

# Saltforvitring (saltsprengning)

Per Storemyr





Hva har skjedd her?

Observert på en fuktig  
oktoberdag



Tørr februar dag



Tørr vårdag

# Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	<b>Faktorer</b>	<b>Vårt case</b>
	Salttyper/saltkilde(r)	
	Aggressive salttyper	
	Fuktkilde(r)	
	Fukttransport	
	Oppkonsentrering salt	
	Sårbart material	
	Krystalliseringssted	
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær

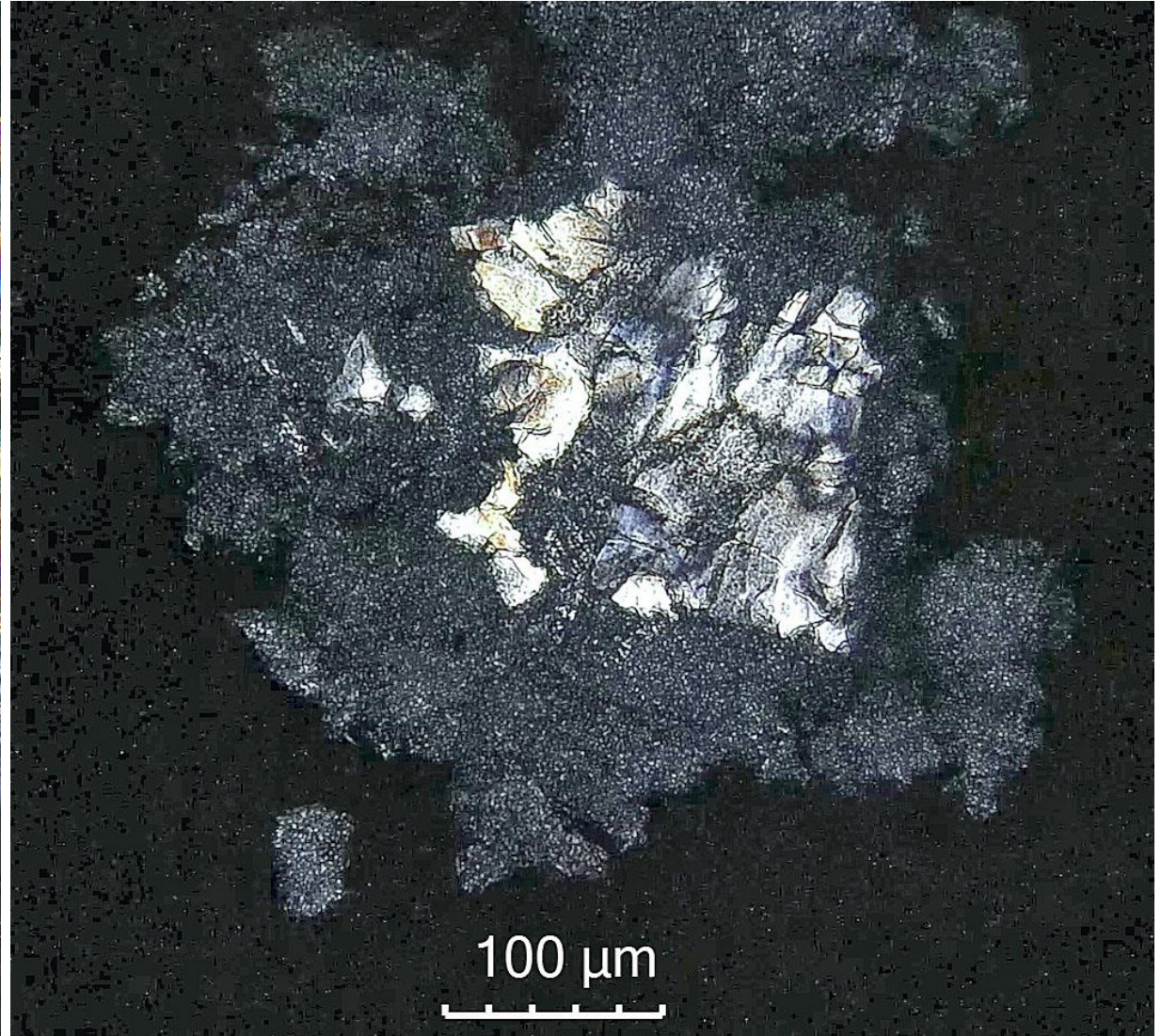
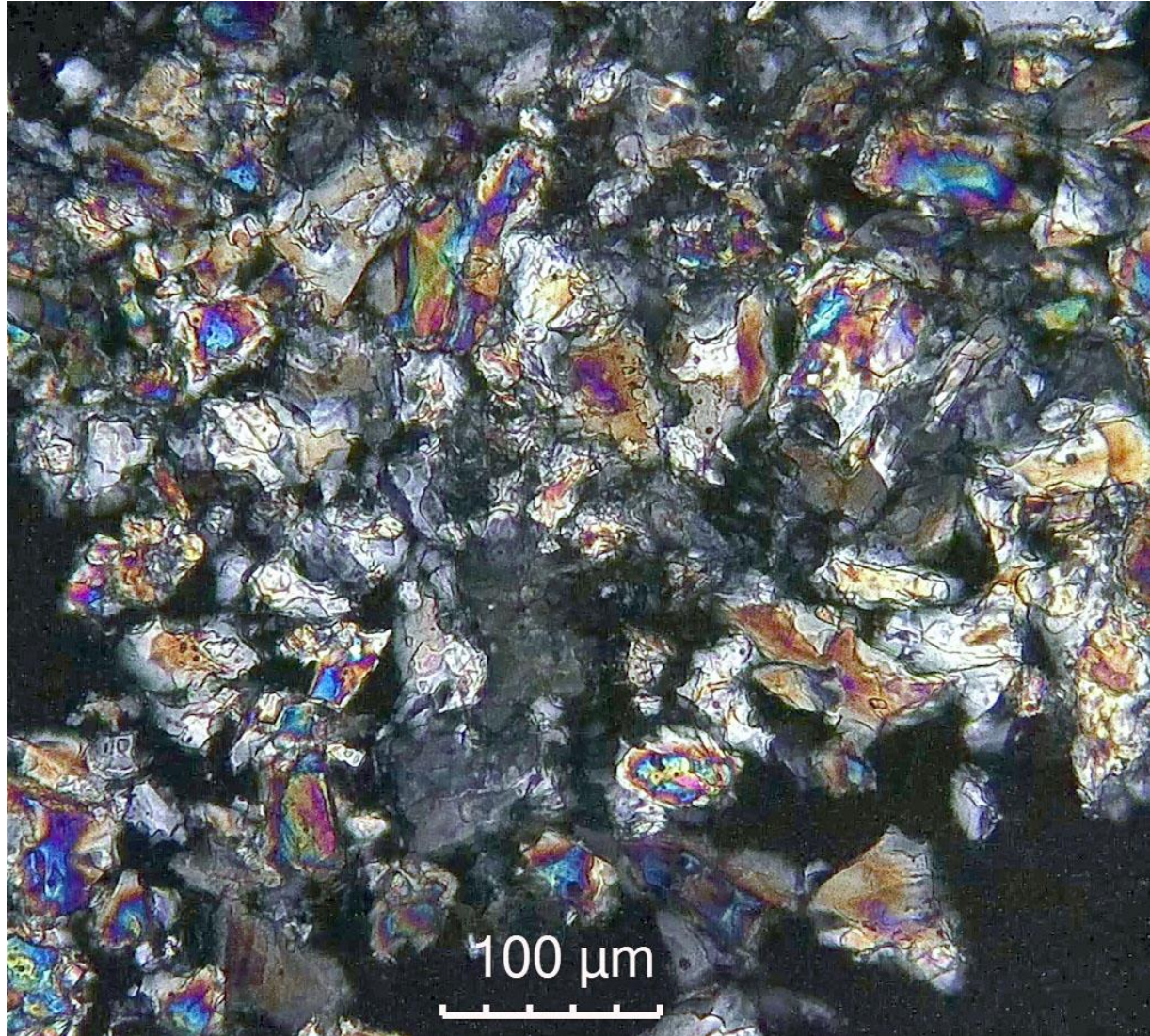


Ganske aktiv saltforvitring

Basisk  
pH  
ca. 12

# Natron/thermonatritt (+mirabilitt/thenarditt)

Analysert med indikatorpapir (pH, sulfat, nitrat, klorid), 10% HCl og polarisasjonsmikroskopi



# Vanlige salttyper på kulturminner

Gruppe	Navn	Kjemisk formel
Karbonater	Kalkspat	$\text{CaCO}_3$
	Dolomitt	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
	Magnesitt	$\text{MgCO}_3$
	Nesquehonitt	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
	Lansforditt	$\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	Hydromagnesitt	$\text{Mg}_5[\text{OH}(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Natron	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	Thermonatritt	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Trona	$\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Nahcolitt	$\text{NaHCO}_3$
Kalicinite	$\text{KHCO}_3$	
Sulfater	Gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Bassanitt	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
	Epsomitt	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	Hexahydritt	$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Kieseritt	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Mirabilitt	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	Thenarditt	$\text{Na}_2\text{SO}_4$

	Arcanitt	$\text{K}_2\text{SO}_4$
	Bloeditt	$\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Aphthitalitt	$\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$
	Picromeritt	$\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Boussingaultitt	$(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Syngenitt	$\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Gorgeyitt	$\text{K}_2\text{Ca}_5(\text{SO}_4)_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Darapskitt	$\text{Na}_3(\text{SO}_4)(\text{NO}_3) \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Humberstonitt	$\text{K}_3\text{Na}_7\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_6(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Ettringitt	$\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$
	Thaumasitt	$\text{Ca}_3\text{Si}(\text{OH})_6(\text{CO}_3)(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Klorider	Bischofitt	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Antarcticitt	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Tachyhydritt	$\text{CaMg}_2\text{Cl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
	Halitt	$\text{NaCl}$
	Sylvitt	$\text{KCl}$
Nitrater	Nitrokalsitt	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Nitromagnesitt	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Nitratitt	$\text{NaNO}_3$
	Niter	$\text{KNO}_3$
	Ammonium nitrat	$\text{NH}_4\text{NO}_3$
Oksalater	Whewellite	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Weddelite	$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

## Natriumkarbonater

- Typisk fra sement, kan være fra vannglass

## Natriumsulfater

- Ofte fra teglstein, ofte sement



# Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	<b>Faktorer</b>	<b>Vårt case</b>
✓	Saltkilde(r)	Sement, vannglass? teglstein?
✓	Aggressive salttyper	Ja, natriumkarbonat/sulfat
	Fuktkilde(r)	
	Fukttransport	
	Oppkonsentrering salt	
	Sårbart material	
	Krystalliseringssted	
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær

Ingen  
ytre kilde



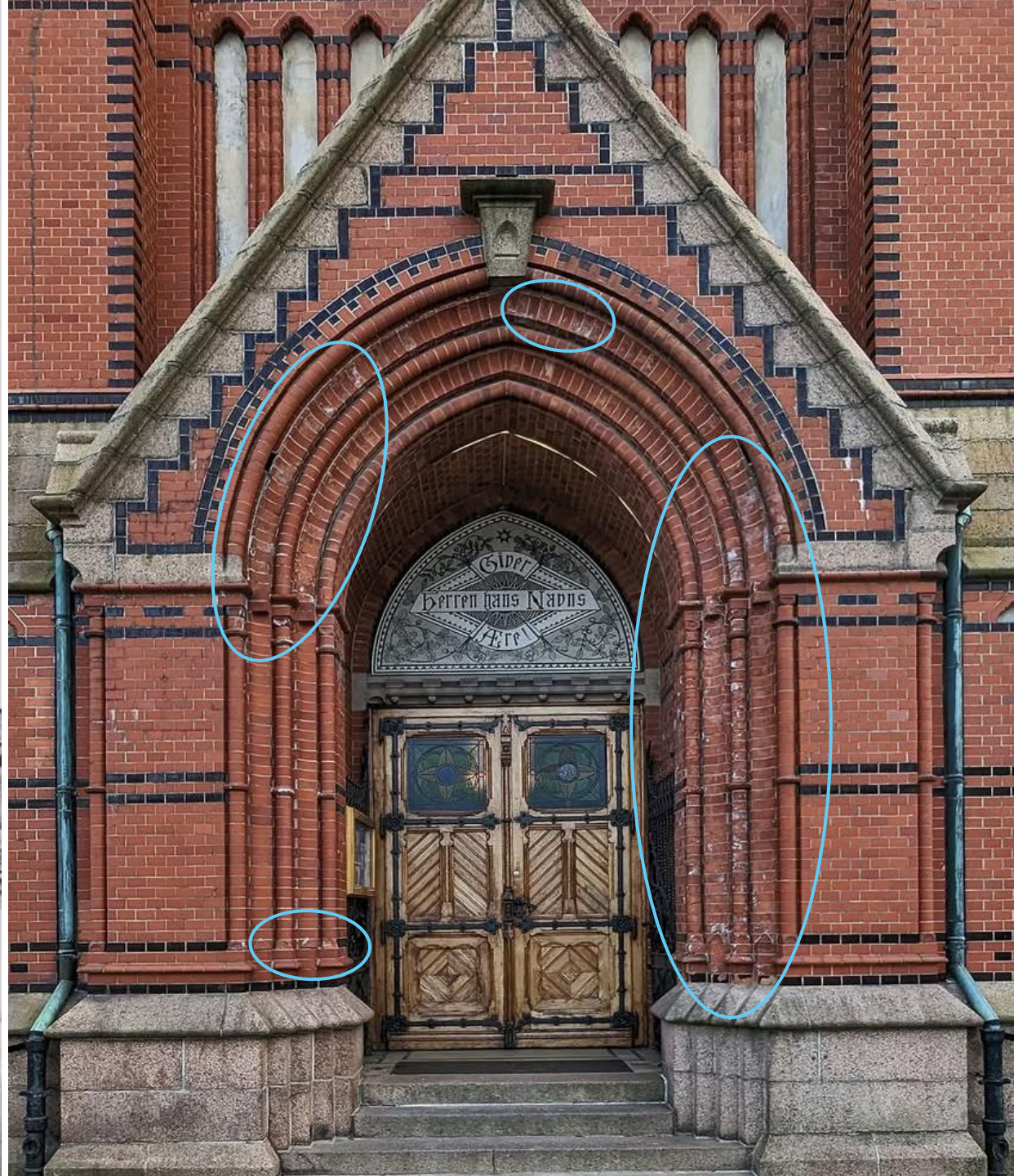
Flak og biter blir sprenget ut

# Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	<b>Faktorer</b>	<b>Vårt case</b>
✓	Saltkilde(r)	Sement, vannglass? teglstein?
✓	Aggressive salttyper	Ja, natriumkarbonat/sulfat
	Fuktkilde(r)	
	Fukttransport	
	Oppkonsentrering salt	
✓	Sårbart material	Tegl med «tett» porestruktur
✓	Krystalliseringssted	Under overflate
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær



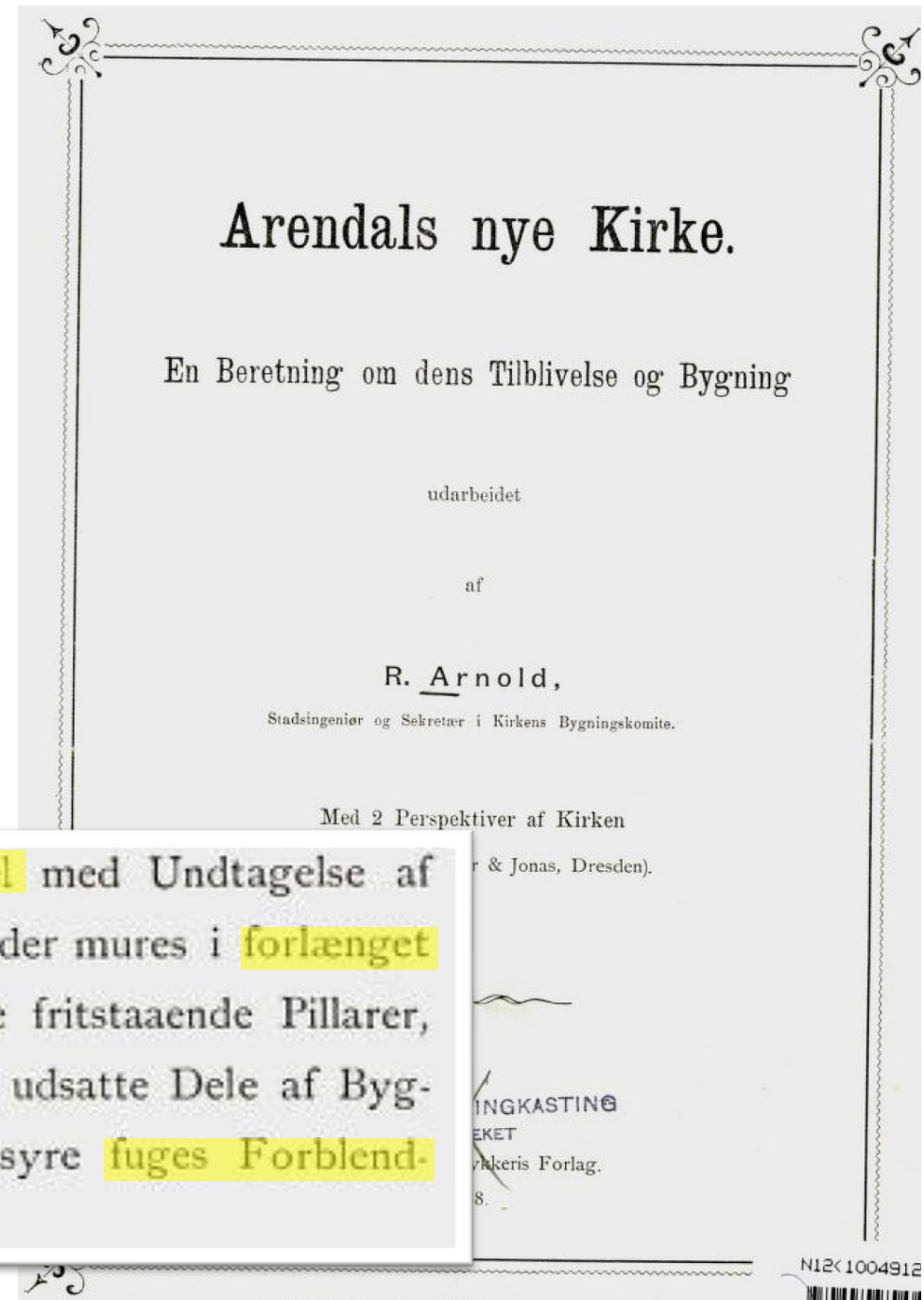
Mittet, nb.no





# Materialer 1885-1887

- Murstein fra Skarpnes
- Forblendingsstein/formtegl fra Stettin (Preussen)
- Granitt fra Grimstad
- Kalk fra Brambani (Sandvika)
- Sement fra ?? (sannsynligvis Tyskland)

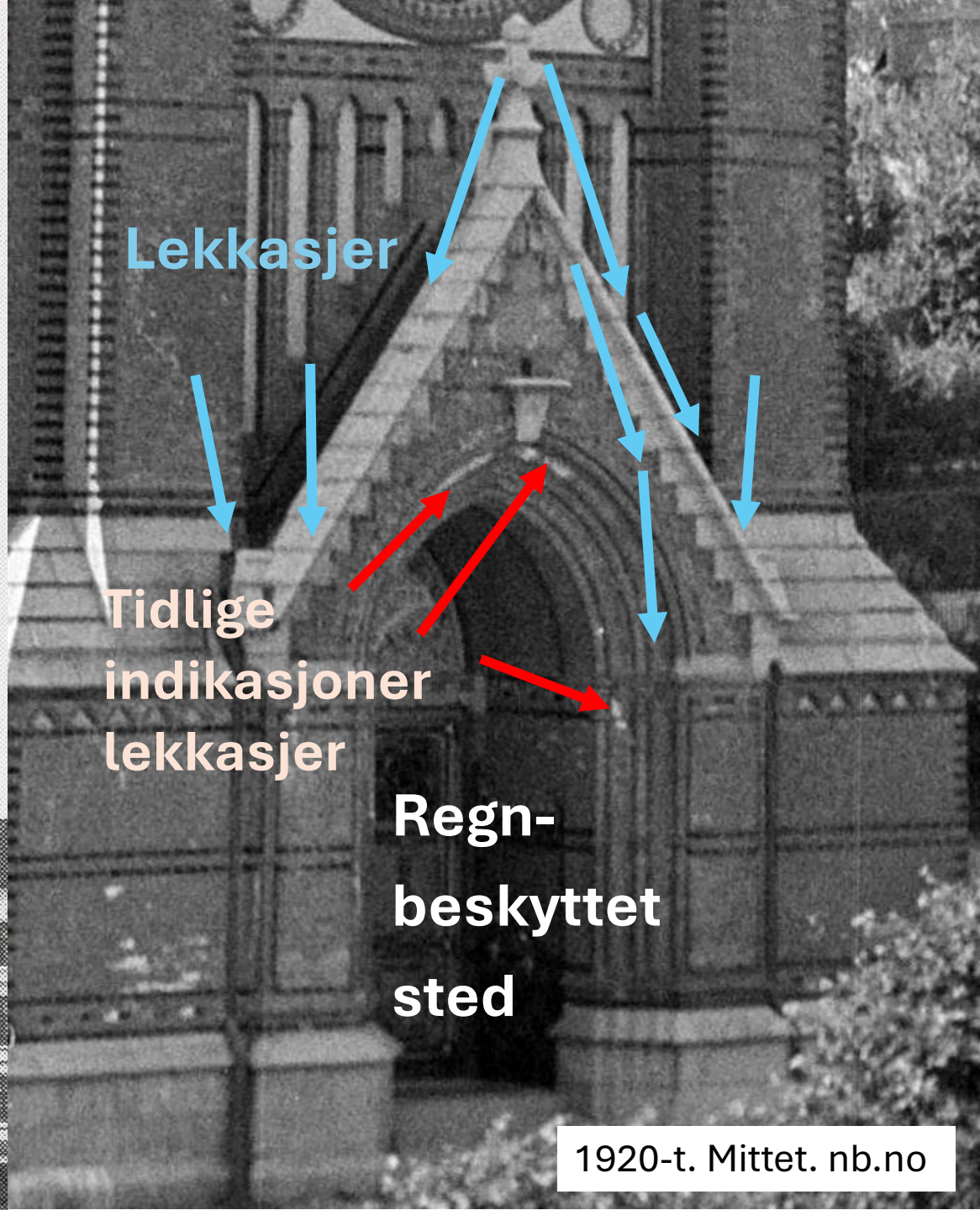


1. **Murarbeider.** Disse bliver at udføre i **Kalkmørtel** med Undtagelse af Buerne over Døre og Vinduer samt den øverste Del af Taarnet, der mures i **forlænget Cementmørtel**; ligeledes mures i **Cementmørtel** de indvendige fritstaaende Pillarer, Skraafladerne under Vinduerne og flere andre for Veiret særlig udsatte Dele af Bygningen. Efterat være omhyggelig rensset med fortyndet Saltsyre **fuges Forblendstensmurværket med Cementmørtel** tilsat en gul Farve.

**Mange restaureringer**



1909. Fra «Skagerrak-katedralen 100 år», nb.no



**Lekkasjer**

**Tidlige indikasjoner lekkasjer**

**Regn-beskyttet sted**

1920-t. Mittet. nb.no

# Hva kreves for å få «aggressiv» saltforvitring?

	<b>Faktorer</b>	<b>Vårt case</b>
✓	Saltkilde(r)	Sement, vannglass? teglstein?
✓	Aggressive salttyper	Ja, natriumkarbonat/sulfat
✓	Fuktkilde(r)	Langvarige lekkasjer
✓	Fukttransport	Kapillært i materialene
✓	Oppkonsentrering salt	Regnbeskyttet sted
✓	Sårbart material	Tegl med «tett» porestruktur
✓	Krystalliseringssted	Like under overflate
✓	Gjentatt krystallisasjon/sprengn.	Veksling tørt/fuktig vær





# Hva kan generelt gjøres?

- Finn fuktkildene, stopp lekkasjer, legg beslag
- Rikelig dimensjonering av renner og nedløp
- Fjern saltkilden
- Fjern uheldige og tette materialer
- Erstatt med mer diffusjonsåpne materialer
- Bruk kalkpuss inne som offersjikt
- Kontroller inneklima
- Konservering/avsalting

**... om mulig og/eller nødvendig**

# Fuktkilder

- Lekkasjer
- Oppstigende fukt / bakkefukt
- Kondens / hygroskopisk fukt

# Saltkilder

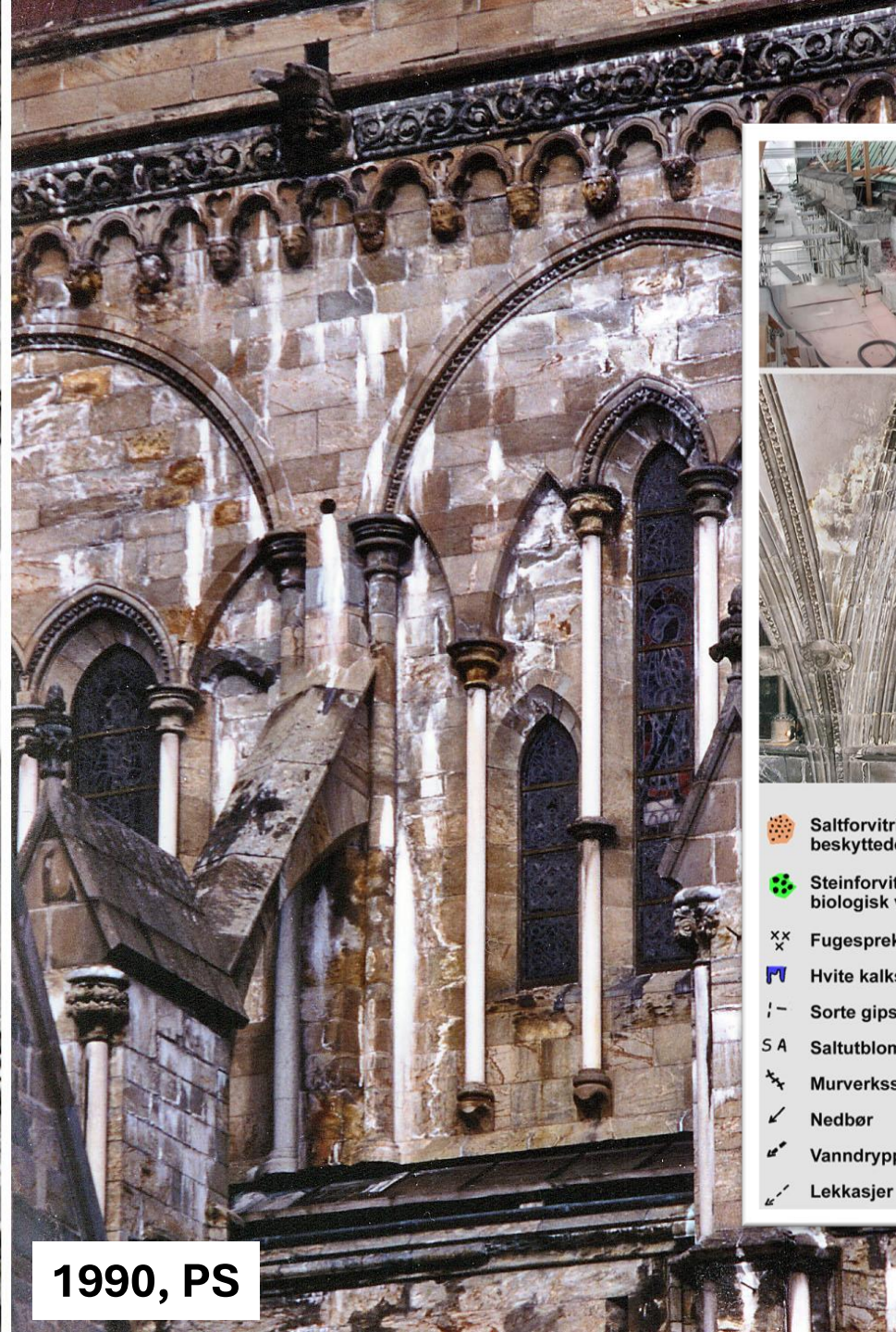
- Materialer
- Grunnen
- Bruken
- Atmosfæren

# Nidarosdomen

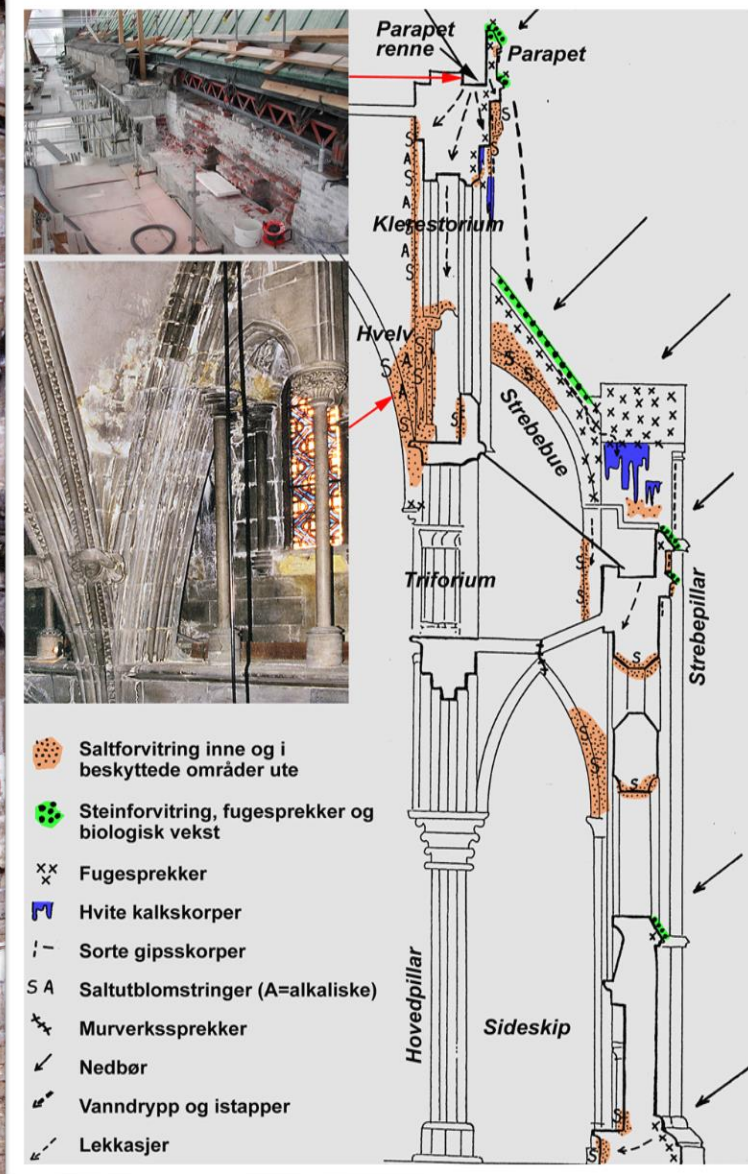
## Lekkasjer og enorm saltforvitring



1890, NDRs arkiv



1990, PS



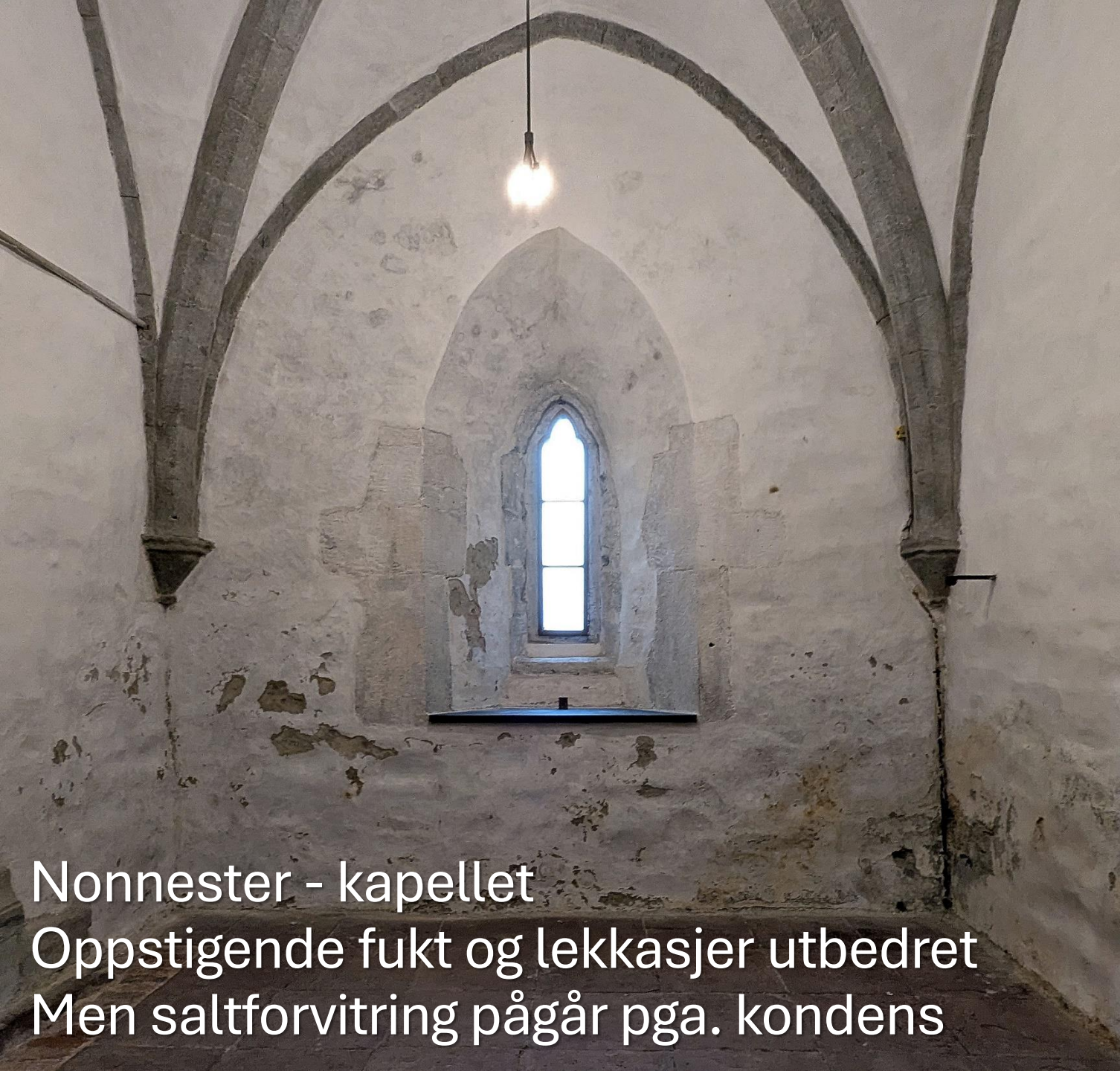
Restaurering i 20 år  
- inkl. beslag overalt...



Mariakirken  
lekkasjer før  
langvarig  
restaurering







Nonnester - kapellet  
Oppstigende fukt og lekkasjer utbedret  
Men saltforvitring pågår pga. kondens





Lepramuseet  
St. Jørgen hospital  
Oppstigende fukt

