

POSTUPAK ISPITIVANJA UPOJNOSTI TLA

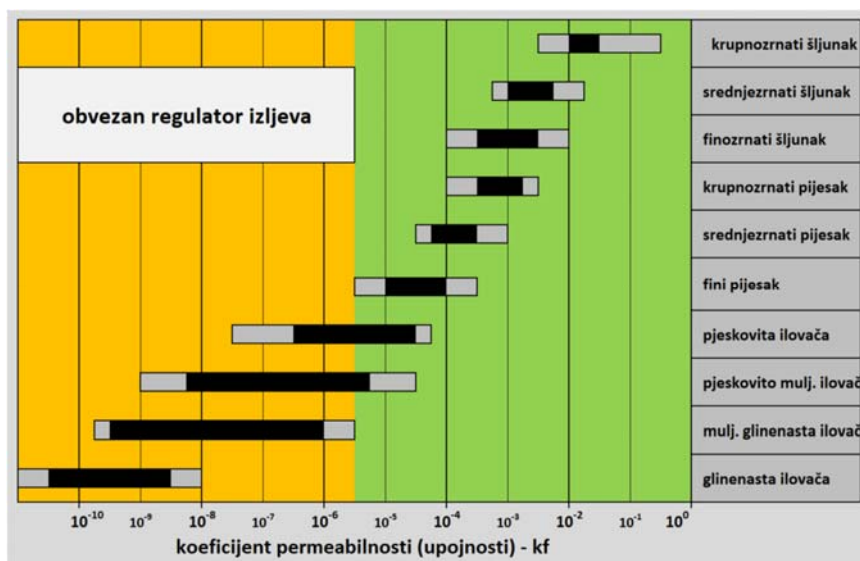
KOEFICIJENT PERMEABILNOSTI [kf]

Ako želimo infiltrirati oborinsku vodu na određenoj lokaciji, od presudne je važnosti pouzdano znati koliko je to tlo propusno.

Mjera za propusnost tla je koeficijent permeabilnosti (ili propusnosti) [kf] s mjernom jedinicom m/s (može biti iskazana i drugim decimalnim izvednicama npr. cm/min ili sl).

Ona nam govori koju količinu vode u jedinici vremena može upiti jedinična površina tako da vrijednost ne ovisi o veličini površine na kojoj se provodi ispitivanje (ista vrijednost će se dobiti bez obzira provodimo li mjerenje na površini od 0,1 m², 1m² ili 5m²).

Iako postoje okvirni podaci o koeficijentu permeabilnosti za određene tipove homogenih vrsta tla (pješčane ili šljunčaste podloge, ilovasta ili glinena tla), iskustvo je pokazalo da ova vrijednost za isti tip tla može uvelike varirati.



Raspon vrijednosti koeficijenta permeabilnosti kf prema DWA-A 138 za različite tipove tla

Zbog navedenog neophodno je napraviti ispitivanje propusnosti tla na samoj lokaciji.

Ako ispitivanje permeabilnosti nije provedeno u pripremnoj fazi projekta (zajedno s ostalim geotehničkim ispitivanjima – prije projektiranja), ono se može na relativno jednostavan način i uz minimalne troškove provesti prije ugradnje infiltracijskog sustava, na način opisan dalje u ovim uputama.

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR032360001101278855
SWIFT ADRESA: ZABHR2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719



O ISPITIVANJU UPOJNOSTI

Dalje opisan potupak ispitivanja propusnosti tla, ukoliko je ispravno proveden može dati pouzdane podatke o permeabilnosti ZA HOMOGENA TLA, koji mogu poslužiti za dimenzioniranje upojne građevine.

Za nehomogene podloge (krški teren) na ovaj način dobivene informacije ne mogu se smatrati potpuno pouzdanima (zbog prirode takvog terena gdje se sastav tla i ostale karakteristike mijenjaju lokalno) pa vrijednost izmjerena na jednoj ispitnoj poziciji ne mora vrijediti 1m dalje. Nadalje u takvom tlu i proces otjecanja je bitno drukčiji od onog u homogenim tlima.

Međutim, u nedostatku „idealne“ metode ispitivanja propusnosti za nehomogena tla (primarno krške terene), smatramo da ovim ispitivanjem i dalje možemo dobiti upotrebljiv podatak na temelju kojeg možemo nastaviti postupak dimenzioniranja upojne građevine.

Nadalje, često se kod krških terena, zbog kompaktnosti stijenske mase ili npr. zapunjenosti pukotina glinom ne može dobiti potrebna propusnost za izradu upojne građevine, pa se pribjegava izradi procijednih bušotina kako bi se voda „transportirala“ u propusne geološke slojeve – u pravilu traže se kaverne koje mogu prihvatiti veće količine vode. Ako se mjerenjem permeabilnosti potvrdi da upojnost tla nije zadovoljavajuća i donese odluka da se pristupa izradi procijednih bušotina, prije izrade istih možete kontaktirati našu tehničku službu za savjete kako provesti terensko ispitivanje ispusnog kapaciteta ovih bušotina kako bi se dobile vrijednosti koje mogu poslužiti za dimenzioniranje infiltracija s procijednim bušotinama.

POTREBNI ALATI I MATERIJAL ZA PRIPREMU I PROVOĐENJE ISPITIVANJA

Za pripremu ispitne jame i provođenje ispitivanja može biti potrebno:

- alat za izradu iskopa (bager, lopata i sl.);
- daske za izradu oplata bočnih stranica ispitne jame (nije uvijek potrebno);
- metar (preporuča se drveni zidarski metar);
- samoljepljiva traka;
- drveni kolac (ili čelična šipja) duljine 1 m;
- čekić;
- isprani šljunak 4 - 8 mm – rizla (cca 0,2 m³);
- voda (za jamu 1×1m: min. 1.000 lit + količina potrebna za zasićenje okolnog tla);
- vrtno ili vatrogasno crijevo za nalijevanje vode u jamu.

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

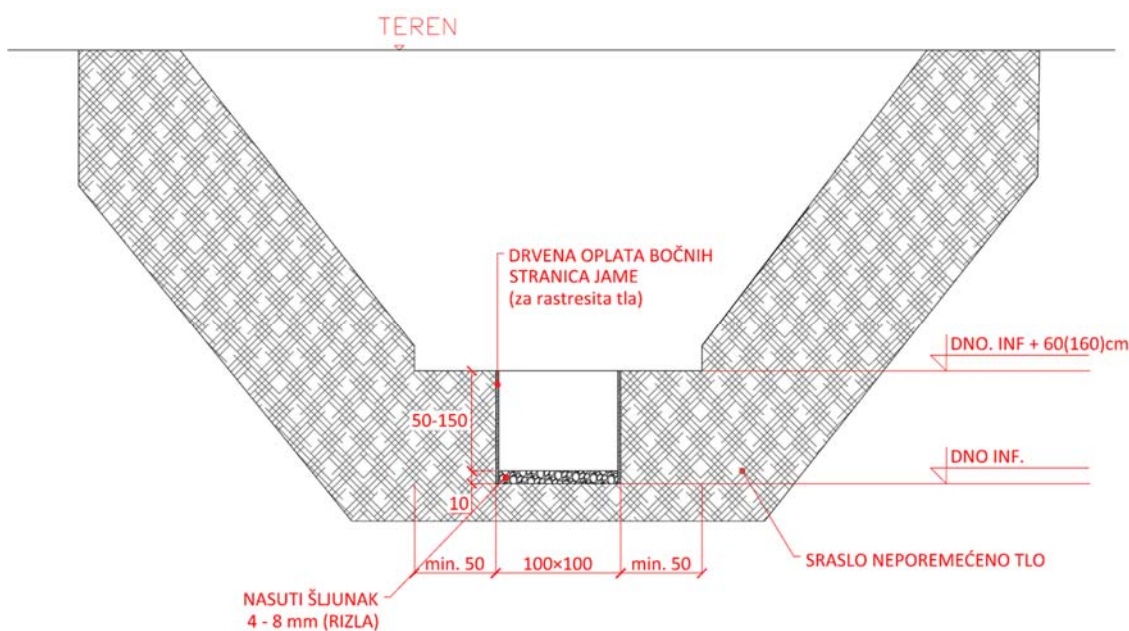
Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR0323600001101278855
SWIFT ADRESA: ZABAHR2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719

POSTUPAK MJERENJE KOEFICJENTA PERMEABILNOSTI

Ispitivanje permeabilnosti se treba napraviti na mjestu (mikrolokaciji) gdje je predviđena ugradnja infiltracijske građevine i na dubini na kojoj je projektirano dno infiltracijskog sustava!

Ispitivanje se ne može raditi u smrznutom tlu i pri vanjskim temperaturama koje mogu izazvati smrzavanje vode.

1. **Odaberite površinu** na mjestu gdje je predviđena ugradnja infiltracijskog sustava. Na izabranoj lokaciji (tj. direktno ispod nje) ne smije biti cijevi, kablova ili drugih instalacija koje narušavaju prirodnu strukturu tla.
2. **Iskopajte ispitnu jamu** na odabranom mjestu. Ispitna jama treba biti veličine 100×100cm i dubine najmanje 60cm, dok je idealno da je dubina ispitne približno odgovara predviđenoj visine upojne građevine. Jama treba imati okomite stranice. Ako se ispitivanje radi u pijeskovitim, šljunčastim ili sl. nekoherentnim tlima koji se mogu urušavati, napravite drvenu oplatu da spriječite urušavanje stranica tokom ispitivanja.
Dno ispitne jame mora biti na koti dna predviđenog infiltracijskog sustava. Sam iskop treba biti širi i omogućiti siguran boravak i rad kod ispitne jame dvojici ljudi (nagib iskopa prilagoditi vrsti tla) – sve prema sl. br. 1.



sl. br. 1 – dimenzije ispitne jame

3. **Poravnajte dno ispitne jame** i zaspite ga s 10 cm pripremljenog ispranog šljunka frakcije 4 – 8 mm kojeg će te potom poravnati. Šljunak je potreban kako bi se spriječilo začepeljivanje muljem dna ispitne jame tokom ispitivanja, pa je između ostalog, potrebno da je šljunak ispran (posebno ako se radi o tucaniku) kako svojom prašinom nebi začepio zemljane pore i utjecao na rezultate ispitivanja.

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR032360001101278855
SWIFT ADRESA: ZABAH2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719

4. **Zabijte drveni kolac** negdje uz rub ispitne jame (kolac ili čelična šipka treba imati visinu veću od dubine ispitne jame tj. nakon zabijanja u stabilnu, uspravnu poziciju, mora viriti iznad ruba jame). Postavite metar na zabijeni kolac tako da početak mjerne skale dodiruje dno ispitne jame tj. nasuti šljunak, a mjerna skala bude tako okrenuta da omogući jednostavno i precizno očitavanje nivoa tokom mjerenja. Samoljepljivom trakom fiksirajte metar uz kolac.



5. Polagano **napunite iskop vodom** do pred vrh, pritom pazeći da ne izmješate šljunak na dnu ispitne jame i da ne ispirate čestice zemlje s bočnih stijenki jame (isprana zemlja bi se nataložila na dno, začepila podlogu i uzrokovala dobivanje pogrešnih rezultata mjerenja).

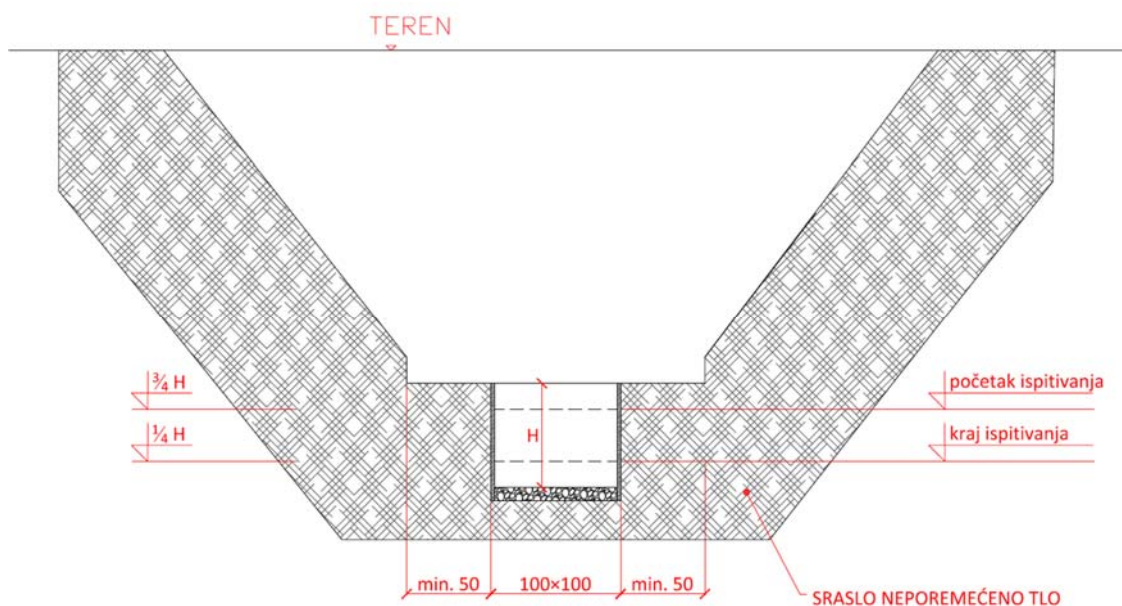


Nadolijevajte vodu u ispitnu jamu sve dok **ne postignete zasićenje okolnog tla vodom**.

Zasićenje tla je postignuto kada je brzina opadanja vode kontrolirana u 4 ili više jednakih intervala postala ista (npr. ako se nakon svakih 5 min kontrole nivoa vode u ispitnoj jami utvrdi isto opadanje razine vode).

Postupak zasićenja, ovisno o tipu podloge, može biti razmjerno kratak a nekad može potrajati i nekoliko sati, te će u pravilu, zahtijevati veći broj nadolijevanja vode u ispitnu jamu.

Rezultati mjerenja će biti pouzdani isključivo ako se mjerenje provede nakon postizanja zasićenosti okolnog tla vodom!



sl. br. 2 – visina punjenja vodom ispitne jame

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR0323600001101278855
SWIFT ADRESA: ZABAHR2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719

6. **Započnite ispitivanje.**

Nakon postizanja zasićenosti tla vodom, nadopunite ispitnu jamu ponovno do $\frac{3}{4}$ ukupne visine jame te zabilježite visinu vodenog stupca i vrijeme kada ste započeli ispitivanje.

Tokom postupka zasićivanja tla vodom, došli ste do spoznaje o brzini procijeđivanja vode iz ispitne jame pa prema tome treba odrediti interval očitavanja tokom samog ispitivanja. Interval treba biti takav da se između očitavanja ostvari pad vodenog stupca kojeg je moguće pouzdano očitati (npr: između 0,5 do 5 cm).

Interval s kojim je početo mjerenje NE SMIJE SE MIJENJATI.

7. **Bilježite pad vodenog stupca** u najmanje 4 očitavanja, a ako niste

dobili ujednačeno opadanje vodenog stupca među očitanjima ponovno napunite ispitni jarak i ponovite ispitivanje.

Ispitivanje je završeno kada voda opadne do zadnje $\frac{1}{4}$ visne ispitne jame uz uvjet da je očitana približno isti pad stupca vode između zadnja 4 očitavanja.



8. **Ponovite ispitivanje** u istom iskupu još jednom, te potom izračunajte prosječan rezultat dobiven iz oba mjerenja kao relevantnu vrijednost. Ako rezultati prva dva mjerenja međusobno znatno odstupaju (razlika veća od 50%), provedite treće ispitivanje.

Uzrok velikih odstupanja u rezultatima mjerenja mogu biti raznoliki: nedostatna zasićenost terena vodom, nehomogeno tlo (krtičnjaci, veliko korijenje, krške kaverne i sl...) ili neispravno očitavanje rezultata.

NAPOMENA

Smanjenje brzine opadanja vodenog stupca tokom ispitivanja može biti povezano s smanjenjem hidrostatskog tlaka vode uzrokovanog opadanjem visine vodenog stupca.

Da bi ste ovo potvrdili usporedite rezultate prvog i drugog ispitivanja (treba paziti da je kod oba ispitivanja bila ista početna visina vode u ispitnoj jami i da su intervali očitavanja bili isti), ako su vrijednosti približno slične imate potvrdu da je smanjenje brzine upijanja vezano za visinu vodenog stupca, a ne zasićenost tla.

U ovom slučaju se preporuča uzeti srednju izmjerenu vrijednost opadanja vodenog stupca za izračun koeficijenta permeabilnosti.

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR0323600001101278855
SWIFT ADRESA: ZABAH2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719

PRIMJER IZRAČUNA k_f IZ REZULTATA MJERENJA

Mjerenje permeabilnosti tla br. 1:

	VRIJEME	VISINA [cm]		VRIJEME	VISINA [cm]		VRIJEME	VISINA [cm]
1	0:00	45	4	15:00	32	7	-	-
2	5:00	40,5	5	20:00	28	8	-	-
3	10:00	36,5	6	25:00	24	9	-	-

Izračun opadanja vodenog stupca:

$$\Delta h_{1-2} = h_1 - h_2 = 45 - 40,5 = 4,5 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{2-3} = h_2 - h_3 = 40,5 - 36,5 = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{3-4} = h_3 - h_4 = 36,5 - 32 = 3,5 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{4-5} = h_4 - h_5 = 32 - 28 = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{5-6} = h_5 - h_6 = 28 - 24 = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{total 1} = \frac{\Delta h_{1-2} + \Delta h_{2-3} + \Delta h_{3-4} + \Delta h_{4-5} + \Delta h_{5-6}}{5} = \frac{4,5 + 4 + 3,5 + 4 + 4}{5} = 4 \text{ cm}$$

Mjerenje permeabilnosti tla br. 2:

	VRIJEME	VISINA [cm]		VRIJEME	VISINA [cm]		VRIJEME	VISINA [cm]
1	0:00	41	4	15:00	28	7	-	-
2	5:00	36	5	20:00	25,5	8	-	-
3	10:00	32	6	-	-	9	-	-

Izračun opadanja vodenog stupca:

$$\Delta h_{1-2} = h_1 - h_2 = 41 - 36 = 5 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{2-3} = h_2 - h_3 = 36 - 32 = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{3-4} = h_3 - h_4 = 32 - 28 = 4 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{4-5} = h_4 - h_5 = 28 - 25,5 = 3,5 \text{ cm}$$

$$\Delta h_{total 2} = \frac{\Delta h_{1-2} + \Delta h_{2-3} + \Delta h_{3-4} + \Delta h_{4-5} + \Delta h_{5-6}}{4} = \frac{5 + 4 + 4 + 3,5}{4} = 4,125 \text{ cm}$$

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR0323600001101278855
SWIFT ADRESA: ZABAH2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719

Prosječno opadanje vodenog stupca:

$$\Delta h_{total} = \frac{\Delta h_{total 1} + \Delta h_{total 2}}{2} = \frac{4 + 4,125}{2} = 4,0625 \text{ cm}$$

Izračun koeficijenta permeabilnosti [k_f]:

$$k_f = \frac{\text{infiltracija [mm]}}{\text{vrijeme [min]}} = \frac{\Delta h_{total}}{t_{\Delta}} = \frac{4,0625}{5} = 0,8125 \frac{\text{cm}}{\text{min}}$$

Pretvaranje iz cm/min u m/s:

$$k_f = \frac{k_f}{100 \times 60} = \frac{0,8125}{100 \times 60} = 1,354 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR0323600001101278855
SWIFT ADRESA: ZABAHR2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719



ZAPISNIK ISPITIVANJA PROPUSNOSTI TLA

Datum i vrijeme početka ispitivanja: _____

Grad / mjesto: _____

Objekt: _____

Lokacija / oznaka ispitne jame: _____

Značajnijih padalina u zadnjih mjesec dana: _____

	VRIJEME	VISINA [cm]		VRIJEME	VISINA [cm]		VRIJEME	VISINA [cm]
1			6			11		
2			7			12		
3			8			13		
4			9			14		
5			10			15		

Komentari i napomene:

Proveo ispitivanje:

Ime i prezime

potpis

Ispitivanju prisustvovao:

Ime i prezime

potpis

ACO Građevinski elementi d.o.o.

Savska cesta 103A, 10360 Sesvete
Tel.: 00 385 1 2700 140
Fax: 00 385 1 2700 141
aco@aco.hr | www.aco.hr

Upisano u sudski registar Trgovačkog suda
u Zagrebu pod brojem MBS 080328535
Temeljni kapital: 584.400,00 kn uplaćen u cijelosti
Direktor: Siniša Staničić

Račun kod Zagrebačke banke d.d.,
Trg bana J. Jelačića 10, 10000 Zagreb
IBAN: HR0323600001101278855
SWIFT ADRESA: ZABAH2X
MB: 01476386 | OIB: 25074288719

ACO. creating the future of drainage