



**15. SLOVENSKI  
KONGRES**

**O PROMETU  
IN PROMETNI  
INFRASTRUKTURI**



## **Eksperimentalna analiza vplivov soli na učinkovitost izboljšanja morskih glin z apnom za gradnjo nasipov**

**Blaž Jeraj, mag. inž. grad. (Igmatt d.o.o.)**

**izr. prof. dr. Ana Petkovšek, univ. dipl. inž. geol. (UL FGK – upokojena)**

**asist. dr. Jasna Smolar, univ. dipl. inž. grad. (UL FGK)**

# Vsebina

- 1. Ozadje, namen in cilj**
- 2. Okvirni program laboratorijskih preiskav**
- 3. Rezultati laboratorijskih preiskav**
- 4. Ugotovitve**

# 1.1 Ozadje

- Reful (morski sediment) v Luki Koper - postopek refuliranja ni problematičen, primanjkuje pa površin za gradnjo novih kaset → iskanje novih možnosti ravnanja z refulom.
- Poskusno ožemanje na tračnih filtrih (2018) → **ciljana vlaga ni dosežena.**



akumulacija refula



$w_{povp} = 83 \%$  (reful po filtraciji – tračni filter – **ni vgradljiv**)

# 1.2 Testna nasipa v Lukki Koper (2018)

**Nasip 1** (ožet in dodatno osušen reful)

$W_{opt} = 27 \%$

$w = 25-40 \%$  (laboratorij)

$w = 20-26 \%$  (izotopska sonda)

$\Delta w = 5-15 \%$  (kloridi)

$E_{vd} = 3-12 \text{ MPa}$

**Nasip 2**

(ožet in dodatno osušen reful)

$w = 40-55 \%$

ni vgradljiv!



sušenje na zraku → ustvarjanje suhe skorje na površini → nehomogena vlaga

*izboljšanje z anorganskimi dodatki?*

## 1.3 Namen in cilj

- Raziskati vpliv dodatka apna na lastnosti naravno slanega refula.
- Raziskati vpliv soli na lastnosti refula / z apnom izboljšanega refula.

*Virov o vplivih soli na zemljine/z apnom izboljšane zemljine je malo, stališča pa niso enotna.*

## 2 Laboratorijske preiskave - program

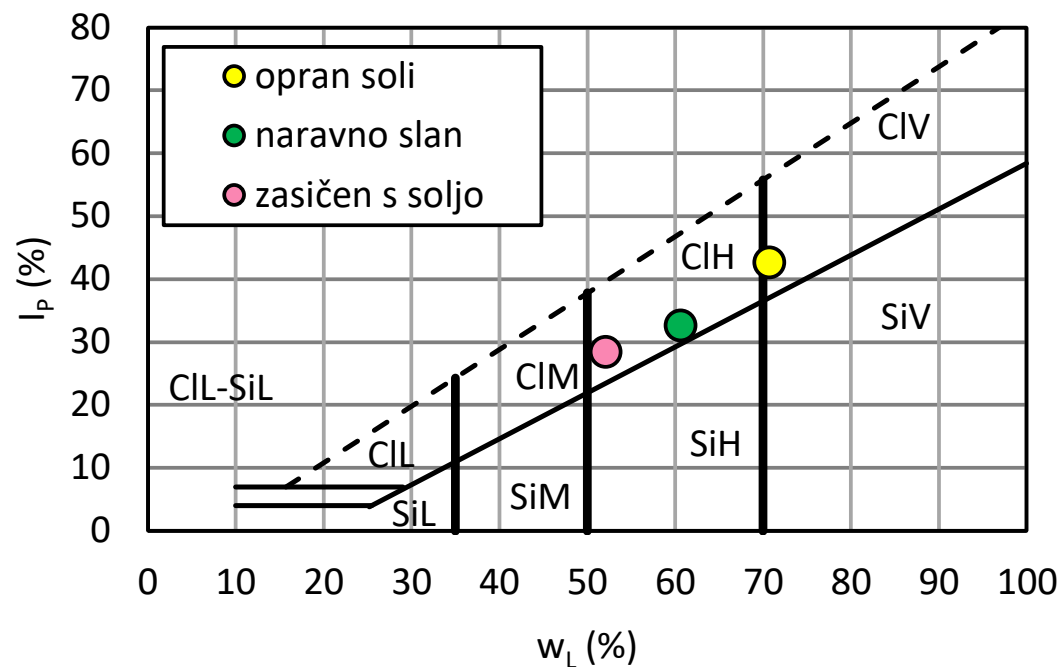
| Vhodni vzorci   | NaCl (g/l) | Vlaga TT | Apno | Preiskave   |
|-----------------|------------|----------|------|---|
| Opran soli      | 5-6        | 30 %     | 0 %  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indeksne lastnosti (Atterbergove meje, Enslin, MB, retencijska krivulja)</li> <li>• Proctorjev test</li> <li>• pH</li> <li>• Enosna TT (0, 1, 4, 7, 28 dni)</li> <li>• CBR1, CBR2</li> </ul> |
| Naravno slan    | 20-25      | 33 %     | 3 %  |   |
| Zasičen s soljo | 300        | 35 %     | 5 %  |   |

**Priprava mešanic:** različno slane vhodne vzorce refula smo na zraku posušili do želene vlage, jih homogeno premešali, naribali in dodali apno.



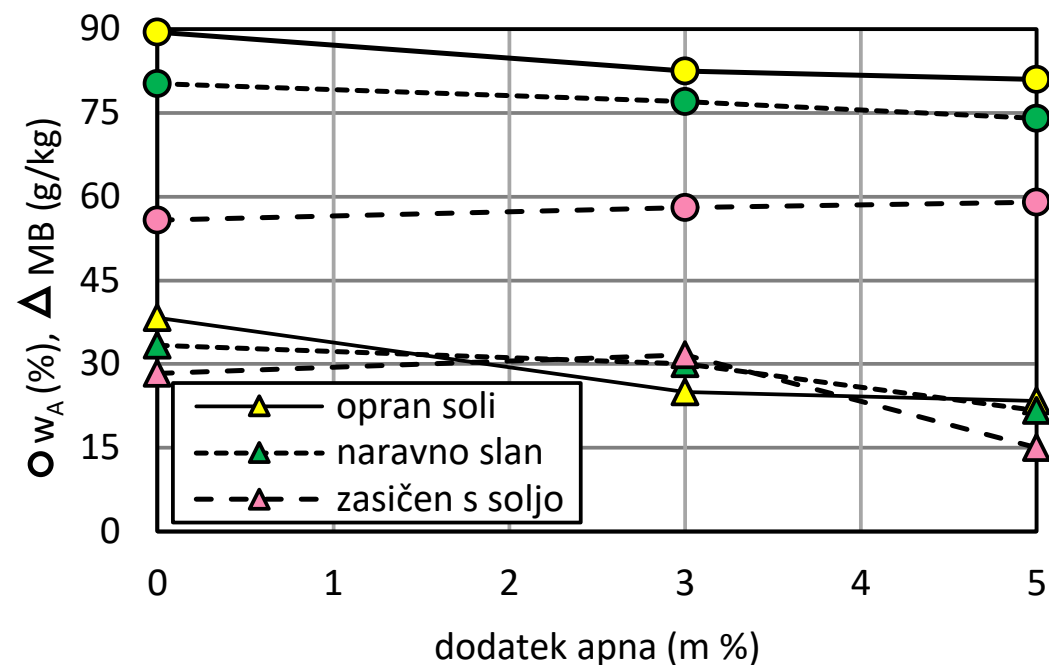
# 3 Rezultati

## Vpliv soli na položaj v diagramu plastičnosti

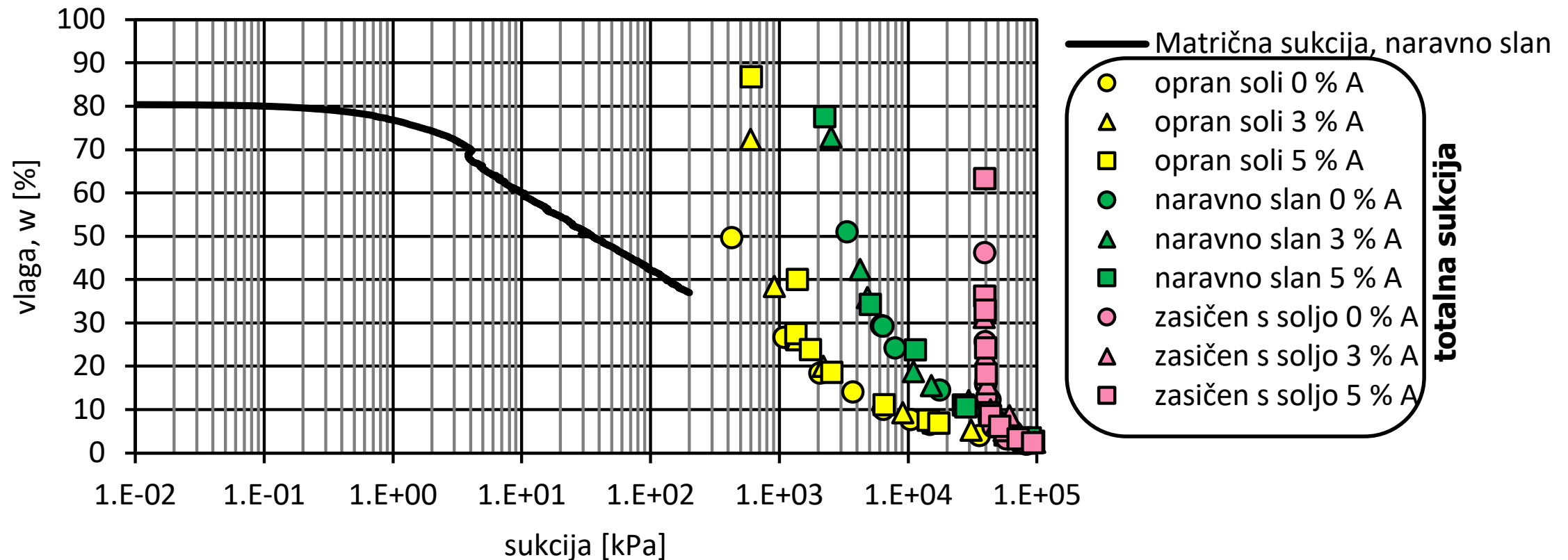


višja vsebnost soli  $\rightarrow$  nižji  $w_L$  in  $I_p$   
 ✓ skladno z literaturo

## Vpliv soli in dodatka apna na vodovpojnost ( $\bullet$ ) in metilen modro ( $\blacktriangle$ )



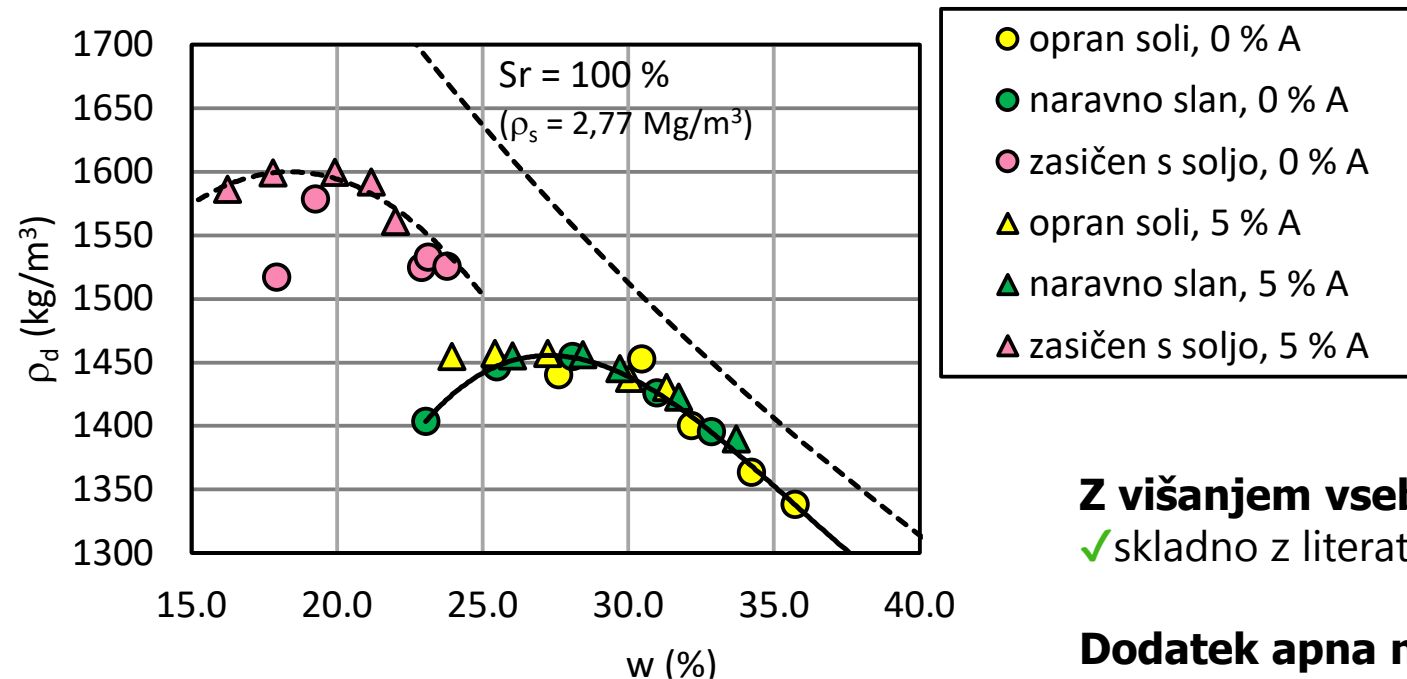
# Vpliv soli in dodatka apna na sukucijo



**Vsebnost soli (osmotska sukucija) ima velik vpliv na potek retencijske krivulje.**  
**Pri refulu z enako vsebnostjo soli vpliva apna na totalno sukucijo nismo prepoznali.**  
*Zaradi visoke osmotske sukucije, je sušenje refula na zraku zamudno in neekonomično.*



# Vgradljivost (Standardni Proctorjev test - SPP)



**Z višanjem vsebnosti soli se nižja  $w_{\text{opt}}$  in višja  $\rho_{\text{dmax}}$**

✓ skladno z literaturo

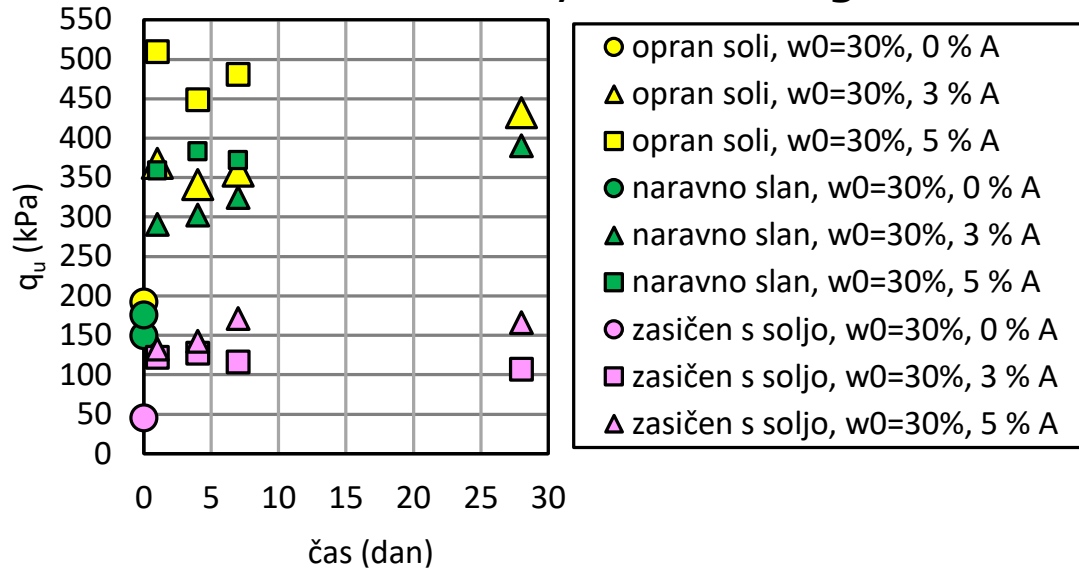
**Dodatek apna nima bistvenega vpliva na  $w_{\text{opt}}$  in  $\rho_{\text{dmax}}$**

✗ ni skladno z literaturo („z dodatkom apna se zemljini zniža maksimalna suha gostota, optimalna vlaga pa rahlo poviša“)

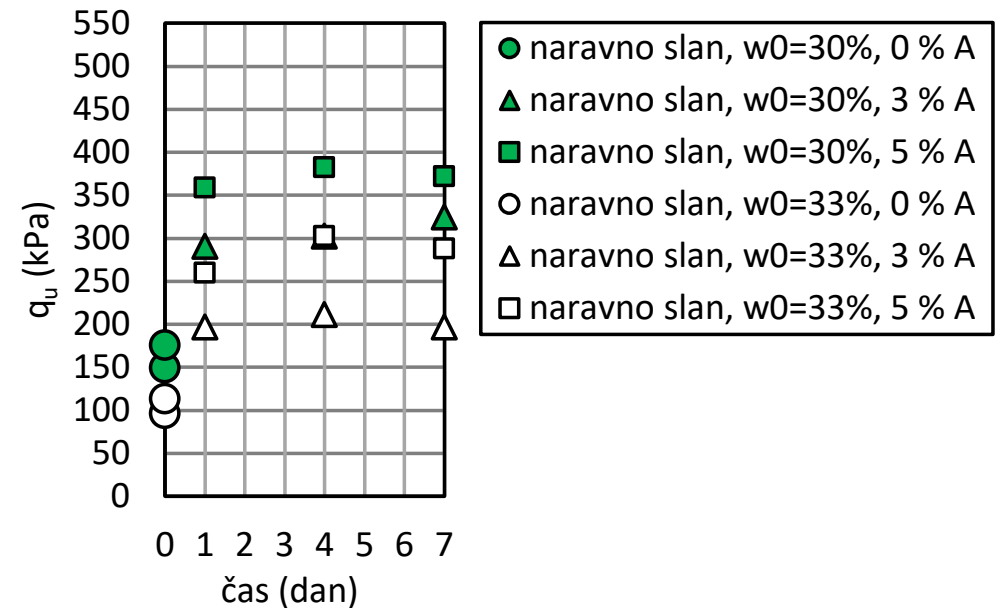
Optimalno vlažna mešanica refula in apna  $\rightarrow$  težavna vgradnja v kalupe  $\rightarrow w_{\text{opt}}$  je prenizka za vgrajevanje mešanice na terenu

# Enoosna tlačna trdnost

Različno slan reful; začetna vlaga 30 %



Naravno slan reful; začetna vlaga 30 % oz. 33 %



|                  | Opran soli | Naravno slan | Zasičen s soljo |
|------------------|------------|--------------|-----------------|
| Tlačna trdnost   | $q_u$      | $< q_u$      | $< q_u$         |
| Wopt (+5 % A)    | 27 %       | 27 %         | 18 %            |
| W sveže mešanice | 30 %       | 30 %         | 30 %            |

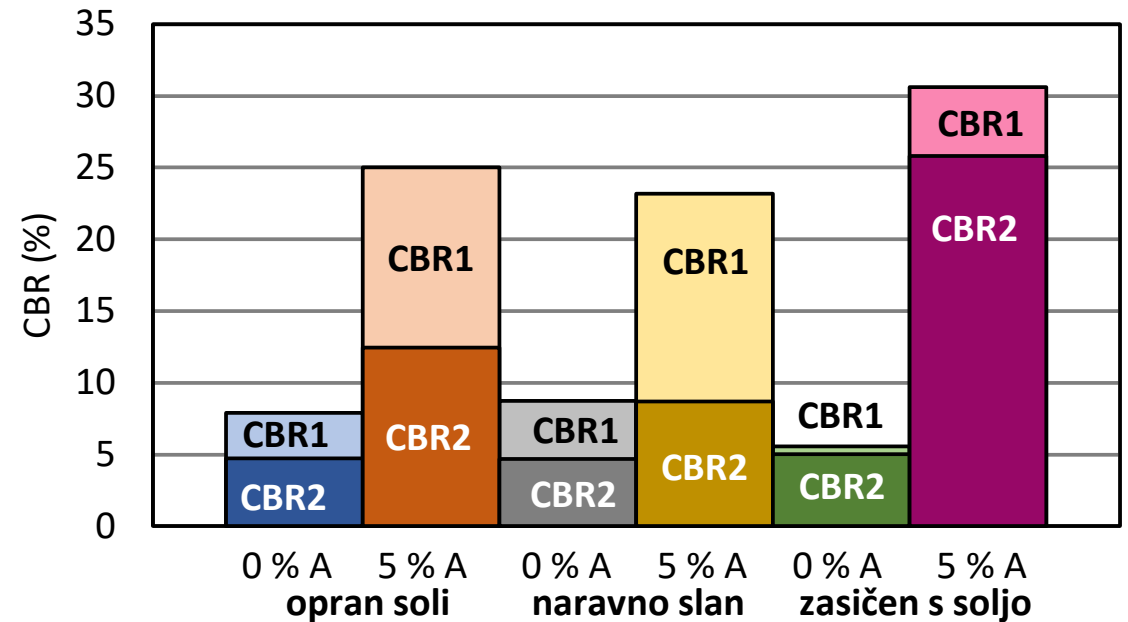
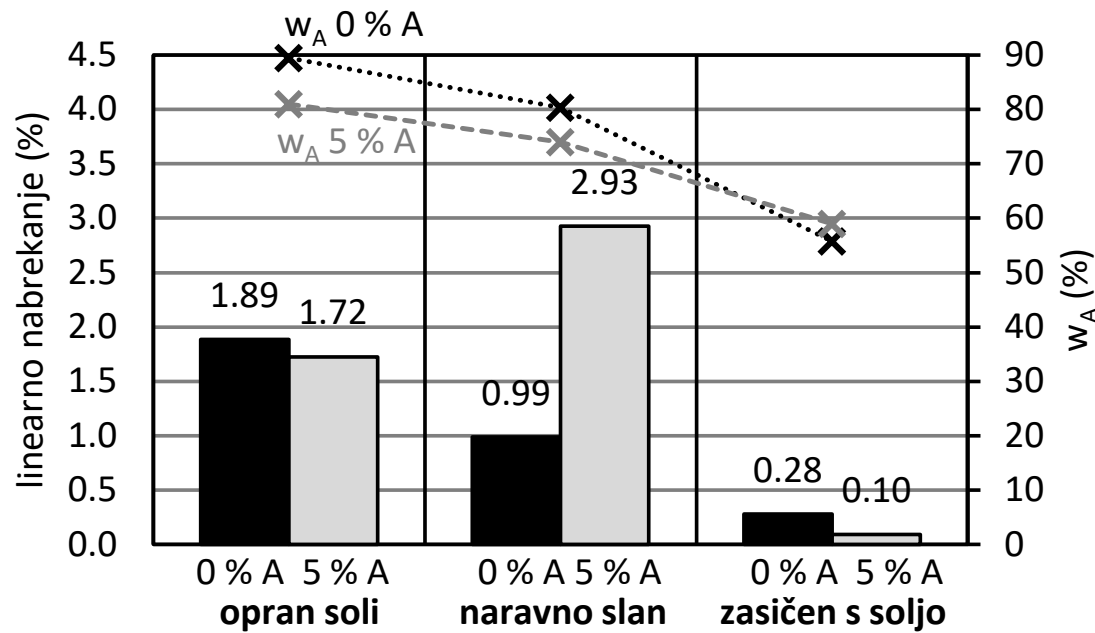
začetna vlaga refula ima znaten vpliv na učinek apna

$q_u$  nar. slan ( $t_{nega} = 7$  dni)  $< 0,5$  MPa (PTP, knjiga 3, 1989)

# Linearno nabrekanje in CBR

**Linearno nabrekanje**  
**opran soli > naravno slan > zasičen s soljo**

**začetna vlaga = optimalna vlaga**



## 4 Ugotovitve

- Vsebnost soli zniža: **plastičnost, adsorpcijo vode, optimalno vlago.**
- Dodatek apna ugodno vpliva na tlačno trdnost.
- Škodljivih vplivov soli na obnašanje refula/refula izboljšanega z apnom, nismo prepoznali.

*Tretiranje refula z apnom je lahko eden od načinov za izboljšanje vgradljivosti ter bolj učinkovite rabe refula pri gradnji novih transportnih in parkirnih površin v Luki Koper, vendar pa morajo biti najprej zagotovljeni ustrezni pogoji vlažnosti refula.*

*Z vzdržno rabo veziv ne moremo „osuševati“ visoko vlažnega refula.*