8.WPGI2024

Wpływ cementacji pochodzenia antropogenicznego na parametry wytrzymałościowe piasków rzecznych tarasu praskiego, analiza przypadku.

TOMASZ SZCZEPAŃSKI, PIOTR ZAWRZYKRAJ

UNIWERSYTET WARSZAWSKI,
WYDZIAŁ GEOLOGII,
KATEDRA GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ I GEOMECHANIKI

Wprowadzenie, dotychczasowe badania:

Niekontrolowane zmiany w środowisku geologicznym wywołane działalnością węzła betoniarskiego w obrębie osadów niespoistych tarasu praskiego w Warszawie

Piotr Zawrzykraj
Paweł Rydelek
Anna Bąkowska
Uniwersytet Warszawski Wydział Geologii

7.WPGI 2021

www.czasopisma.pan.pl PAN www.journals.pan.pl

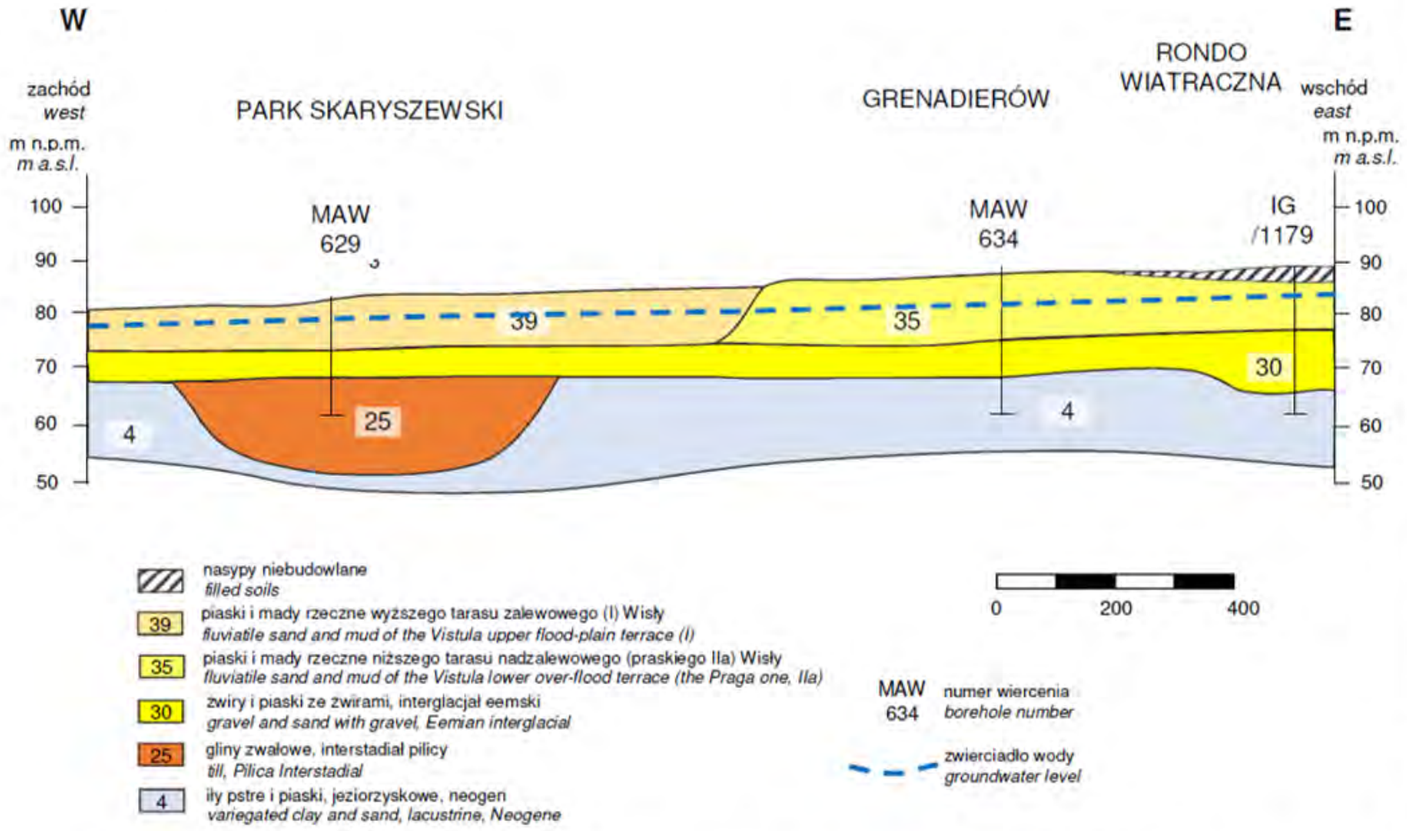
Acta Geologica Polonica, Vol. 72 (2022), No. 4, pp. 519–528
DOI: 10.24425/agp.2022.142648

Ettringite as a factor causing structural strengthening of fluvial sand from the Praski terrace (Warsaw, Poland)

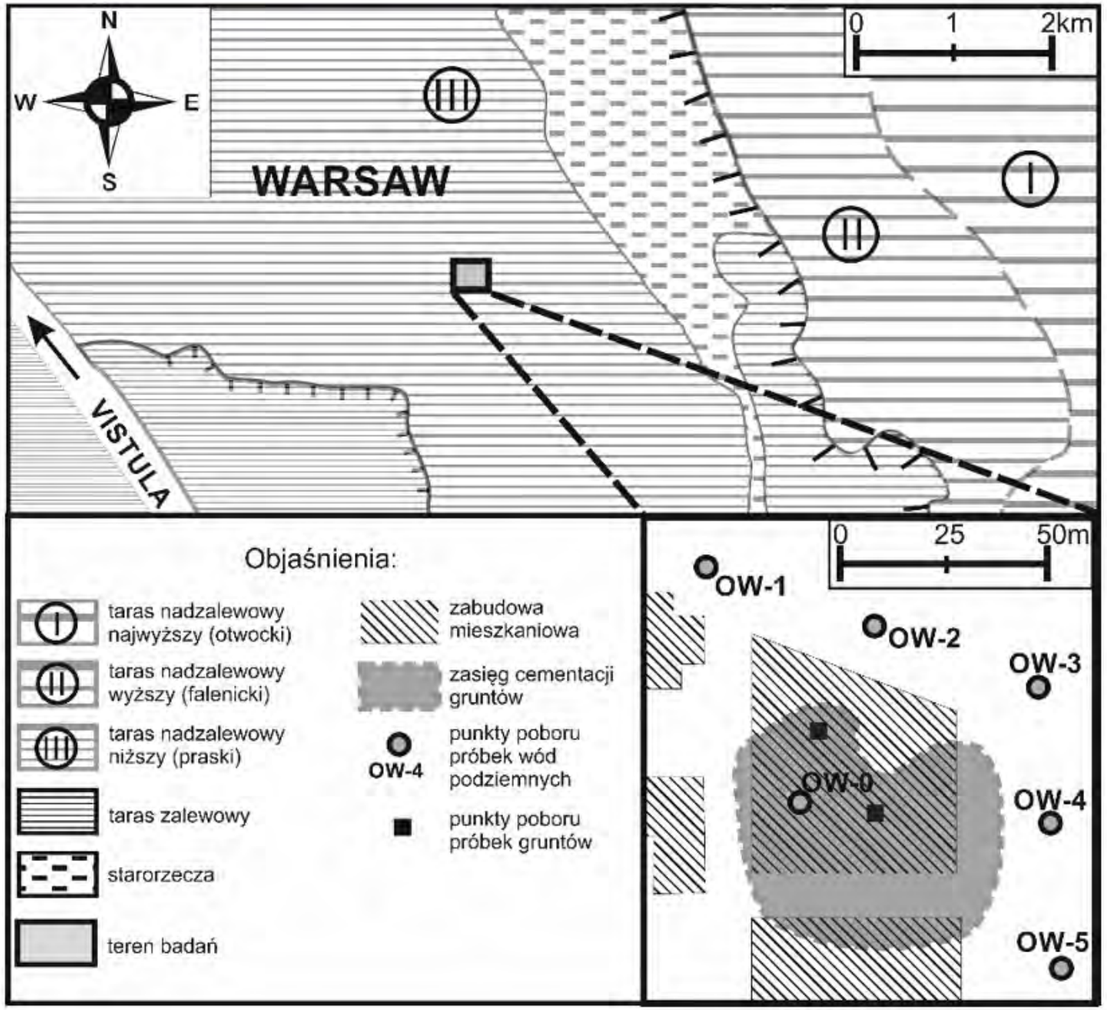
PIOTR ZAWRZYKRAJ[1], PAWEŁ RYDELEK[2], ANNA BĄKOWSKA[2*] and KRZYSZTOF CABALSKI[2]

[1] *University of Warsaw, Faculty of Geology, Department of Engineering Geology and Geomechanics, Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland; e-mail: Piotr.Zawrzykraj@uw.edu.pl*
[2] *University of Warsaw, Faculty of Geology, Department of Environmental Protection and Natural Resources, Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland;*
e-mails: Pawel.Rydelek@uw.edu.pl, anna.bakowska@uw.edu.pl, krzysztof.cabalski@uw.edu.pl
** Corresponding author*

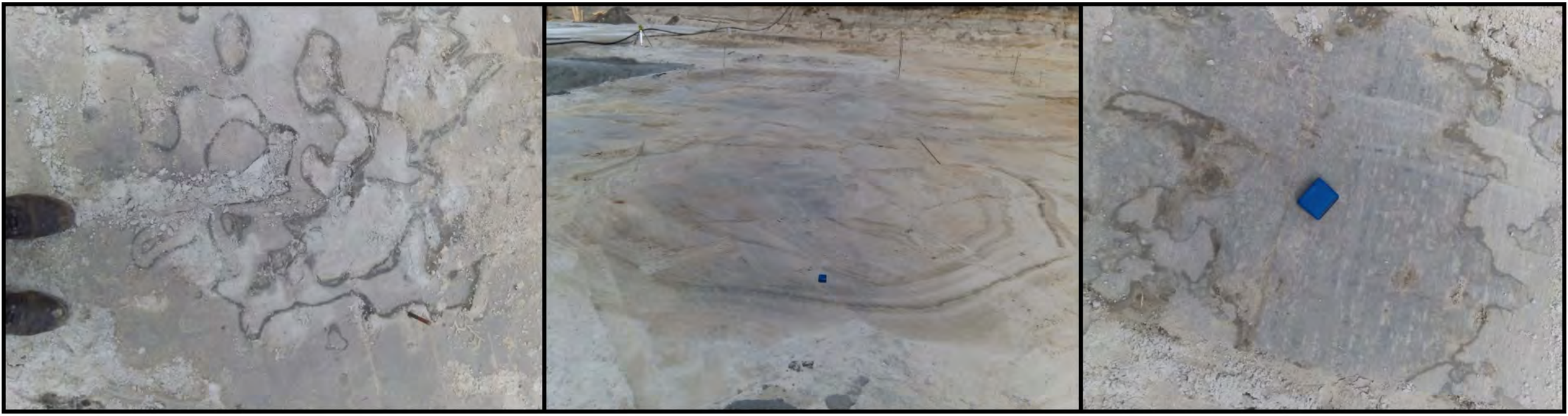
Lokalizacja terenu badań



Schematic cross section of the area (Sarnacka 1992, modified)



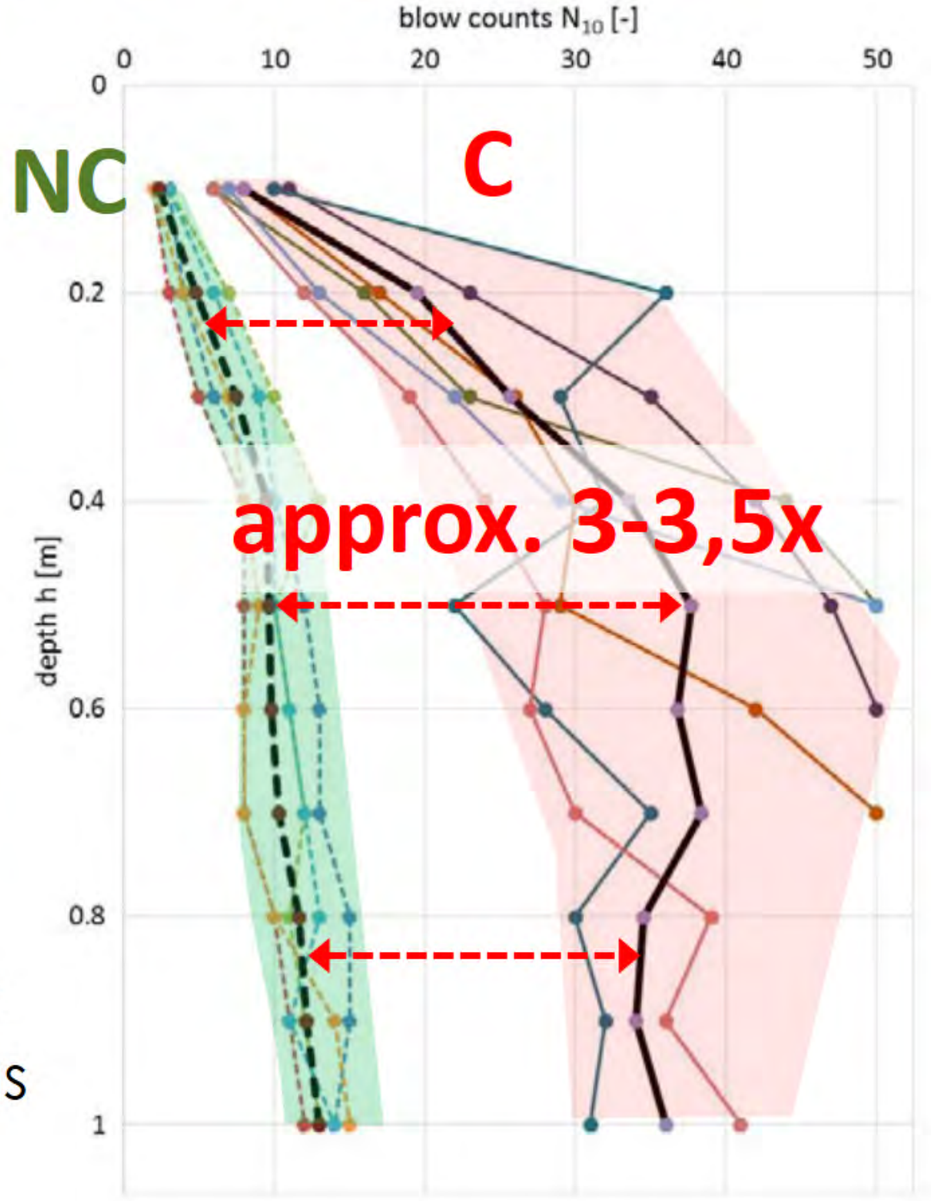
Dno wykopu, zmiana barwy osadu



Excavation, sands discoloration

Dno wykopu, sondowania DPL

„brittle" behaviour of the sands during earthworks



Dynamic soundings

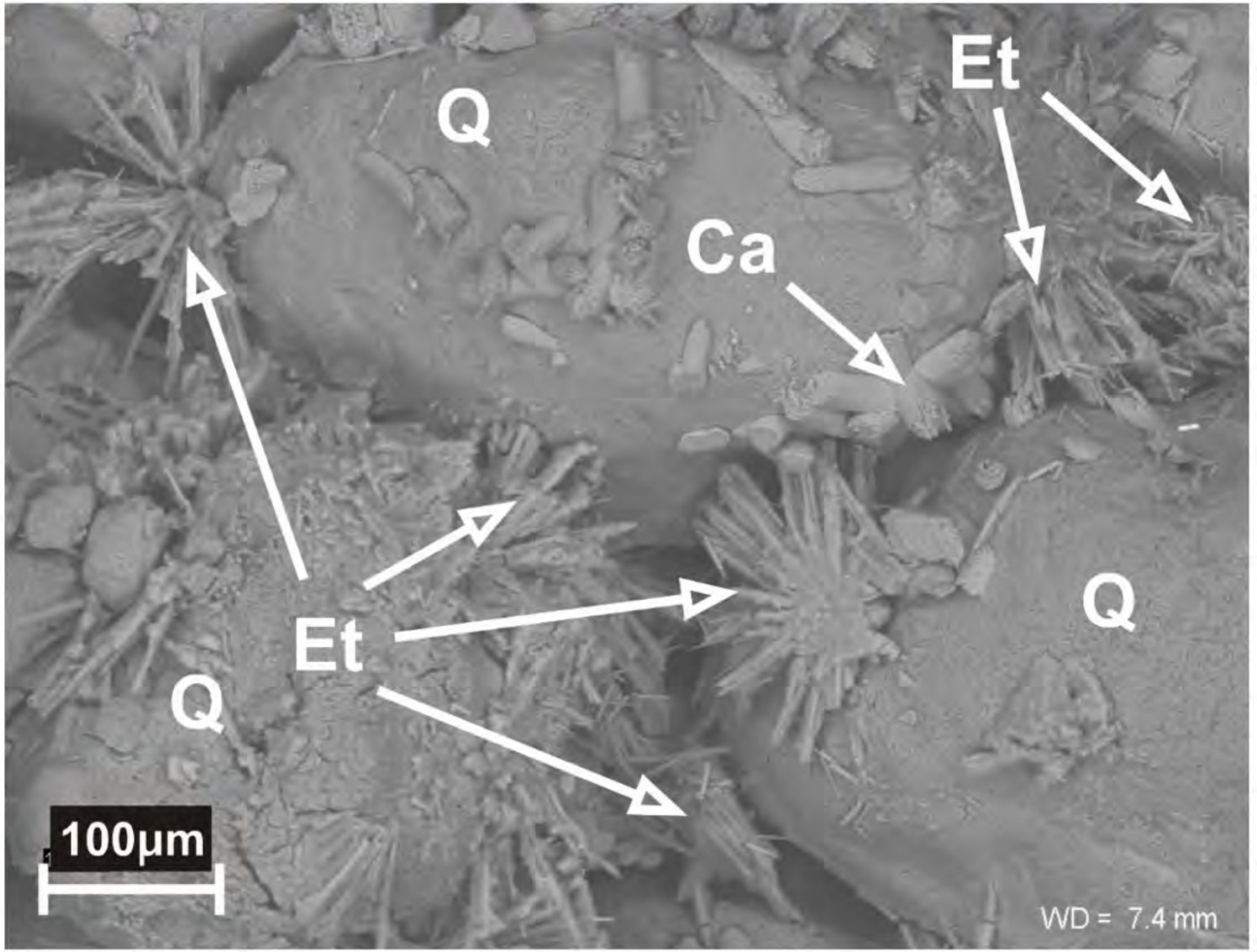
Efekt analizy w obrazie SEM oraz EDS+XRD

Ettryngit

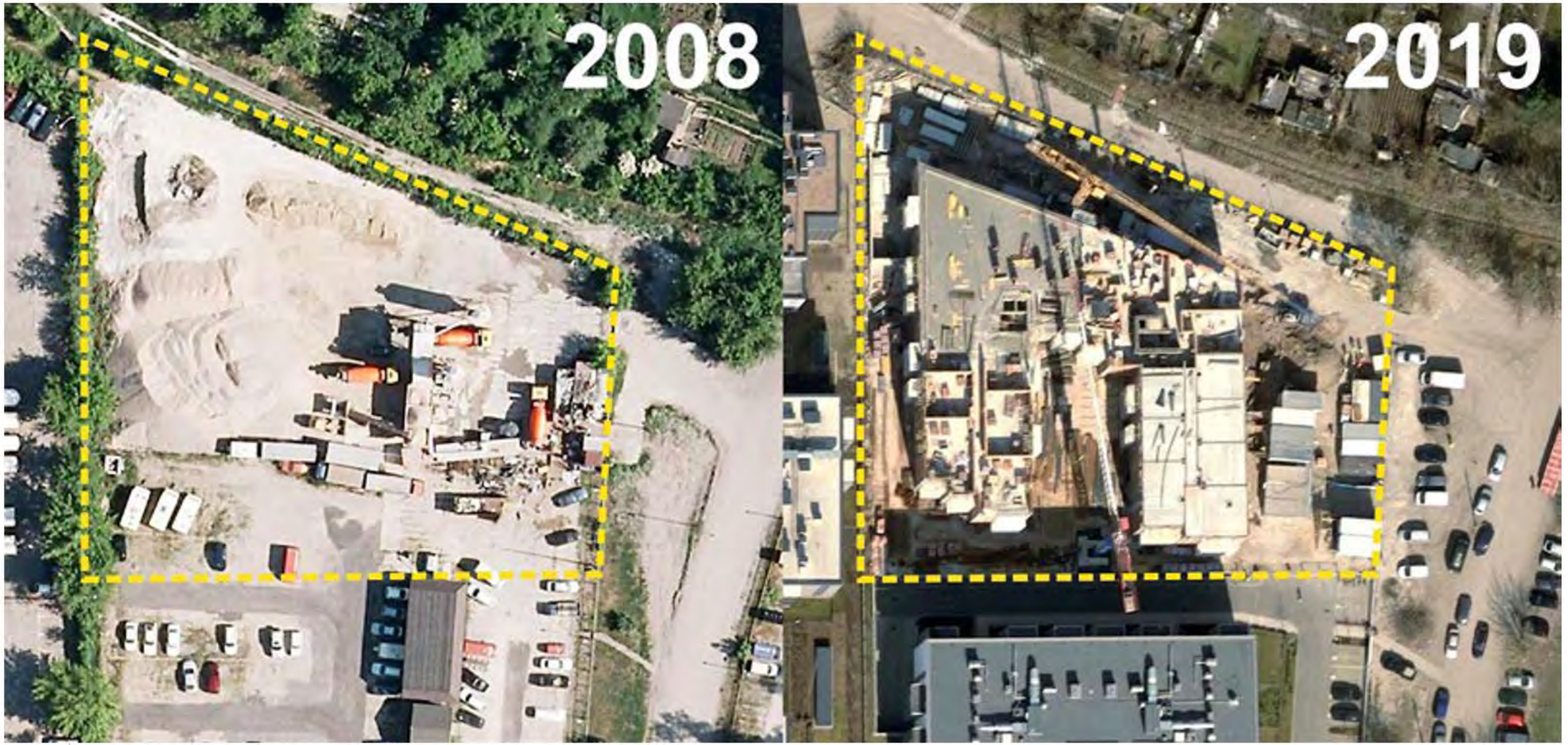
uwodniony glinosiarczan wapnia:
$Ca_6Al_2[(OH)_{12}(SO_4)_3]\cdot 26H_2O$

jest trwałą, bardzo słabo rozpuszczaną fazą w szerokim zakresie temperatur

zmiany strukturalne (wzmocnienie) wywołane zostały powstawaniem ettryngitu na skutek hydratacji cementów portlandzkich



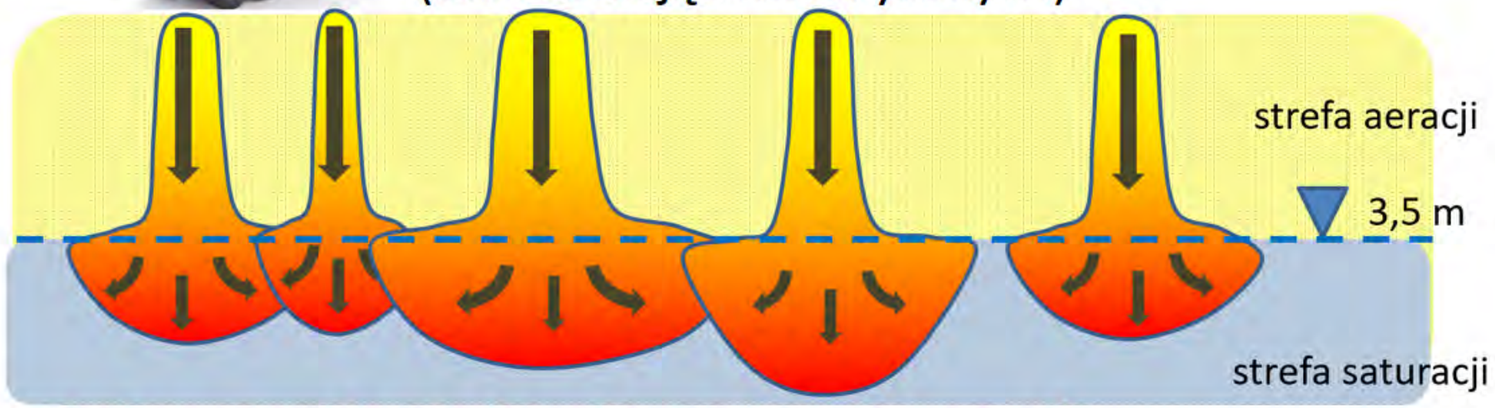
Zdjęcia archiwalne terenu



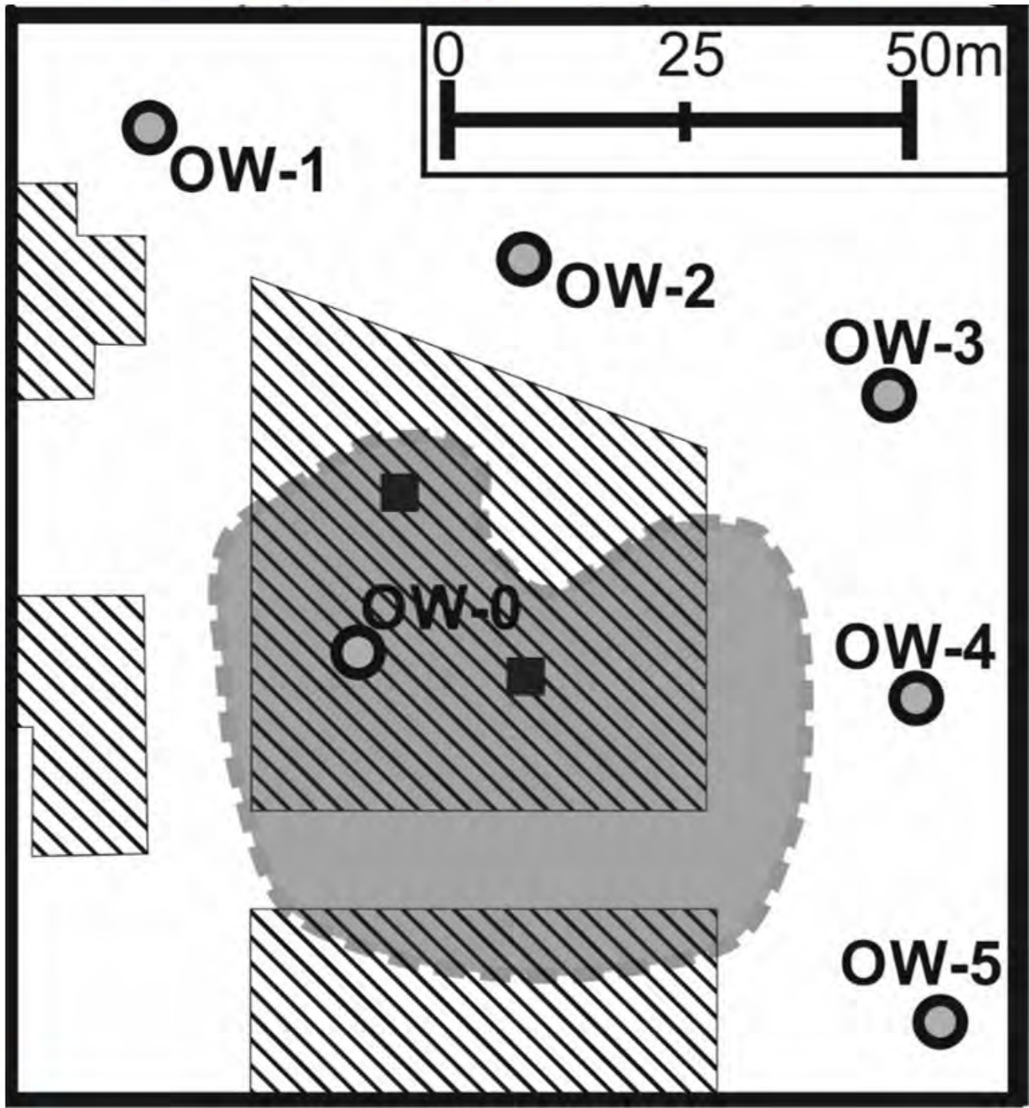
Dystrybucja zanieczyszczenia, strefa zmian

Powierzchnia zmian wynosi ok. 2500 m^2 a objętość ok. 7 tys. m^3

Przedstawione zmiany są efektem odprowadzania do gruntu odcieków pochodzących m.in. z płukania i mycia urządzeń do transportu betonu (analiza zdjęć historycznych)



Schemat dystrybucji zanieczyszczeń



Program badań laboratoryjnych

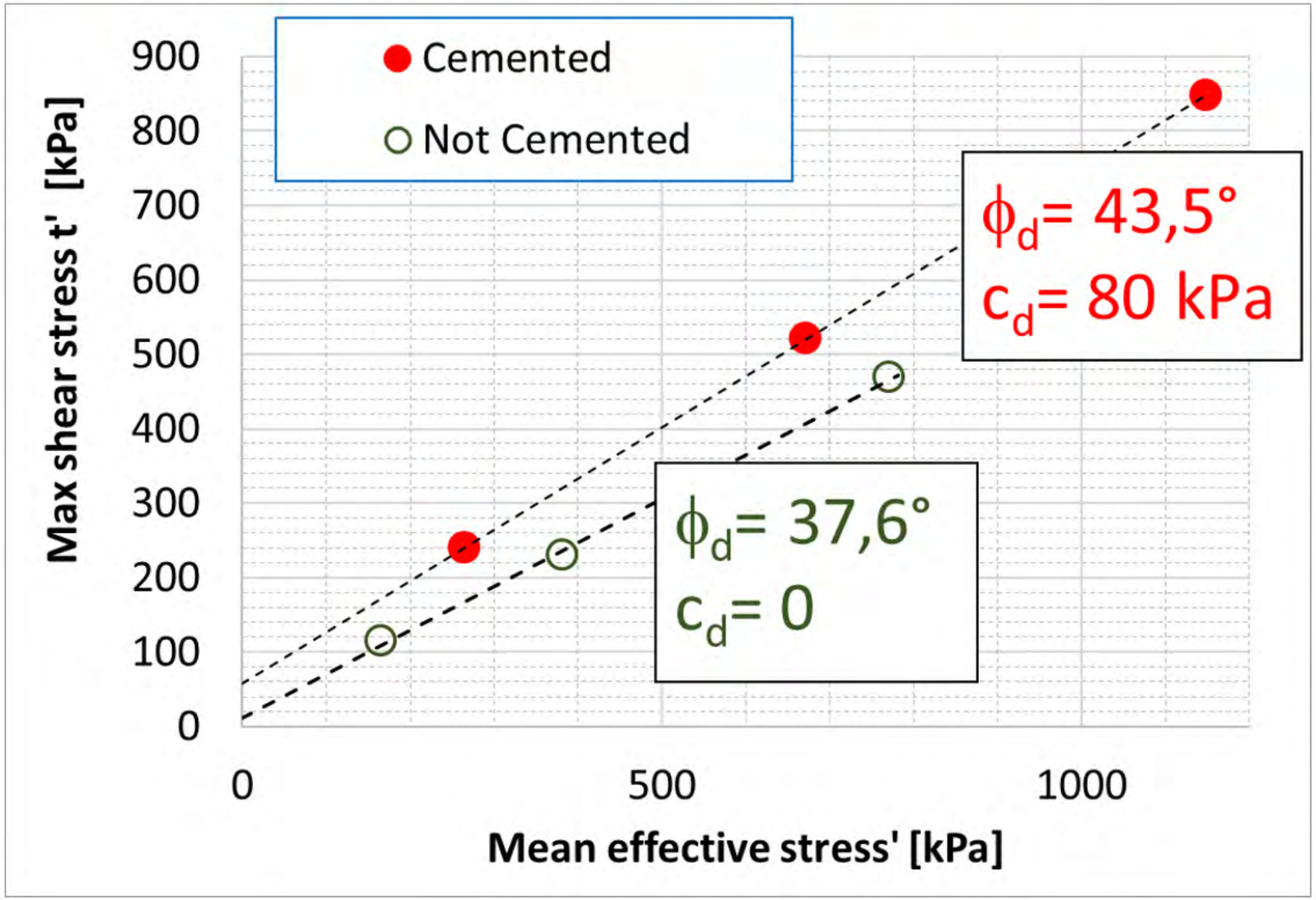
- Badania trójosiowego ściskania **CID**
- Badania bezpośredniego ścinania **DS**
- Badania prędkości fal sejsmicznych **BET**

- Na próbkach **scementowanych (C)**

i **niescementowanych (NC)**
(formowanych, zagęszczanych do warunków in-situ)

Fragmenty scementowanego piasku średniego

Badania trójosiowego ściskania CID



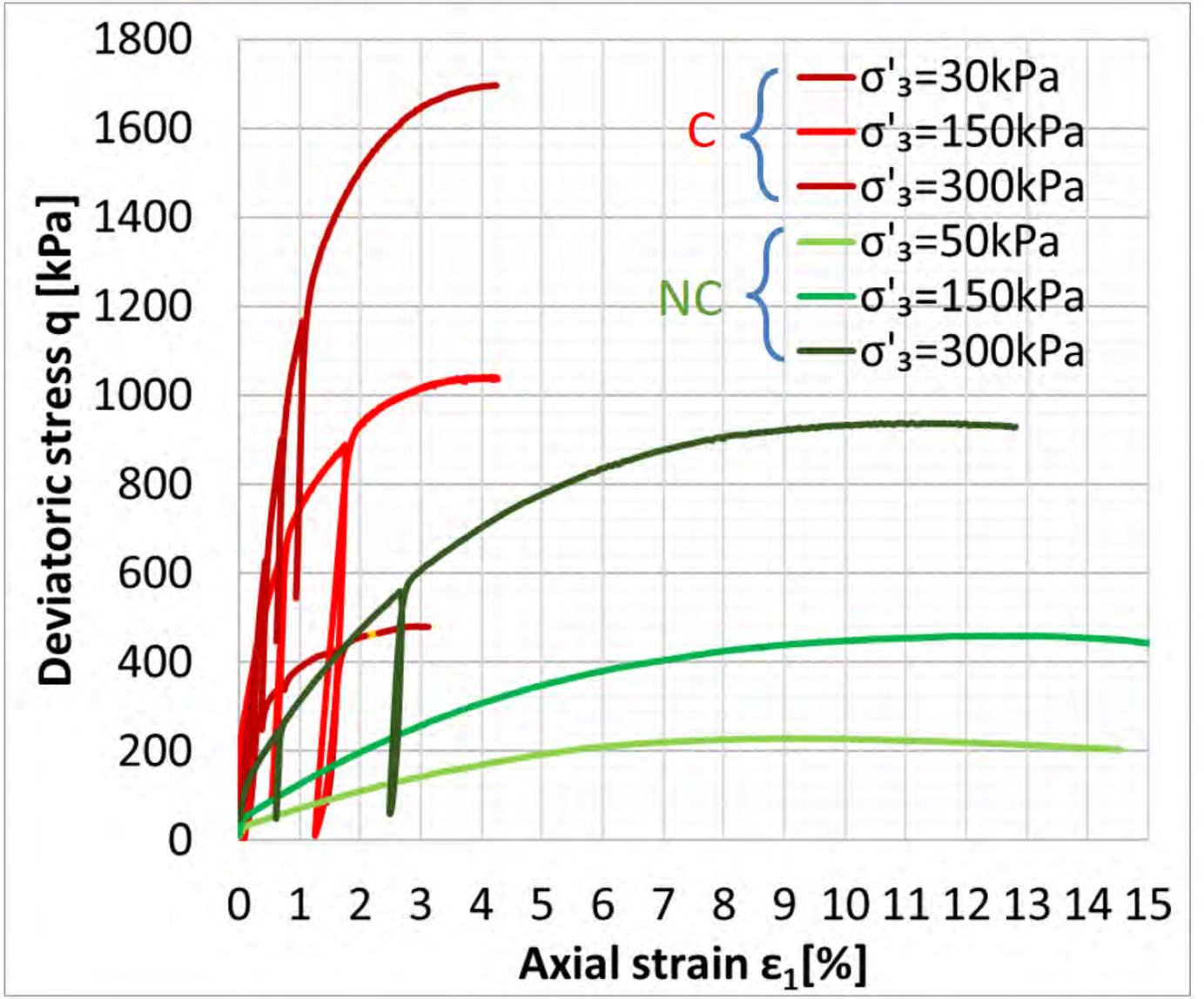
Badania trójosiowego ściskania CID

Piasek niescementowany (Not Cemented)

	σ'_3 = 50kPa	σ'_3 = 150kPa	σ'_3 = 300kPa
Failure criterium	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)
σ'_1	281 kPa	611 kPa	1239 kPa
s'	166 kPa	381 kPa	770 kPa
t'	114 kPa	230 kPa	469 kPa
ε	9.3 %	13.1 %	11.1 %

Piasek scementowany (Cemented)

	σ'_3 = 30kPa	σ'_3 = 150kPa	σ'_3 = 300kPa
Failure criterium	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)
σ'_1	504 kPa	1191 kPa	1996 kPa
s'	265 kPa	671 kPa	1148 kPa
t'	239 kPa	520 kPa	848 kPa
ε	2.8 %	4.2 %	4.2 %



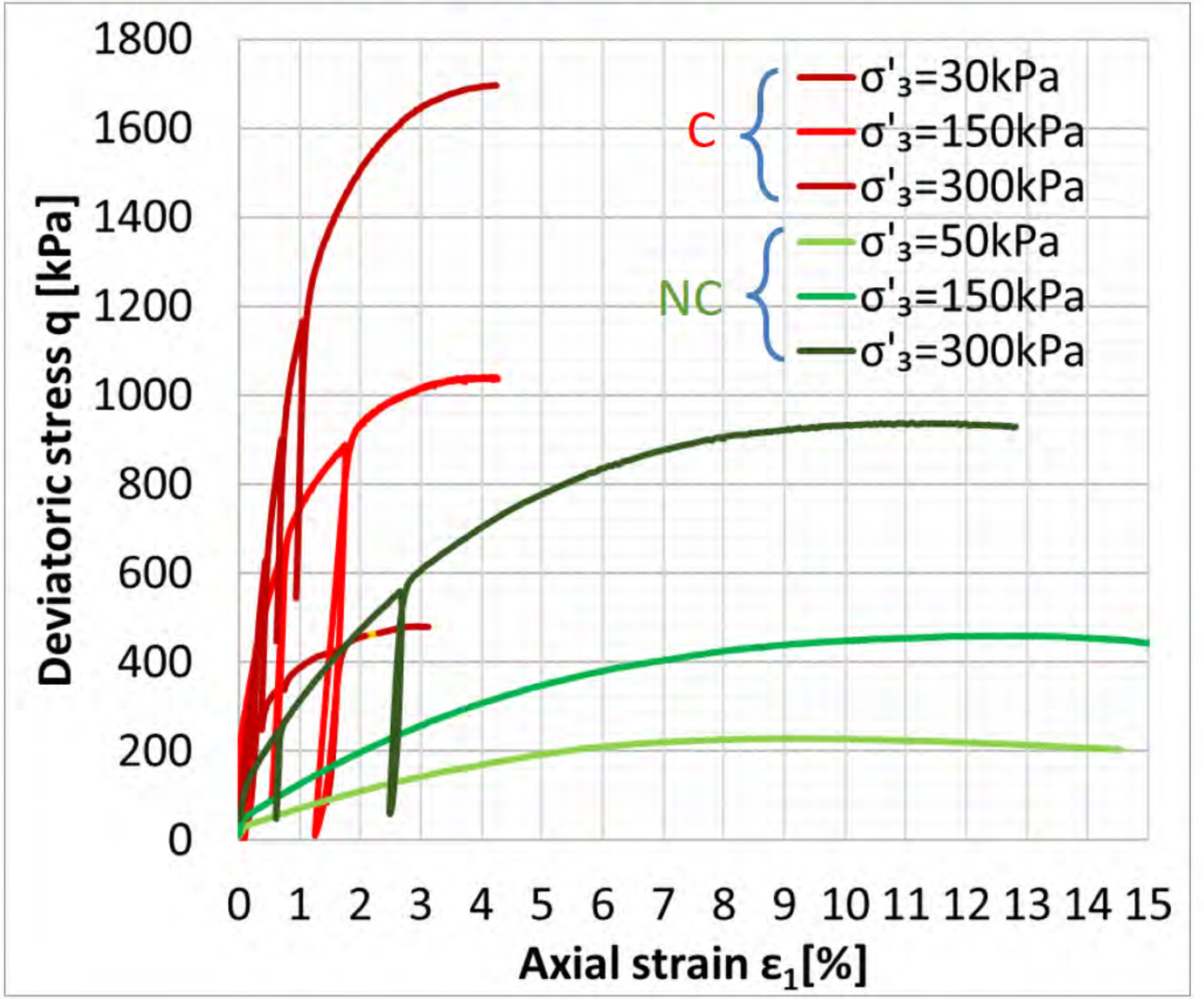
Badania trójosiowego ściskania CID

Piasek niescementowany (Not Cemented)

	σ'_3 = 50kPa	σ'_3 = 150kPa	σ'_3 = 300kPa
Failure criterium	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)
σ'_1	281 kPa	611 kPa	1239 kPa
s'	166 kPa	381 kPa	770 kPa
t'	114 kPa	230 kPa	469 kPa
ε	9.3 %	13.1 %	11.1 %

Piasek scementowany (Cemented)

	σ'_3 = 30kPa	σ'_3 = 150kPa	σ'_3 = 300kPa
Failure criterium	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)
σ'_1	504 kPa	1191 kPa	1996 kPa
s'	265 kPa	671 kPa	1148 kPa
t'	239 kPa	520 kPa	848 kPa
ε	2.8 %	4.2 %	4.2 %



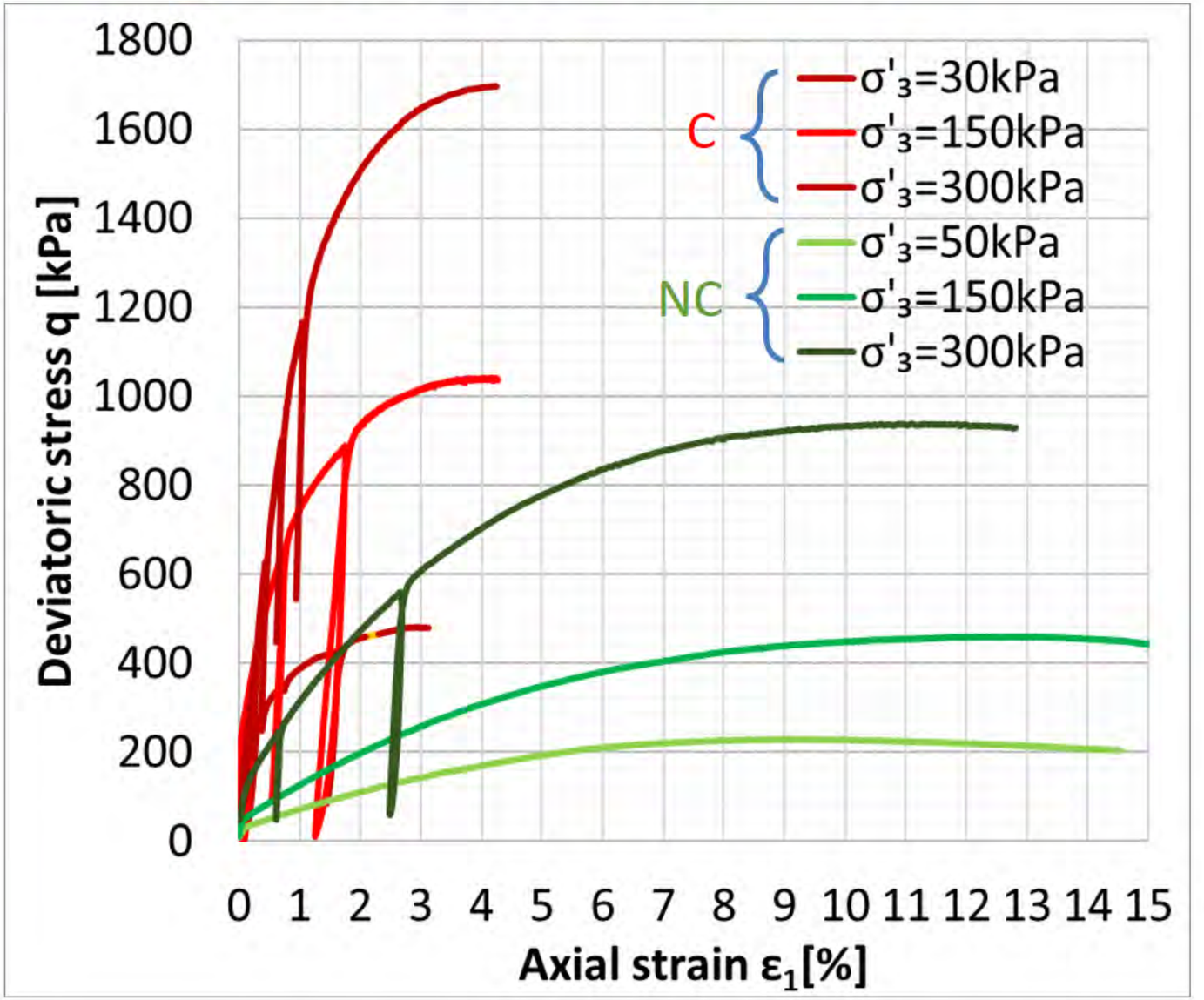
Badania trójosiowego ściskania CID

Piasek niescementowany (Not Cemented)

	σ'_3 = 50kPa	σ'_3 = 150kPa	σ'_3 = 300kPa
Failure criterium	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)
σ'_1	281 kPa	611 kPa	1239 kPa
s'	166 kPa	381 kPa	770 kPa
t'	114 kPa	230 kPa	469 kPa
ε	9.3 %	13.1 %	11.1 %

Piasek scementowany (Cemented)

	σ'_3 = 30kPa	σ'_3 = 150kPa	σ'_3 = 300kPa
Failure criterium	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)	max(σ'_1-σ'_3)
σ'_1	504 kPa	1191 kPa	1996 kPa
s'	265 kPa	671 kPa	1148 kPa
t'	239 kPa	520 kPa	848 kPa
ε	2.8 %	4.2 %	4.2 %

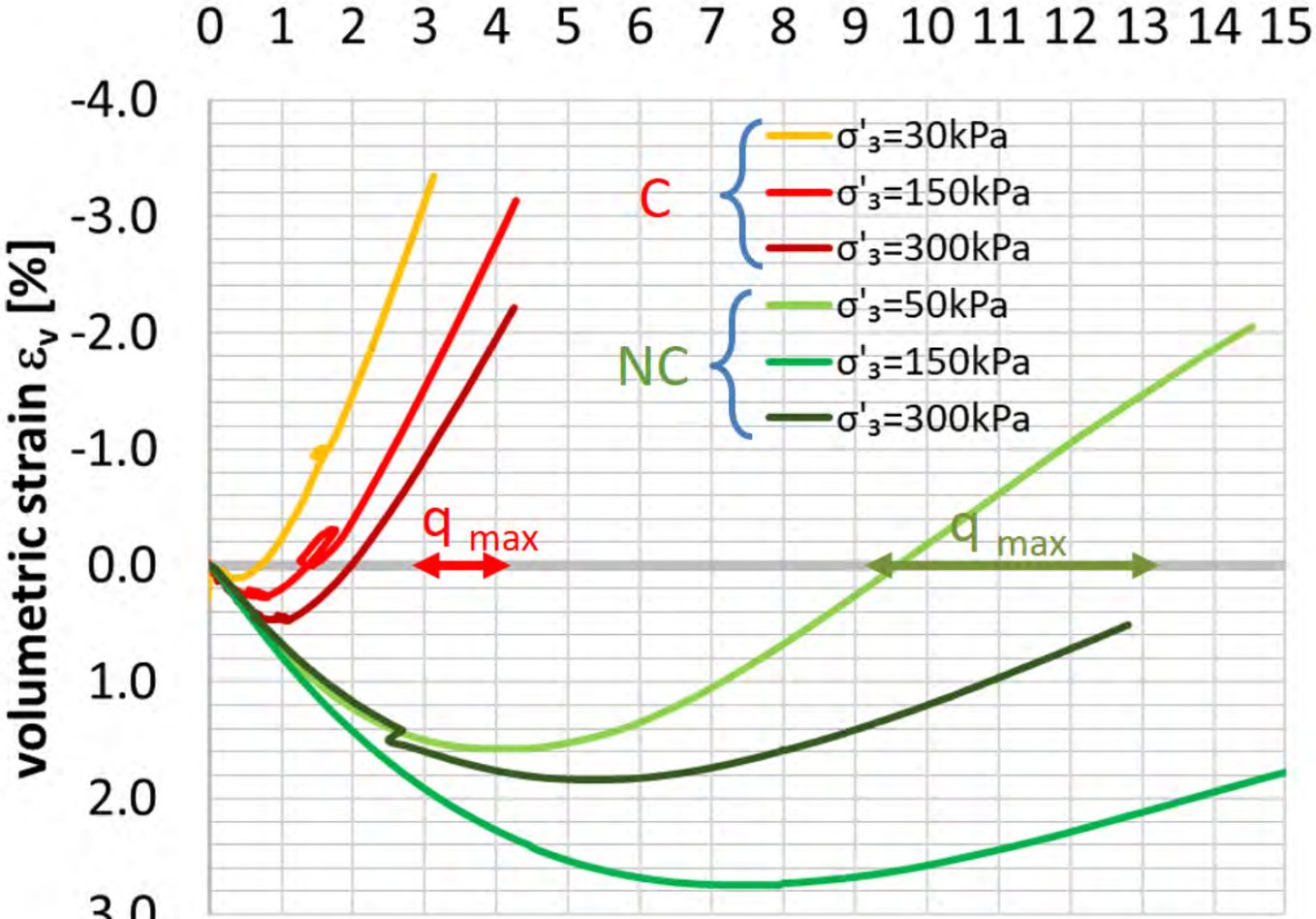


Badania trójosiowego ściskania CID

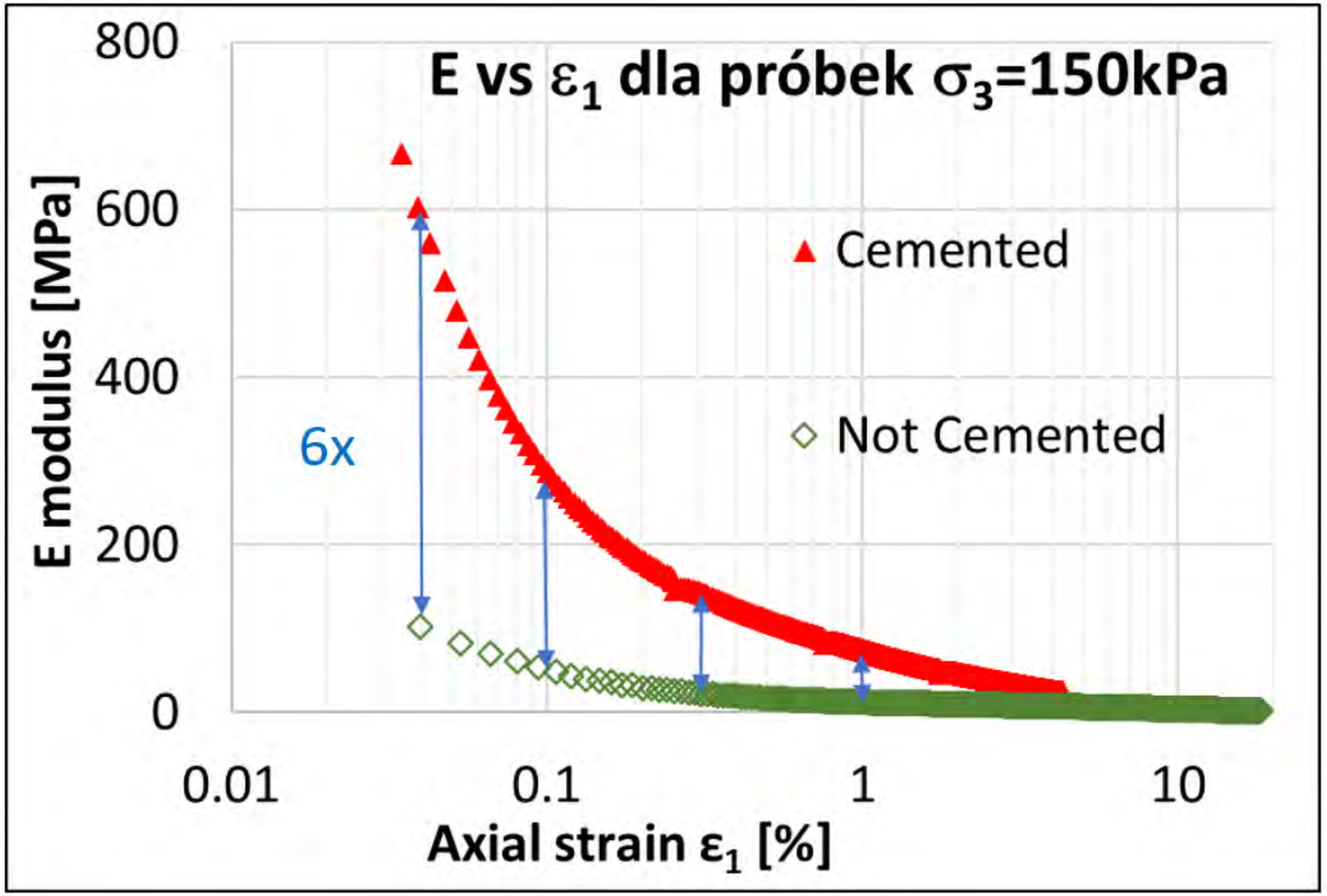
Before the test After the test

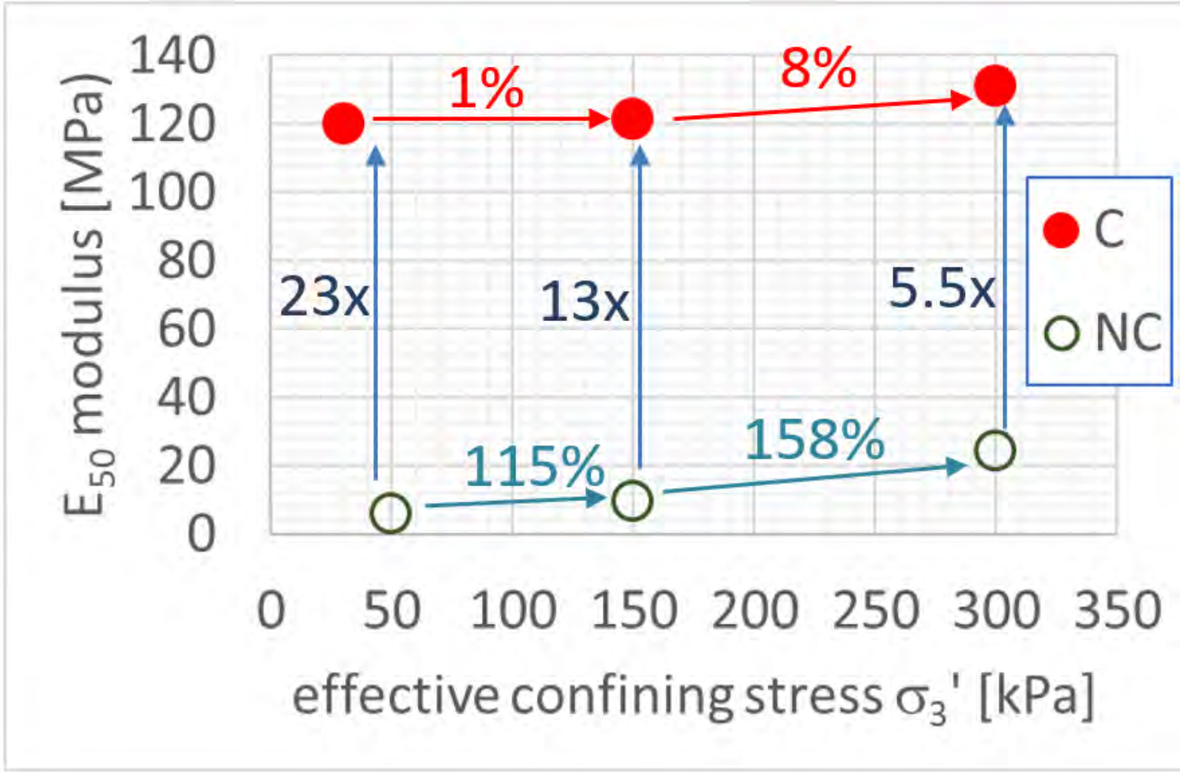
cemented sample, σ_3'=300kPa

cemented sample, σ_3'=150kPa

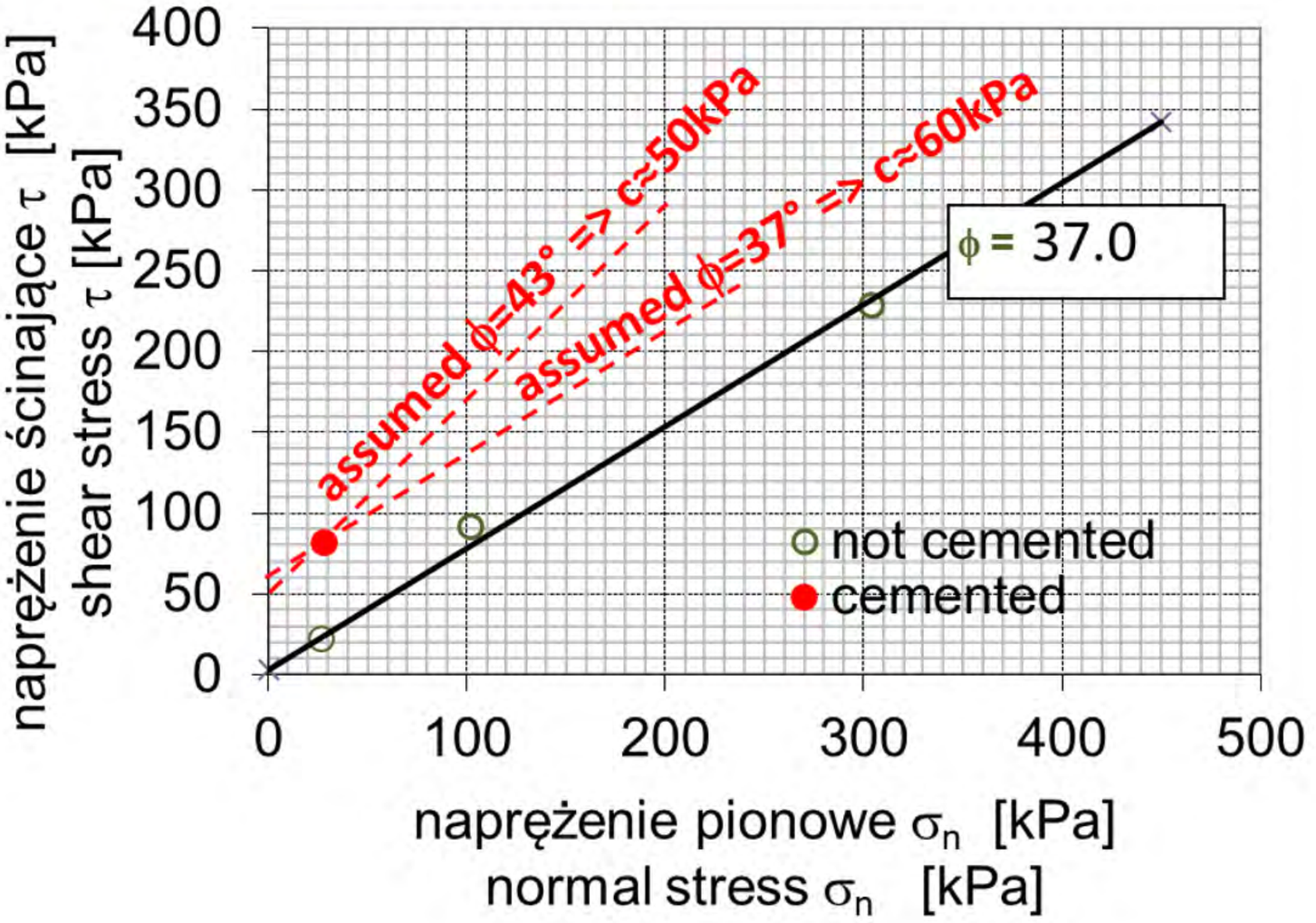


Badania trójosiowego ściskania CID

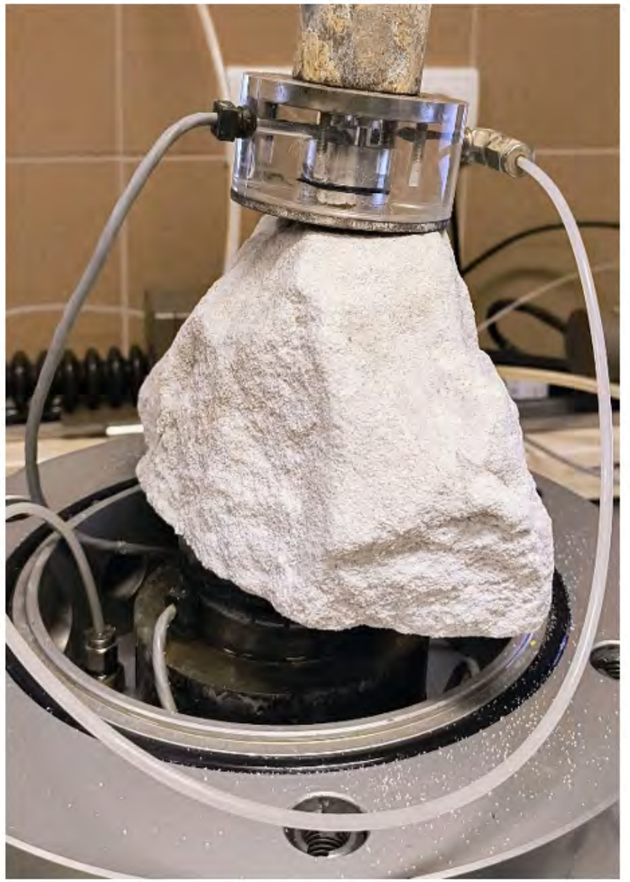




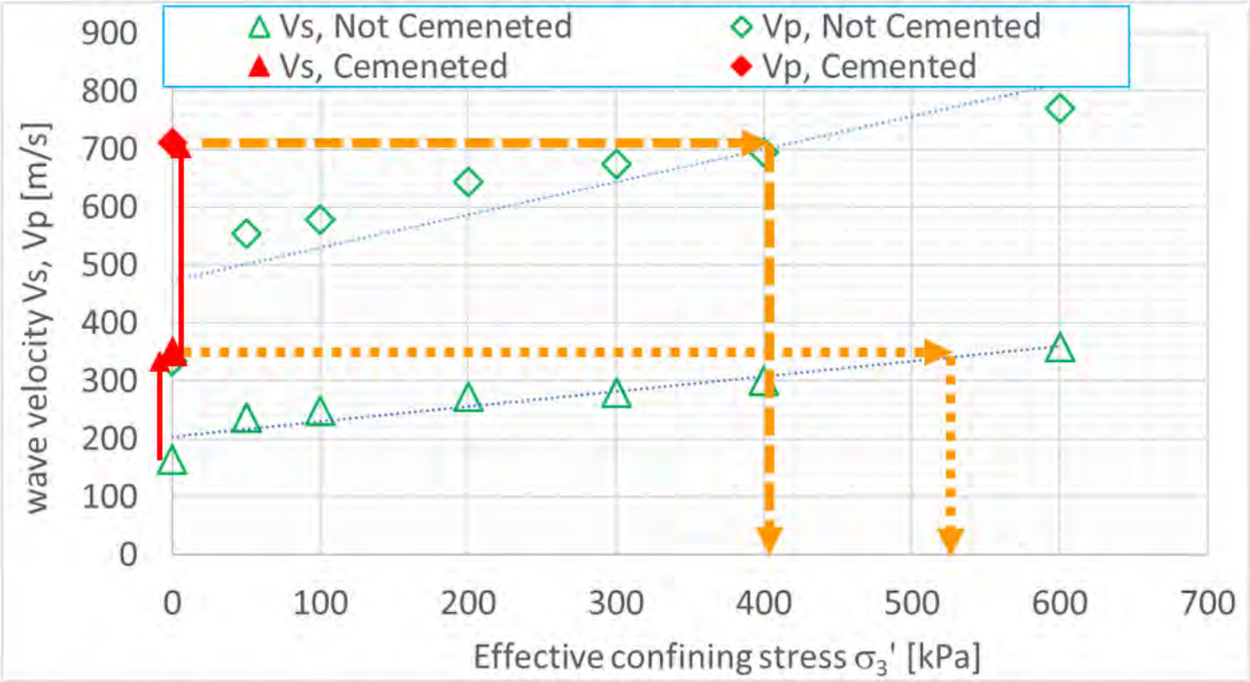
Badania bezpośredniego ścinania

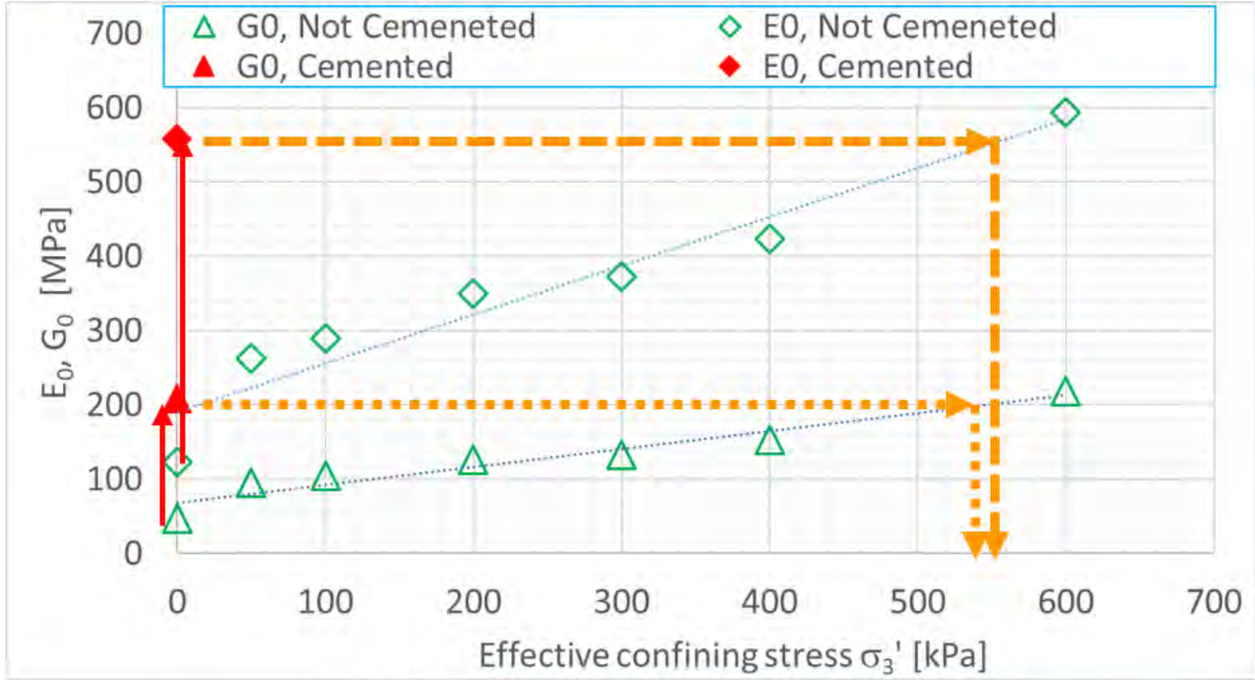


Badania sztywności, BET

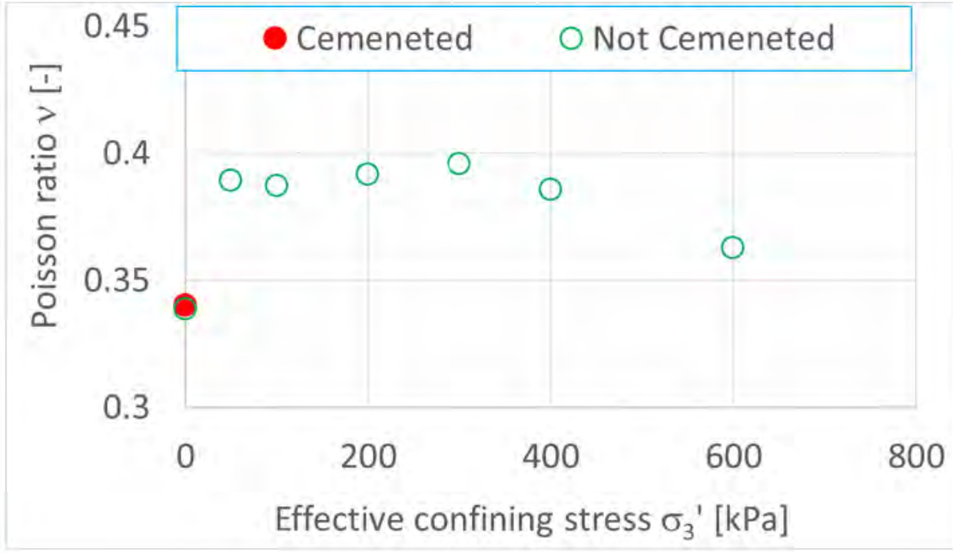


Badania sztywności, BET



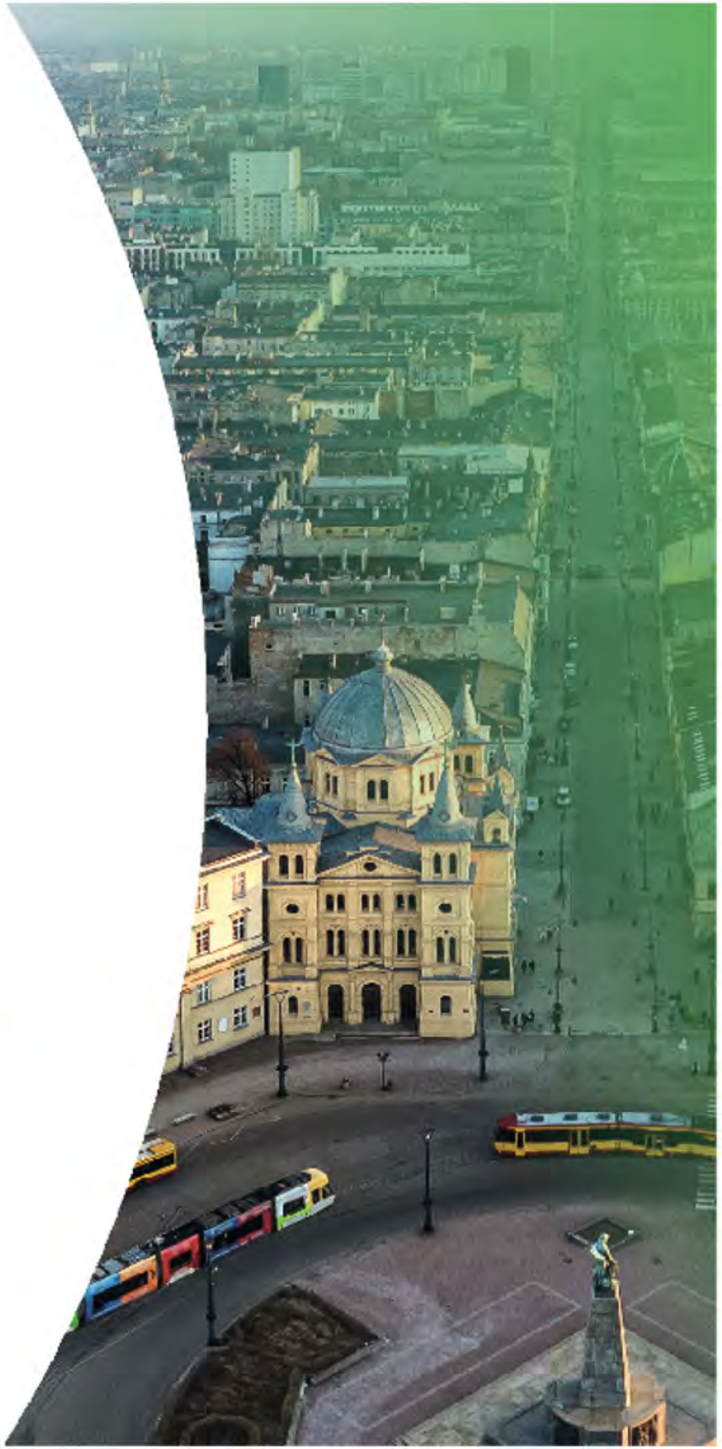


- Porównując sztywność przy „braku" obciążenia, cementacja odpowiada za jej zwiększenie o ok. 450% (przy ponad dwukrotnym wzroście prędkości fal)
- Sztywność piasku scementowanego odpowiada sztywności piasku niescementowanego przy $\sigma_3 \approx$ 400-550kPa



Wnioski

- Przedstawione zmiany są efektem odprowadzania do gruntu odcieków pochodzących m.in. z płukania i mycia urządzeń do transportu betonu
- Badania wykazały znaczny przyrost wytrzymałości i sztywności scementowanych piasków aluwialnych. (kilkustopniowy przyrost ϕ, pojawienie się $\mathbf{c} \approx$ 50-80kPa, dwukrotne zwiększenie $\mathbf{q_f}$, kilku-kilkunastokrotne zwiększenie modułów $\mathbf{G_0}$, $\mathbf{E_0}$, $\mathbf{E}$, $\mathbf{E_{50}}$).
- Nieznane zróżnicowanie przestrzenne parametrów (niekontrolowany proces, niewielka liczba zbadanych próbek), wcześniejsze badania DPL wskazują na znaczną niejednorodność.
- Choć jest to zmiana korzystna w kontekście właściwości mechanicznych, to niewykryta lub niewłaściwie zdiagnozowana, mogłaby doprowadzić do nieprawidłowych efektów (np. nierównomiernych osiadań, jeśli obecna tylko pod częścią posadowienia).

8.WPGI 2024

Dziękuję za uwagę, życzę ciekawych wystąpień,
owocnych obrad, interesujących rozmów kuluarowych!