

# Præsentation

**Niels Henrik Johansen: Cand. Polyteknisk Kemi og biokemi**

**Jeg har arbejdet med kalk siden 1985 i mange forskellige sammenhænge**

---

- Rensning af spildevand
- Jordbrugskalk
- Rensning af søer
- Jordstabilisering ved motorvejsbyggerier
- Røggasrensning for svovl på kraftværker
- Anvendelse af kalk i industrien: maling, papir, gulvtæpper, tandpasta m.m.
- Tilsætning til foder
- Fremstilling af mørtler m.v.
- Seneste projekt er kalk som katalysator i pyrolyseprocessen for regenerering af plast.

**Min tilgang har altid været videnskabelig, med fokus på de fysisk-kemiske egenskaber som kunne beskrives og dokumenteres.**

# Kalkens kemi - råvare til bearbejdet produkter

Niels Henrik Johansen: Cand. Polyteknisk Kemi og biokemi

Jeg har arbejdet med kalk siden 1985 i mange forskellige sammenhænge

---

- Limestone:  $\text{CaCO}_3$
- Burnt lime:  $\text{CaCO}_3 + \text{varme} = \text{CaO} + \text{CO}_2$  [ $\sim 100\%$  TS]
- Dry slacked lime:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{varme}$  [ $\sim 100\%$  TS]
- Wet slacked lime:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{varme}$  [ $\sim 40\%$  TS]
- Lime milk:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}$  [ $\sim 10\%$  TS]
- Lime water:  $\text{H}_2\text{O} + \text{krystallinsk Ca(OH)}_2$  [ $\sim 2\%$  TS]

Det er en meget simpel kemi, og der burde ikke være så meget tvivl.

# Fra Middelalderen til 1980'erne:

I middelalderen blev kalk fremstillet ved at blande kalksten med brændsel. Det kunne være tørv, træ eller kul. Blandingen blev hældt ned i en skaktovn, hvorefter den blev tilmuret. Brændingen kunne tage mellem 3 og 7 dage, og temperaturen blev efter bedste evne forsøgt holdt konstant mellem 600-1200 °C.



I begyndelsen var der ikke mulighed for at kontrollere temperaturen. Senere udviklede man mulighed for at kontrollere lufttilførslen, hvilket påvirkede forbrændingstemperaturen.

Mange af de små kalkbrænderier rundt om i Danmark havde ikke en råvare, som i dag ville blive accepteret til produktion. Den var langt fra ren – der var ofte varierende mængder af magnesiumcarbonat, siliciumoxid, jernoxider og ler og aluminiumsilikater, der i varierende mængder sammen med forkullede rester af det anvendte brændsel, gav den brændte kalks egenskaber

# Historisk perspektiv:

Måden at håndtere og bearbejde  $\text{CaCO}_3$  har ikke forandret sig væsentligt i 1500 år, fra middelalderen og frem til 1980'erne.

For at sikre et godt håndværk i gamle dage, når man brugte bearbejdet  $\text{CaCO}_3$ , var det nødvendigt, at metoderne gik i arv fra generation til generation.

Den teknologiske revolution, der begyndte i slutningen af det tyvende århundrede, ændrede kraftigt på, hvordan man udvalgte råvaren gennem geologiske undersøgelser samt hvordan man bearbejdede den ved realtidsregulering af de fysiske parametre, der indvirkede på de bearbejdede materialers kvalitet.



# Fra Middelalderen til 1980'erne:

Der blev lavet brændt kalk, som blev videre forarbejdet til blandt andet mørtel. En del af disse "kontaminerende" stoffer, der blev tilført den brændte kalk dengang, gav mørtlen forskellige egenskaber, heriblandt ***naturlige hydrauliske egenskaber***.

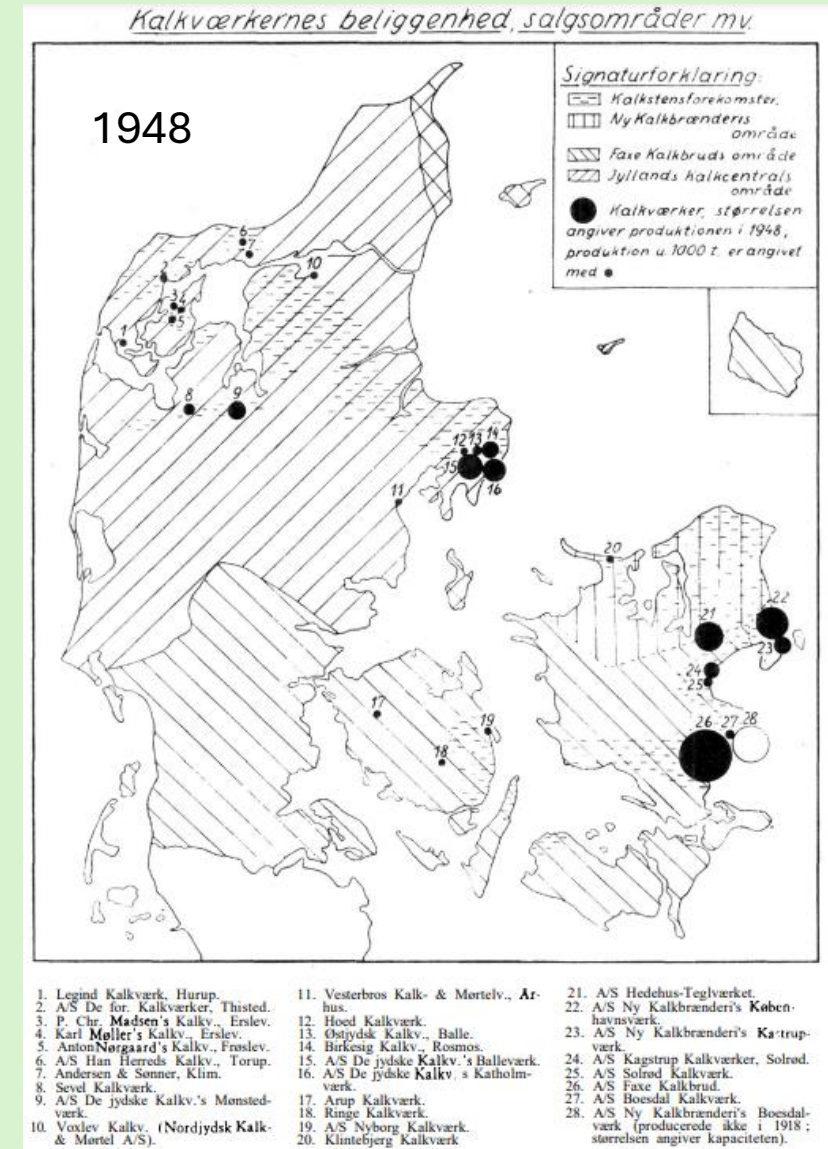
"Kontamineringen" havde også den negative side, at produceret kulekalk også indeholdt ureageret  $\text{CaCO}_3$  og delvis reageret  $\text{CaO}$ , afhængig af den temperatur, det havde været udsat for, samtidig med de urenheder som nævnt ovenfor. For at sikre et godt håndværk, når der skulle anvendes kulekalk, måtte dette ligge i kuler og modne (færdigreagere, opløses og sedimentere), inden produktet havde egenskaber, der ikke gav problemer.



# Den teknologiske revolution:

I første halvdel af det 20. århundrede lukkede mange kalkbrud på grund af dårlig råvarekvalitet og ineffektive ovne, der ikke kunne levere en bearbejdet vare af efterspurgt kvalitet. Kalkbrænderierne skrumpede ind og efterlod de kalkbrænderier, hvor der var gode råvarer tilgængelige.

- Vokslev kalkbrænderi (lukket i begyndelsen af 1900-tallet)
- Svendstrup kalkbrænderi (lukket i 1950'erne)
- Gøttrup kalkbrænderi (lukket i 1940'erne)
- Mønsted kalkbrænderi (lukket i 1980)
- Draugbjerg kalkbrænderi (lukket i 1872)
- Hjerm kalkbrænderi (lukket i 1941)
- Tingbæk kalkbrænderi (lukket omkring 1950)
- Djursland kalkværk (lukket i 1980)
- Faxe kalkbrænderi (i drift fra 1600-tallet til 1980'erne).



# KLIM KALKOVN, eksempel på udviklingen

Klim Kalkovn blev bygget i 1947 og var en af de første "moderne" skaktovne, der kunne driftes kontinuerligt. Den var i drift frem til 1977 og blev driftet af fire hårdtarbejdende mænd: én mand i kalkbruddet, én mand til transport fra brud til ovn inkl. neddeling inden påfyldning, én mand på dagvagt og én mand på nattevagt



# KLIM KALKOVN, eksempel på udviklingen

## Brændingsprocessen:

- Kalkstenstykker på ca. 30x20x10 cm blev pakket sammen med tørv, brænde og senere kul.
- Temperaturen skulle være over 900 °C for at sikre den kemiske proces, hvor kuldioxid spaltes fra kalkstenen og danner brændt kalk.
- Der skulle fyres en gang i timen for at holde temperaturen nogenlunde konstant.
- For at producere ca. 5 ton brændt kalk pr. døgn blev der brugt 10 ton råkalk, 7 rummeter træ og et halvt ton kul.





# KLIM KALKOVN, eksempel på udviklingen

Den brændte kalks egenskaber varierede afhængigt af brændingstemperaturen. Det var derfor vanskeligt at sikre, at den videre forarbejdning til kulekalk resulterede i en homogen kalkpasta, der umiddelbart kunne bruges til fremstilling af mørtel eller kalkmælk. Kalkpastaen (30-40% tørstof) skulle henligge i bassiner eller kuler i længere tid for at sikre, at den brændte kalk kunne færdigreagere.

Kalkstykker, der havde været udsat for høje temperaturer (1200-1300 °C), var særligt langsomme til at reagere med vandet, mens kalkstykker, der ikke var blevet udsat for den høje temperatur og kun delvis var blevet brændt, indgik delvis som tilslag i mørtlen eller reagerede meget langsomt med vandet over flere år.



Figur 1. Mørtel fra 1880, kbh

# KLIM KALKOVN, eksempel på udviklingen

**For produktion af kulekalk betød dette, at:**

- Kalkpastaen normalt skulle lagres mindst 3 måneder før brug til mørtelproduktion og gerne 1-2 år før brug til kalkmælk
- Jo dårligere den brændte kalk var, desto længere skulle "kulekalk" lagres. Derfor talte man om lagret kulekalk, - og det gav mening til op i 1980'erne.

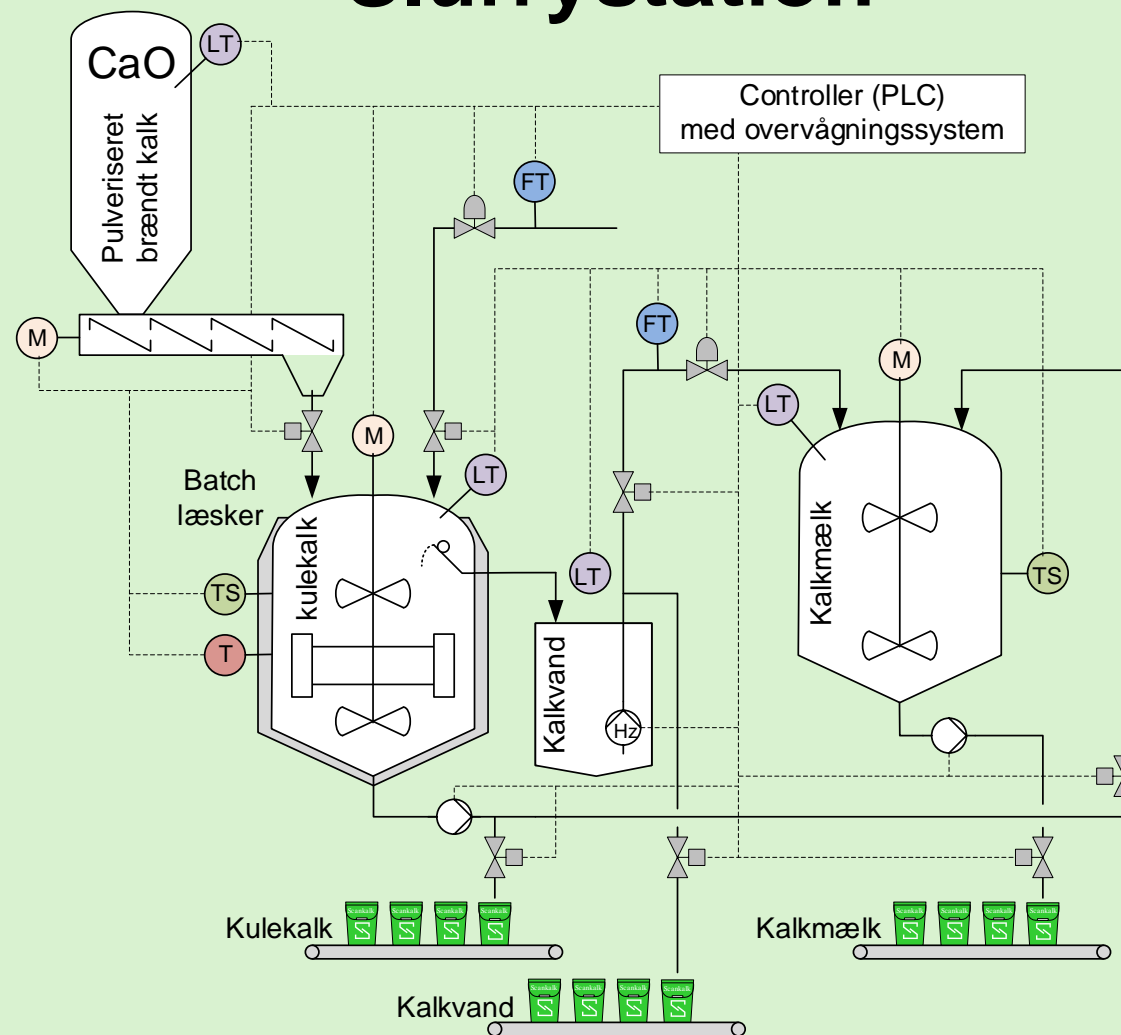
**Det er disse gamle produktionsregler der stadig hænger ved, selvom kalkbrænding og læskning har været automatiseret de sidste 30 år.**



# Moderne produktion:

- I dag styres ovnene i realtid med avancerede kontrolsystemer, der sikrer konstant høj kvalitet med et minimum af fremmedemner i det færdige produkt.
- Den bedste kulekalk opnås ved at anvende fin pulveriseret brændt kalk af høj kvalitet (93-98% renhed) med et højt indhold af aktiv CaO og en reaktionshastighed på 1,5 til 6 minutter (t60-værdi).
- Produktionen af kalkslurry (kulekalk) sker kontinuerligt med realtidsstyring af læsketemperaturen, hvor tilsætningen af rent vand er computerstyret ud fra en ønsket temperatur for læskeprocessen.

## Slurrystation



# Moderne produktion:

Det er en misforståelse, at kalkmælk skal produceres af lagret kulekalk. Hvis nogen påstår, at vellagret kulekalk giver en bedre kalkmælk, bør det kunne bevises fysisk-kemisk. Det samme gælder for påstanden om, at kalkmælk produceret på lagret kulekalk skulle have bedre fysiske egenskaber.

**Konklusion:** Et godt resultat opnås ikke ved trylleri og overlevering. Kalkmælk kan ikke sammenlignes med ost, hvor lagring forbedrer kvaliteten på grund af biologisk-kemiske processer. Fremstilling af kulekalk og kalkmælk er fysisk-kemisk betinget, og lagring afhjælper kun anvendelse af dårlige råvarer og dårlig produktionsstyring.

I dag opnås et godt resultat ved at anvende produkter af høj kvalitet med dokumentation for fremstillingen. Resultatet afhænger i dag mere af håndværkeren end af produktet, da råmaterialet, den brændte kalk, i dag er af høj og ensartet kvalitet.

