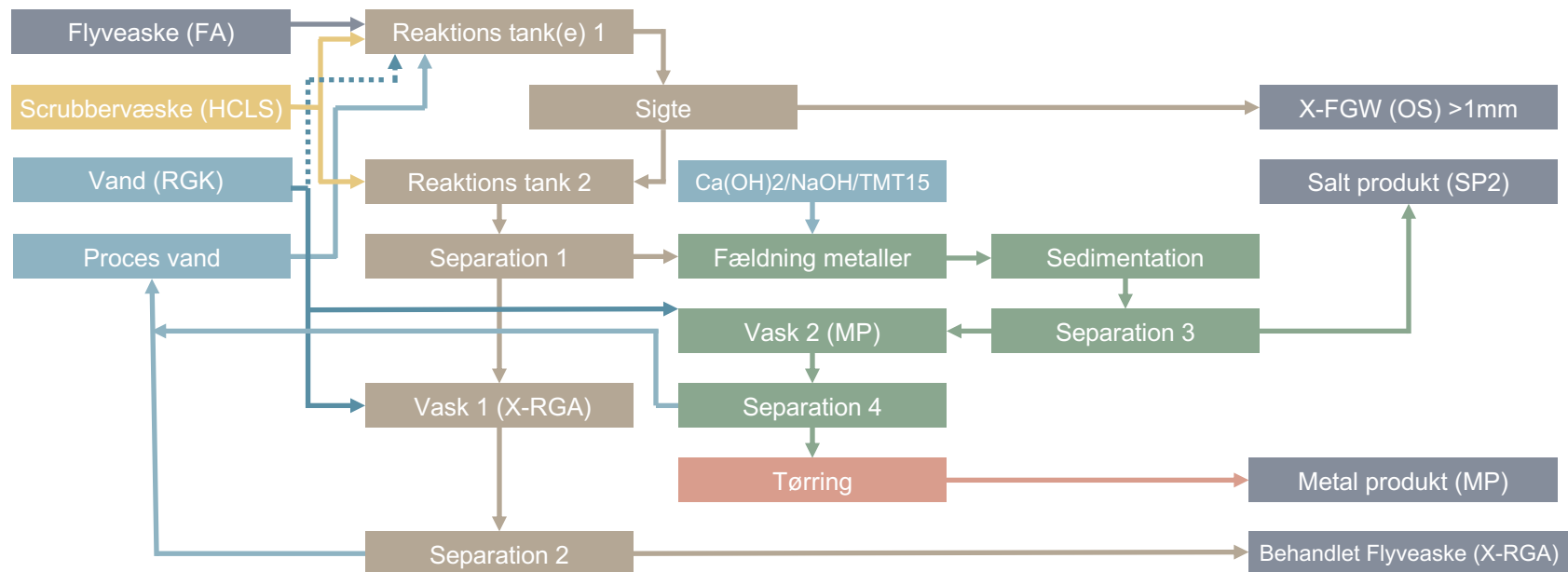
- LIFE Halosep fuld skala tests på VF
- Raudsand (Norge) anlæg for behandling af uorganisk farligt affald

HALOSEP FLYVEASKE BEHANDLING

OVERSIGT FLOW SHEET (HALOSEP "VF")

IND: FLYVEASKE OG (SUR) SCRUBBER VÆSKE

UD: HALOSEP PRODUKT STRØMME



HALOSEP FLYVEASKE BEHANDLING

KEMI I REAKTIONSTANKE

- Salte i flyveasken går helt/delvist i opløsning i procesvand og scrubbevæske (især CaCl_2 , NaCl , KCl , CaSO_4 og MgSO_4)
- Calciumhydroxid (i flyveaske) reagerer med scrubbevæsken. Der dannes salte, vand og varme (Q):
$$\text{Ca(OH)}_2(\text{s}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{Q}$$
- Flyveaskens carbonater reagerer med scrubbevæsken. Der dannes salte, vand, kuldioxid og varme:
$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{Q}$$
$$\text{ZnCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{Q}$$
- Andre mineraler (oxider, silikater mv) reagerer med scrubbevæsken. Der dannes metalsalte og vand f.eks:
$$\text{Zn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4 (\text{s}) + 6\text{HCl} \rightarrow x\text{Zn}^{2+} + 3-x\text{Fe}^{2+} + 6\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O} (\text{l})$$
$$\text{Zn}_2\text{SiO}_4 (\text{s}) + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{SiO}_4^{2-}$$
$$\text{PbO} (\text{s}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$$
$$\text{CdO} (\text{s}) + 2\text{HCl} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$$

PRODUKT FORDELING ASKE FRA "VÅD" ELLER "SEMI-TØR" RØGGAS RENSNING

Input 100% RGA	OUTPUT (FLYVEASKE) (VESTFORBRÆNDING)	OUTPUT (SEMI-TØRT RGA) (GL. AMAGERFORBRÆNDING)
Behandlet flyveaske (X-RGA)	60-61%	40-48%
Salt produkt	25-30%	42-50%
Metal produkt	~3%	~2%
X-RGA >1 mm (OS fraktion)	~1%	~1%
H ₂ O, CO ₂ (kemiske reaktioner)	5-8%	8-12%

REDUKTION AF UDVALGTE GRUNDSTOFFER FRA VF FLYVEASKE TIL X-RGA ("32 PILOT TESTS")

GRUNDSTOF	Ekstraheret fra VF flyveaske i %
Antimon (Sb)	48-83
Arsen (As)	4-59
Barium (Ba)	11-76
Bly (Pb)	20-53
Cadmium (Cd)	72-89
Calcium (Ca)	33-53

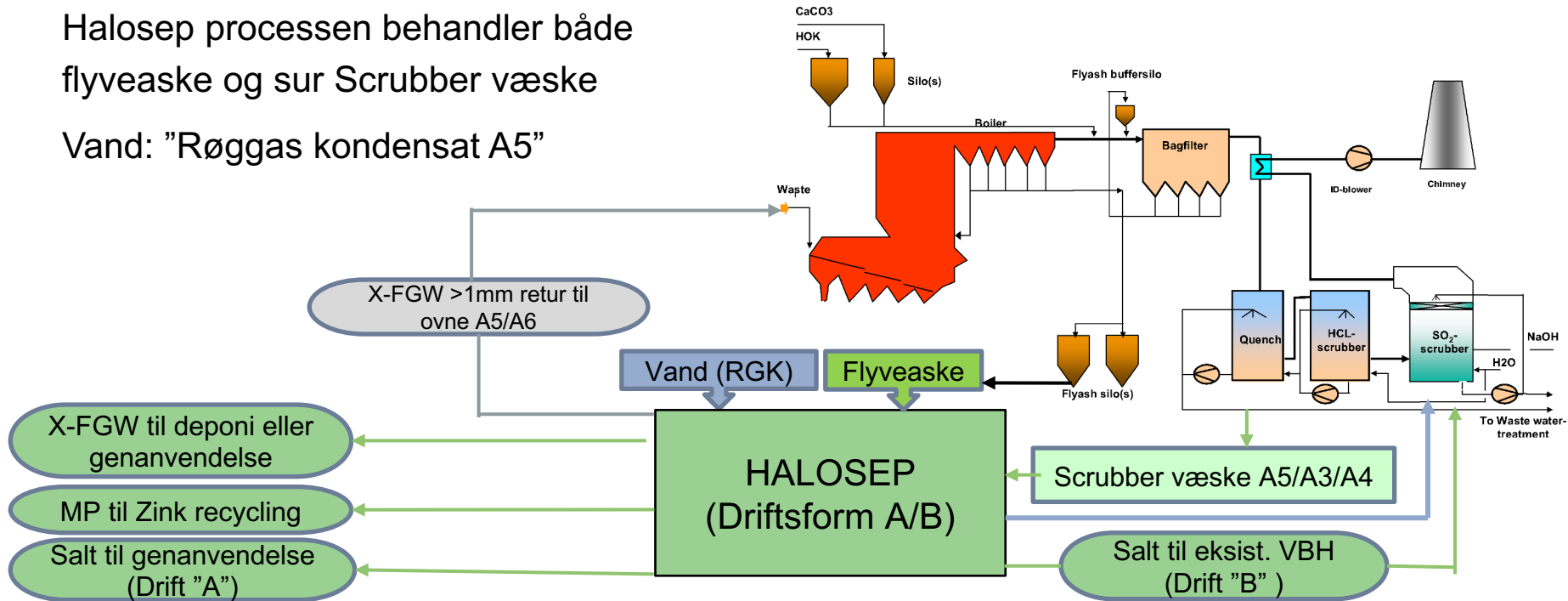
GRUNDSTOF	Ekstraheret fra VF flyveaske i %
Klor (Cl)	97-99
Natrium (Na)	88-91
Kobber (Cu)	5-42
Zink (Zn)	46-80
Tin (Sn)*	65-83

Stofreduktioner for udvalgte stoffer i % (resultater fra 32 pilot plant tests "driftform A" og "driftform B")
for HALOSEP behandling af flyveaske fra Vestforbrænding.

HALOSEP FLYVEASKE BEHANDLING PÅ WTE ANLÆG MED "VÅD RØGGAS RENSNING"

Halosep processen behandler både
flyveaske og sur Scrubber væske

Vand: "Røggas kondensat A5"



HALOSEP DEMONSTRATIONSANLÆG PÅ VF

"LIFE HALOSEP"

- PROJEKT FORMÅL

At opnå succesfuld demonstration af hvordan to affalds strømme fra røggasrensningen på forbrændingsanlæg, flyveaske og sur scrubber væske kan sambehandles og føre til en reduktion i mængden af affald (TS) til deponi på ca. 40-60%

- PROJEKT INFORMATION

Projekt start: 01/07/2016
Forventet slut dato: 31/12/2021

- KOORDINERENDE SELSKAB

Stena Recycling Int. AB, Sverige

- ASSOCIEREDE SELSKABER

Stena Recycling A/S, Danmark
I/S Vestforbrænding, Danmark

- PROJEKT BUDGET & FINANCIERING

Total projekt budget: 5.4 million EURO
Støtteberettiget budget: 3.8 million EURO
EU (LIFE) støtte: 2.3 million EURO

AGENDA

1. Halosep flyveaske behandling

- Flow sheet, kemisk-teknisk proces gennemgang
- Halosep integreret med WtE anlæg "Vestforbrænding"
- LIFE Halosep projekt (VF)

2. Håndtering af Halosep produkter (basis er flyveaske fra VF)

- OS materiale (behandlet X-FGW > 1mm)
- Behandlet flyveaske (X-FGW)
- Salt produktet
- Metal produktet

3. HALOSEP projekter Vestforbrænding & Raudsand

- LIFE Halosep fuld skala tests på VF
- Raudsand (Norge) anlæg for behandling af uorganisk farligt affald

HALOSEP PRODUKTER

X-RGA > 1 MM

Mængde (X-RGA>1mm):

- < 1 %(w/w) af Flyveaske (ind)

Indhold:

- TOC-indhold: 4-10% (w/w)
- X-RGA>1mm retur til ovnene



HALOSEP PRODUKTER BEHANDLET FLYVEASKE (X-RGA)

Mængde (X-RGA):

60-61 %(w/w) af Flyveaske (ind)

Uorganiske stoffer:

- Pb-indhold "32 pilot tests" ca. 0,5% (CLP Hazardous Waste limit value i 2015 = 0,5% (w/w))
- Ny Pb "CLP Hazardous Waste limit value": 0,30% (w/w)
- Pb indhold (tests VF, feb.2017)...: 0,24-0,27% (w/w)



HALOSEP PRODUKTER BEHANDLET FLYVEASKE (X-RGA)

Organiske stoffer:

TOC : typisk målte værdier: 0,4 - 0,8 %

Grænseværdi "Inert Affald" (IA) = 3 %

PCB's (POP): below detec. limit (<0,002 mg/kg)

Grænseværdi "Inert Affald" (IA) = 1 mg/kg

Aromatiske HC's (BTEX): < 0,2 mg/kg

Grænseværdi "Inert Affald" (IA) = 6 mg/kg

Carbon fraktioner "Sum Benzene-C40": 20-200 mg/kg

Grænseværdi "Inert Affald" (IA) = 150 mg/kg

PAH's (15): MP measured values < 0,01 – 0,03 mg/kg

Grænseværdi "Inert Affald" (IA) = 4 mg/kg

Konklusioner (X-RGA VF 2017):

Intet enkelt stof giver anledning til iboende "Farligt Affald" egenskaber i X-RGA fra VF



HALOSEP PRODUKTER BEHANDLET FLYVEASKE (X-RGA)

Klassifikation af X-RGA

- *Ikke relevante X-RGA "Hazardous Properties (HP'ere)":*
HP1(explosiv), HP2(oxiderende), HP3(brændbar),
HP9(smittefarlig), HP12(giftig gas udvikling)
- *IFA (Ikke Farligt Affald) X-RGA HP'ere:*
HP4(irritant), HP5(STOT/Aspiration), HP6(Acut Tox.),
HP7(Carcinogenic), HP8(Corrosive), HP10(Toxic reprod.),
HP11(Mutagenic), HP13(Sensitising to skin/respi.)
- *Ecotoxic HP14 ? HP14/N/H410:*
"Worst Case" klassifikation baseret på maximale udvasknings
værdier for Pb, Cu og Zn ved L:S=10 bliver X-RGA "IFA".
- Vi forventer også IFA klassifikation af X-RGA, hvis der
fremadrettet skal anvendes "biotests" til HP14
- Ved IFA klassifikation af X-RGA er genanvendelse en mulighed

Deponering af X-RGA ?

- Udvasningstests (batch- og kolonne) afgør om X-RGA skal til et deponi klasse IA1, MA1 eller FA1 (iht EU direktiv 2033/33) ?

HALOSEP PRODUKTER

X-RGA BATCH UDVASKNING

Deponering af X-RGA (iht EU direktiv 2033/33)

- Deponi for Inert affald "IA1" (IFA)
- Deponi for Mineralsk affald "MA1" (IFA)
- Deponi for Farligt affald "FA1"
- Special deponi (flyveaske kan ej deponeres lokalt)

Rå Flyveaske (venstre kolonne):

Bly og chlorid udvaskningen er over Farligt Affald (FA1) grænseværdier (iht. EU direktiv 2003/33). Kræver special deponi.

X-RGA (højre kolonne):

Sb udvaskning overskrider gældende MA1 grænseværdi en smule (MA1 limit=0,7 mg/kg). Ellers overholder X-RGA alle gældende grænseværdier for deponering på et lokalt deponi klasse MA1 (fra EU direktiv 2003/33)

BATCH UDVASKNING L:S=10 Rå Flyveaske og X-RGA fra Vestforbrænding PARAMETRE	Rå Flyveaske Udvaskningsdata (L:S=10) mg/kg	X-RGA (beh. FA) Udvaskningsdata (L:S=10) mg/kg
NVOC, non vol.org.carbon	40,5	43
Antimon (Sb), opløst	0,01	1,4 (MA1 limit=0,7)
Arsen (As), opløst	0,12	0,2
Barium (Ba), opløst	2,3	1,5
Bly (Pb), opløst	170 FA1 Limit = 50	0,01
Cadmium (Cd), opløst	0,05	0
Chloride, filtreret	75.000 FA1 Limit 25000	2.400
Chrom (Cr), opløst	2	0,18
Fluorid, filtreret	75	21
Kopper (Cu), opløst	0,29	0,01
Kviksølv (Hg), opløst	0	0,13
Molybdæn (Mo), opløst	4,7	3
Nikkel (Ni), opløst	0,01	0,01
Selen (Se), opløst	0,15	0,21
Sulfate, filtreret	35.000	15.000
Zink (Zn), opløst	15,5	0,1

HALOSEP PRODUKTER

X-RGA KOLONNE UDVASKNING

(32 PILOT PLANT TESTS)

Deponering af X-RGA (iht EU direktiv 2033/33):

 Deponi for Inert affald "IA1" (IFA)

 Deponi for Mineralsk affald "MA1" (IFA)

 Deponi for Farligt affald "FA1"

X-RGA L:S=10 (højre kolonne)

Antimon (Sb) udvaskningen ved L:S=10 kan overskride gældende MA1 grænseværdi (0,7 mg/kg) en smule

Alle andre udvaskningsværdier overholder gældende grænseværdier for deponering på et deponi klasse MA1

VF 8A	Driftform A	0.1 L/KG	2 L/KG	10 L/KG
As	mg/kg	IA1 (0,0012)	IA1 (0,018)	IA1 (0,096)
Ba	mg/kg	IA1 (0,021)	IA1 (0,14)	IA1 (0,57)
Cd	mg/kg	IA1 (0,00013)	IA1 (0,0012)	IA1 0,0022)
Cr	mg/kg	MA1 (0,017)	IA1 (0,18)	IA1 (0,4)
Cu	mg/kg	IA1 (0,00013)	IA1 (0,002)	IA1 (0,01)
Hg	mg/kg	IA1 (0,00002)	IA1 (0,0015)	MA1 (0,075)
Mo	mg/kg	MA1 (0,56)	MA1 (3,9)	MA1 (5,3)
Ni	mg/kg	IA1 (0,00013)	IA1 (0,002)	IA1 (0,01)
Pb	mg/kg	IA1 (0,00026)	IA1 (0,0071)	IA1 (0,027)
Sb	mg/kg	MA1 (0,011)	MA1 (0,18)	FA1 (1,2)
Se	mg/kg	MA1 (0,023)	MA1 (0,16)	MA1 (0,2)
Zn	mg/kg	IA1 (0,00065)	IA1 (0,0099)	IA1 (0,05)
Cl	mg/kg	MA1 (690)	MA1 (2100)	MA1 (2200)
F	mg/kg	MA1 (0,3)	MA1 (4,7)	MA1 (23)
SO4	mg/kg	MA1 (200)	MA1 (3300)	MA1 (15000)
DOC	mg/kg	IA1 (0,96)	IA1 (6,5)	IA1 (23)

HALOSEP PRODUKTER

X-RGA KOLONNE UDVASKNING

2018-TESTS "UDVASKNING OPTIMERING"

Deponering af X-RGA (Sb udvaskning optimering):

-  Deponi for Inert affald "IA1" (IFA)
-  Deponi for Mineralsk affald "MA1" (IFA)
-  Deponi for Farligt affald "FA1"

X-RGA (højre kolonne):

- *Antimon (Sb) udvaskningsværdien ved L:S=10 er 0,3 mg/kg dvs. under MA1 grænseværdien på 0,7 mg/kg*

En procesteknisk løsning til at overholde MA1 udvasknings grænseværdier for Antimon (Sb) er blevet udviklet

Alle udvaskningsværdier overholder hermed gældende grænseværdier for deponering af X-RGA på et lokalt deponi klasse MA1

Parameter	Målte udvaskningsværdier incl. farve kodning ifm X-RGA deponering (2018 tests) IA1 (grøn), MA1 (gul), FA1 (brun)		
	L:S 0,1 C0 mg/l	L:S 2 mg/kg	L:S 10 mg/kg
pH	> 6	> 6	> 6
DOC, dis..org.carbon	0,37	13	<5
Antimony (Sb), dis.	<0,0002	<0,0008	0,33
Arsenic (As), dis.	0,000024	<0,0003	<0,002
Barium (Ba), dis.	0,01	0,083	0,34
Lead (Pb), dis.	0,00091	0,075	<0,003
Cadmium (Cd), dis.	0,000015	0,00052	0,00041
Chloride, filtered	57	250	26
Chromium (Cr), dis.	0,0067	0,026	0,037
Fluoride, filtered	0,016	3,1	23
Copper (Cu), dis.	0,0014	0,024	<0,005
Mercury (Hg), dis.	<0,0001	0,00016	0,0015
Molybdenum (Mo), dis.	0,11	2,1	1,8
Nickel (Ni), dis.	0,00011	0,00091	<0,005
Selen (Se), dis.	0,0024	0,059	0,0092
Sulphate, filtered	53	1600	7100
Zinc (Zn), dis.	0,0024	0,019	<0,03

HALOSEP PRODUKTER

BEHANDLET FLYVEASKE (X-RGA)

Genanvendelse af X-RGA

- Undgå deponering af X-RGA
- Forudsætning: X-RGA klassificeres som IFA

Anvendelser af X-RGA som

- a. Erstatning for cement (cement egenskaber)
- b. Som additiv i beton (tørret & kloridfrit)
- c. Som konstruktionsmateriale ($K\text{-værdi} < 10^{-9}$)

Disse tre anvendelser af X-RGA vil blive testet og evalueret i LIFE Halosep projektets driftsperiode (gennemføres i løbet af 2020)



HALOSEP PRODUKTER

SALTPRODUKT

RECYCLING / UDLEDNING (DRIFT "A"/"B")

Saltprodukt

Mængden udgør 25-50 % (w/w) af flyveaske (ind)

Spormetaller

- Kolonne i midten: Grænseværdier for spormetaller i vejsalt til glatførebekæmpelse er vist i tabel 4.4 (kolonne i midten)
- Kolonne til højre: Spor metaller in Saltprodukt SP2 fra Vestforbrænding
- Salt kvaliteten er OK (sml. spor metaller i VF saltprodukt med grænseværdier i standarden EUSALT CEN TC337.

Konklusion

- Anvendelse af saltproduktet fra VF som vejsalt er teknisk muligt. Det vil blive testet i LIFE HALOSEP projektets driftsperiode

EUSALT Standard of De-Icing agents: CEN TC337 (TABLE 4.4)		SALTPRODUKT SP2-VF "DRIFT A"
Opløste stoffer- /metaller	Max Grænseværdi mg/kg TS	mg/kg TS
Al	50	0,03
As	2,5	0,01-0,05
Cd	2	0,03-0,9
Cr	5	0,02-0,03
Cu	5	< 0,01
Hg	0,5	< 0,01
Ni	5	< 0,01
Pb	5	0,01
Zn	20	0,1-0,3
Co	2	0,02
Hydrocarboner	100	< 20 (DOC)
Sulfater Type 1	Max. 1,5%	0,5-1% (w/w)*

HALOSEP PRODUKTER

METAL PRODUKT (MP)

Metal Produkt

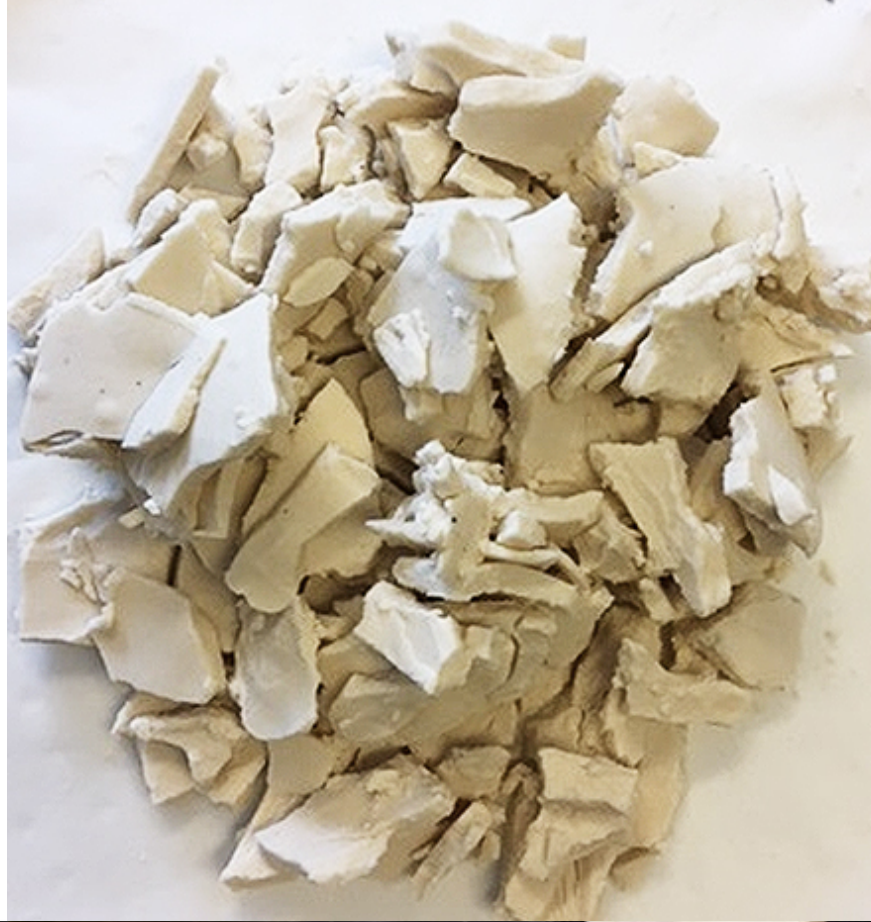
Mængden udgør ca. 3% (w/w) af flyveaske (ind)

Sammensætning

- Zink indhold 37-45 % (w/w) (56-68% zinkhydroxyd)
- Bly indhold 0,4-3,0% (w/w)
- Cadmium indhold 0,3-1,0 % (w/w)
- Andre stoffer Mg, Ca, Si, Cl, S, Al

Konklusion

- Metalproduktet sendes til Zink recycling for zink metaludvinding
- Optimering af zink udbytte og zink koncentration i MP vil blive testet i LIFE HALOSEP projektets driftsperiode



AGENDA

1. Halosep flyveaske behandling

- Flow sheet, kemisk-teknisk proces gennemgang
- Halosep integreret med WtE anlæg "Vestforbrænding"
- LIFE Halosep projekt (VF)

2. Håndtering af Halosep produkter (basis er flyveaske fra VF)

- OS materiale (behandlet X-FGW > 1mm)
- Behandlet flyveaske (X-FGW)
- Salt produktet
- Metal produktet

3. HALOSEP projekter Vestforbrænding & Raudsand

- LIFE Halosep fuld skala tests på VF
- Raudsand (Norge) anlæg for behandling af uorganisk farligt affald

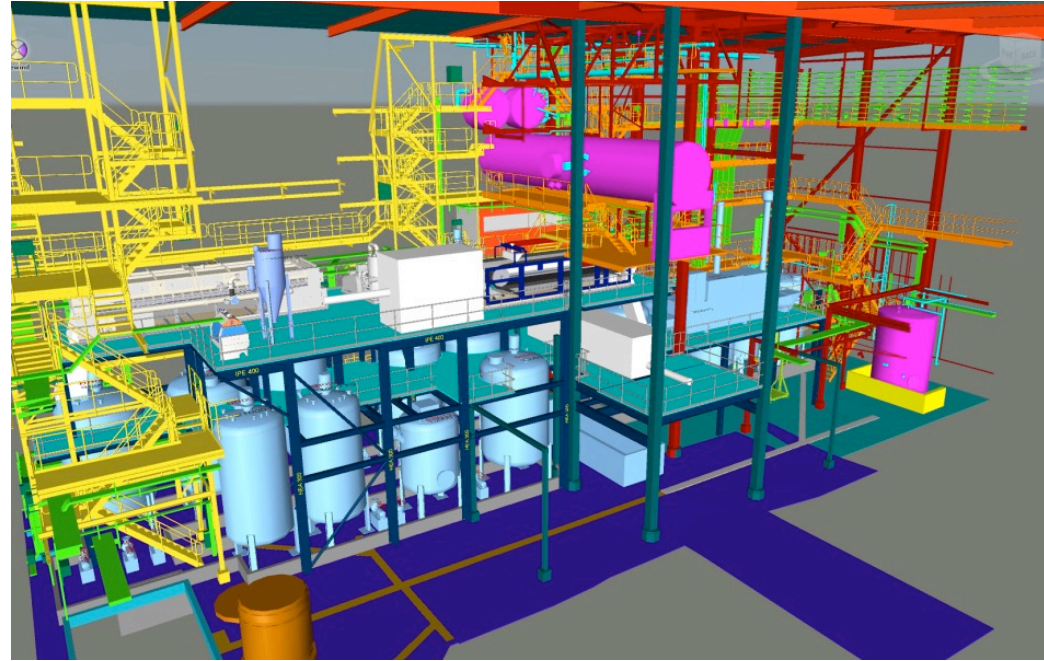
HALOSEP DEMONSTRATIONS ANLÆG (DANMARK)

LIFE HALOSEP - FORVENTEDE RESULTATER

- Bygge et ca.13.000 ton/år Halosep anlæg i en eksisterende Røggasrensning bygning på VF
- Vise at man kan Integrere Halosep anlægget i det eksisterende Røggasrensning anlæg samt det eksisterende spildevandbehandlingsanlæg (VBH) hos VF
- Totale omkostninger til behandling af flyveaske og scrubber væske forventes reduceret med 15-20%
- Kemikalie forbruget forventes reduceret med > 80%
- Mængden af behandlet flyveaske (TS) forventes reduceret til 60-61% af Flyveaske input mængden (eller TS reduktionen udgør 39-40%)

HALOSEP DEMONSTRATIONS ANLÆG (DANMARK)

HALOSEP ANLÆG VESTFORBRÆNDING "3D VIEW"



HALOSEP DEMONSTRATIONS ANLÆG (DANMARK)

LIFE HALOSEP - FULD SKALA TESTS 2020

4 driftsperioder (Grundlæggende karakterisering af X-RGA. Driftsøkonomi evaluering)

- "Lav salt (salt udledning Drift B)":
 - Anvendelse af behandlet Flyveaske (X-RGA) som et additiv i beton, cement eller som konstruktionsmateriale vil blive testet og evalueret i driftsperioden.
- "Høj salt (salt recycling Drift A):
 - Vise at saltproduktet kan recycles som et koncentrat med ca. 10% saltindhold. Det vil blive vurderet om op til 2.000 tons salt kan anvendes som vejsalt i vinter perioden.
- "Zn udbytte/konc. optimering":
 - Vise at Metal produktet (MP) med økonomisk fordel kan opgraderes til ca. 45% zink indhold. Zink udbyttet vil blive optimeret i løbet af driftsperioden.
- "Flyveaske fra andre WtE anlæg":
 - Behandling af Flyveaske fra andre WtE anlæg vil blive testet i løbet af LIFE HALOSEP driftsperioden.

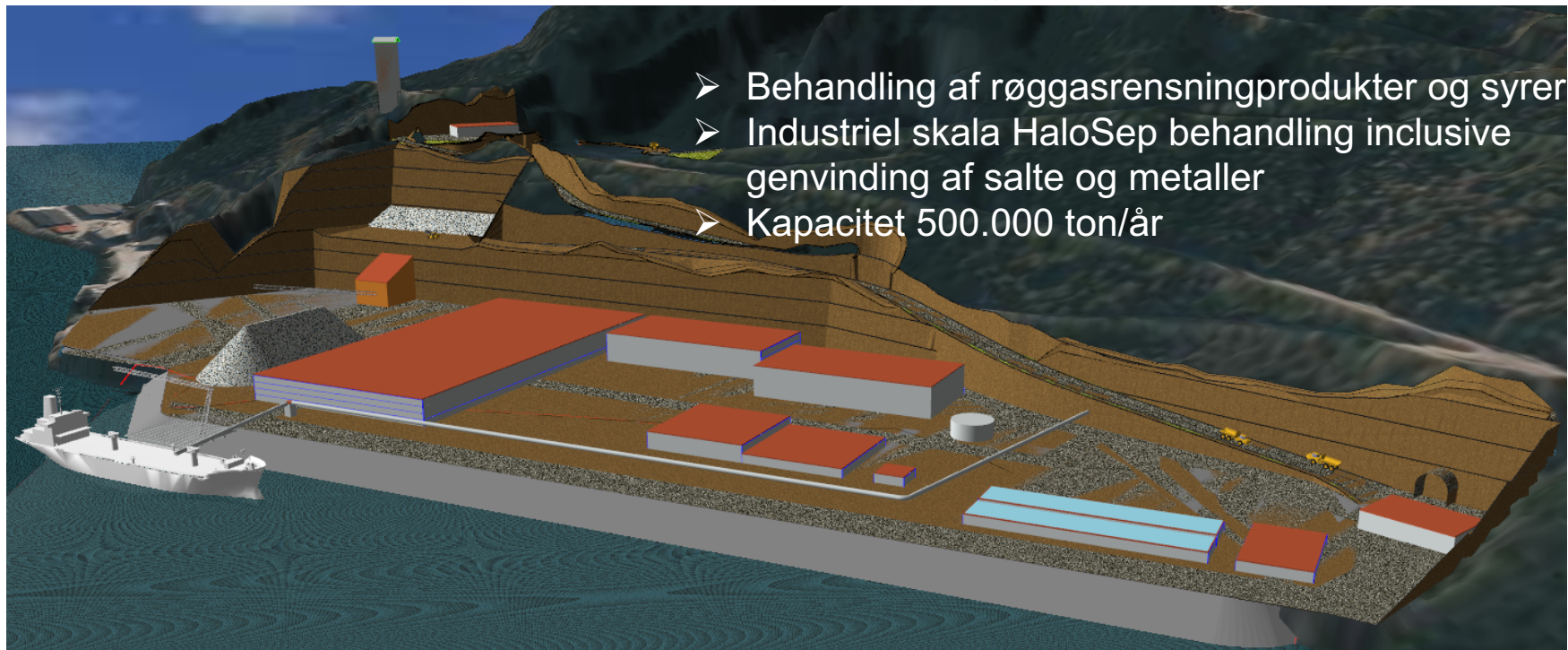
RAUDSAND 2023 (NORGE)

- Stena Recycling og Veidekke har indgået aftale om at bygge et centralt anlæg for genvinding af uorganisk farligt afald, som er klar til opstart i løbet af 2023
- Kan behandle tilnærmet alt uorganisk FA opstået i Norge samt dagens import (af f.eks flyveaske)
- Reguleringsplan anbefalet af FM (lokal MD repræsentant), behandles i KMD (Kommunal Moderniserings Departementet) i øjeblikket
- Alle miljøspørgsmål er udredet, ansøgning til Miljødirektoratet nært forestående
- Baseret på skandinavisk udviklet teknologi (HaloSep m.fl.)



BEHANDLINGSANLÆG RAUDSAND (Norge)

Kombination med stenproduktion og deponi i fjeldhaller



TAK FOR JERES OPMÆRKSOMHED

KONTAKT INFORMATION:

Stena Recycling A/S

Erik Rasmussen

Projektleder/Project Manager

Banemarksvej 40, DK 2605 Brøndby, Danmark

Mobil +45 2148 8211

E-mail: erik.rasmussen@stenarecycling.com