



## 3. DAN KARIJERA U INŽENJERSTVU OKOLIŠA

### POBOLJŠANJE TLA PREFABRICIRANIM VERTIKALNIM DRENOVIMA (PVD)

DIPLOMSKI RAD

IZRADILA: Tena Baranašić

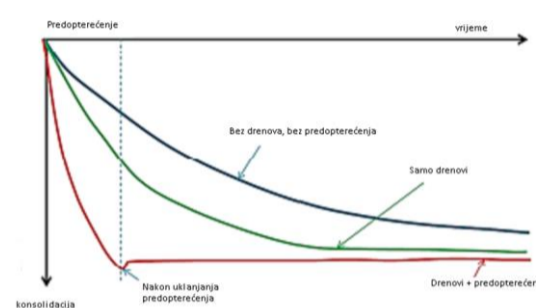
MENTOR: Izv.prof.dr.sc. Boris Kavur

KOMENTOR: Doc.dr.sc. Jasmin Jug

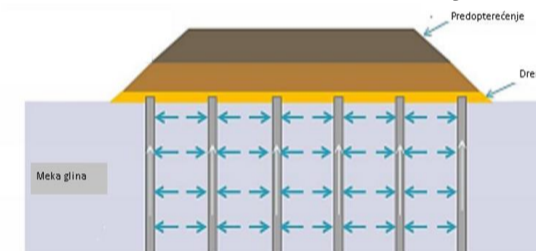
GODINA OBRANE I OBJAVE: 2021.

#### UVOD

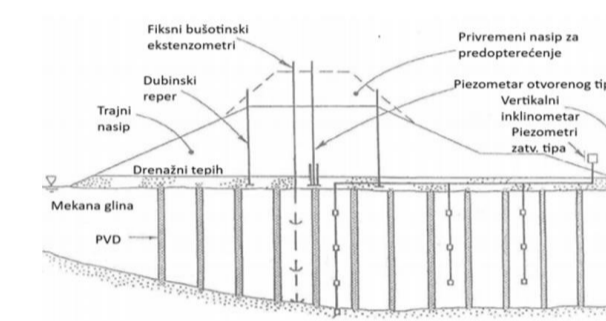
U određenim inženjerskim zadaćama ostvarenje predviđenih slijeganja tla traje neprihvatljivo dugo vremensko razdoblje. Iz tog razloga potrebno je ubrzati proces vremenskog slijeganja (konsolidacije) tla privremenim predopterećenjem predmetne površine. Kod slabe propusnosti tla i dugih puteva dreniranja, u tlo se prije predopterećenja ugrađuju vertikalni drenovi. Ugradnjom vertikalnih drenova skraćuje se put vodi u tlu, a smjer tečenja porne vode mijenja se iz vertikalnog u radialno (horizontalno), što dovodi do skraćenja vremenskog procesa konsolidacije tla.



Slika 1. Tipične krivulje vremenskog slijeganja tla za različite situacije



Slika 2. Radijalno dreniranje tla vertikalnim drenovima tijekom predopterećenja



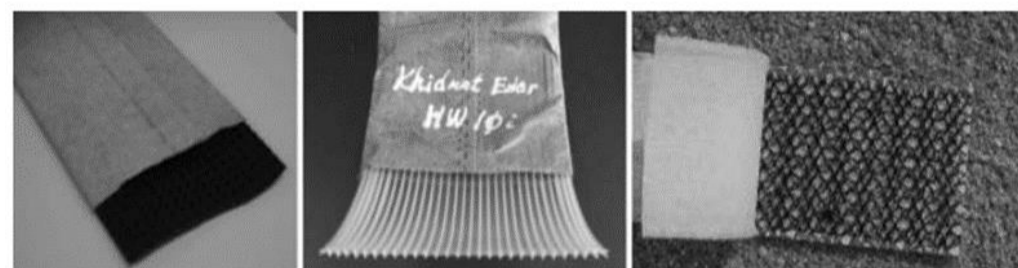
Slika 6. Praćenje učinaka poboljšanja tla PVD-ima

#### PRIMJER PROJEKTA POBOLJŠANJA TLA PVD-IMA

U Pločama (ušće Neretve), projektnim zadatkom zadana je izgradnja poslovnog objekta koji se sastoji od 3 zasebne jedinice. Geotehničkim istražnim radovima došlo se do zaključka da tlo na lokaciji ima vrlo loše mehaničke karakteristike i predstavlja iznimno nepovoljnu sredinu za temeljenje objekta te su predviđene mjere poboljšanja ugradnjom šljunčanih pilota i prefabriciranih vertikalnih drenova od polipropilena (tip Cofra MD7007 ili ekv.) i predopterećenje u iznosu većem od 30 % od konačnog opterećenja građevinom u trajanju od minimalno 4 mjeseca.

#### IZVEDBA PVD-a

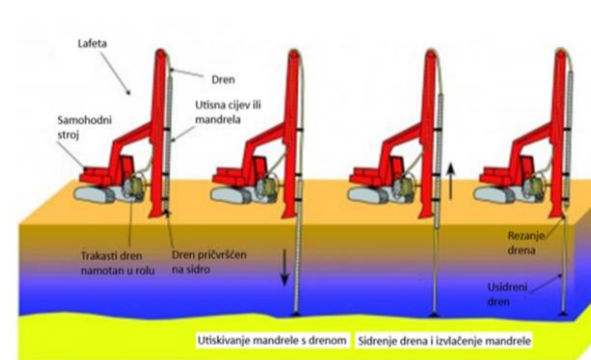
Najvažniji parametri tla za izvedbu poboljšanja tla PVD-ima su koeficijent konsolidacije u horizontalnom i vertikalnom smjeru,  $c_h$  i  $c_v$  (najzahtjevniji zadatak) i koeficijent propusnosti tla u horizontalnom i vertikalnom smjeru  $k_h$  i  $k_v$ . PVD-i izvedu se u standardnim veličinama, tipičnog presjeka širine od 100 mm i debljine 3-6 mm. Danas su na tržištu dostupne tri vrste PVD-a: trakasti PVD (jezgra i filter međusobno su odvojeni i labavi), integrirani PVD (jezgra i filter međusobno su prilijepljeni toplinom) i kružni PVD.



Slika 3. Uobičajene vrste PVD-a

Što je razmak između PVD-ova manji, konsolidacija će biti brža. Na učinak poboljšanja tla ima dubina ugradnje PVD-a. Preduvjet ugradnje PVD-a je postavljanje stabilne radne platforme. Sa pripremljenog platoa PVD-ovi se ugrađuju postupkom strojnog utiskivanja. U prvom koraku traka se provlači kroz mandrele, zatim se donji dio mandrele zatvara sidrenom pločicom na koju je zakvačen kraj PVD-a. U sljedećem koraku se mandrela utiskuje zajedno sa drenom. Izvlačenjem mandrele PVD ostaje u tlu, a rezanjem trake se završava postupak ugradnje. Projekt poboljšanja tla prefabriciranim vertikalnim drenovima provodi se do postizanja projektiranog stupnja konsolidacije, a praćenje učinka poboljšanja provodi se piezometrima zatvorenog tipa i metodama mjerenja slijeganja tla (dubinski reperi, fiksni bušotinski ekstenzometri, mobilne ekstenzometarske sonde itd.).

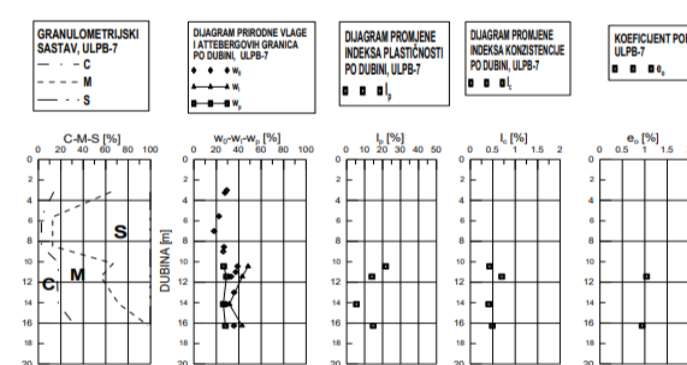
PVD-ovi mogu biti ugrađeni u trokutnom ili kvadratnom tlocrtnom rasporedu, a razmak između PVD-ova izračunava se koristeći teorije konsolidacije.



Slika 4. Ugradnja PVD-a strojnim utiskivanjem

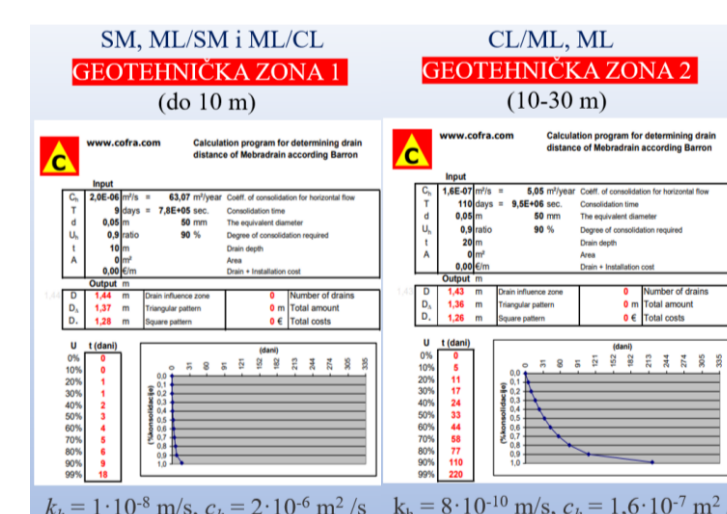


Slika 5. PVD u tlu, b) Mandrela, c) Sidrena pločica, d) Rola PVD-a



Slika 7. Fizikalne karakteristike materijala - istražna bušotina ULPB-7

Ugradnjom drenova u kvadratnom rasporedu 1,25 x 1,25 m za geotehničku zonu 2, vrijeme potrebno za 90 % primarne konsolidacije teoretski iznosi 120 dana. Ukupno je izvedeno **2860 drenova, do dubine 22 m**. Drenovi su ugrađeni između šljunčanih pilota koji su izvedeni do dubine 10 m.



Slika 8. Potrebni razmak drenova

Koeficijenti horizontalne konsolidacije procijenjeni su na osnovi rezultata pokusa disipacije pornog tlaka dobivenih CPTU ispitivanjem u fazi istražnih radova. Ugradnjom drenova u kvadratnom rasporedu 1,28 x 1,28 m, vrijeme potrebno za 90 % primarne konsolidacije teoretski iznosi 9 dana za geotehničku zonu 1.

Nakon izvedbe vertikalnih drenova i pilota tlo je predopterećeno nasipom visine 3,5 m, a za kontrolu slijeganja korišteni su geodetski reperi. Nakon što je prirast vertikalne deformacije tla postao relativno mali, na osnovi mjerenja slijeganja, donesena je odluka o uklanjanju nasipa za predopterećenje te su započeli radovi na izgradnji građevine.

#### ZAKLJUČAK

Zbog ugradnje vertikalnih drenova vremenski proces konsolidacije tla u navedenom primjeru smanjio se na nekoliko mjeseci, umjesto da traje godinama korištenjem samog predopterećenja. Općenito, PVD-i koriste za ubrzanje konsolidacije stišljivih tala zasićenih vodom, uz opterećenja nasipom ili temeljem objekta. Dreniranjem se smanjuju porni tlakovi u tlu, što pozitivno djeluje na stabilnost buduće konstrukcije. Iako je primjena vrlo jednostavna, određivanje konsolidacijskih parametara tla predstavlja najzahtjevniji segment.

