Vodič za merenje zamućenja — zamućenje, transmitancija, jasnoća i propustljivost svetlosti

Providna folija može propuštati gotovo svu svetlost, a ipak izgledati mlečno. Zatamnjeno staklo može izgledati tamno, a ipak propuštati toplotu. Ni jedno ni drugo se ne može pouzdano proceniti okom — meri se. Ovaj vodič za merenje zamućenja jednostavno objašnjava pojmove **zamućenje**, **ukupna transmitancija**, **jasnoća** i **propustljivost svetlosti (VLT)** kao i način na koji ih merač zamućenja meri, kako dobiti ponovljive rezultate i kako izabrati instrument.

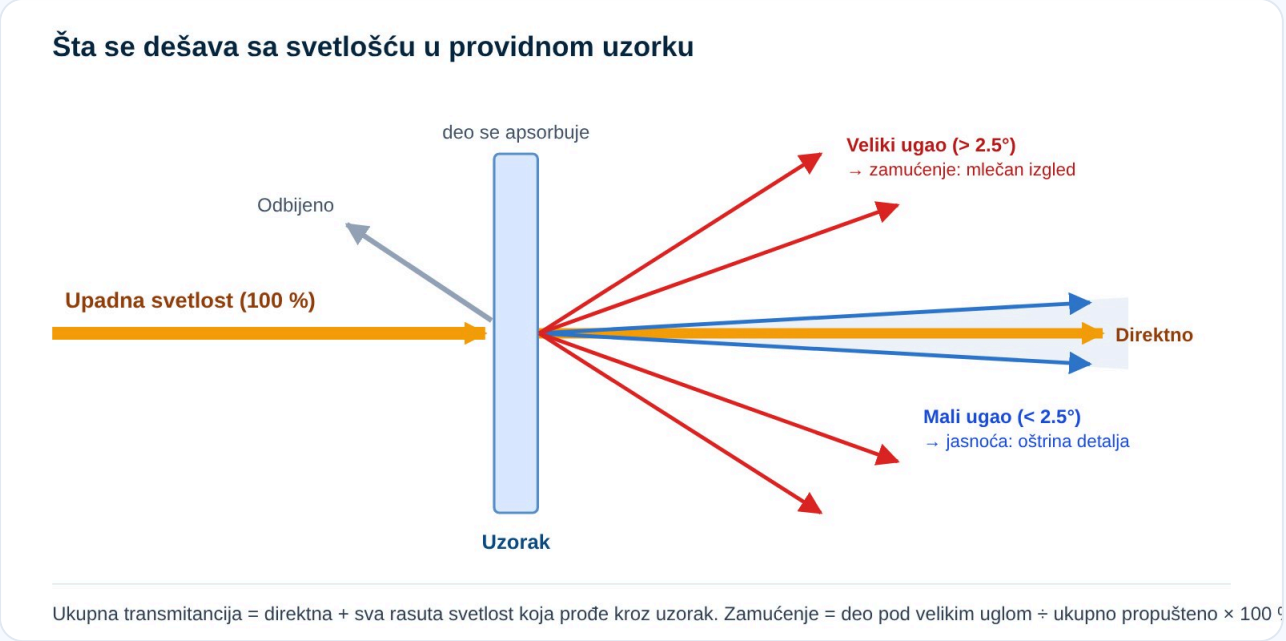
Dopunjuje naš Vodič za merenje boje, koji obrađuje boju čvrstih uzoraka, tečnosti i prahova. Oba vodiča idu zajedno: kod plastike, stakla i ambalaže boja, sjaj i zamućenje opisuju izgled istog proizvoda.

SADRŽAJ

- 1 · Zamućenje, transmitancija i jasnoća
- 2 · Kako meri merač zamućenja — 0/d geometrija
- 3 · ASTM D1003 ili ISO 13468?
- 4 · Jasnoća i boja propuštene svetlosti
- 5 · Merenje u praksi
- 6 · Česte greške
- 7 · Primene i šta se proverava
- 8 · Merači propustljivosti svetlosti: VLT, UV, IR, SHGC
- 9 · Merač zamućenja, merač propustljivosti ili spektrofotometar?
- 10 · Izbor modela
- 11 · Česta pitanja

1 · Zamućenje, transmitancija i jasnoća — šta brojevi znače

Kada svetlost padne na providan ili prozračan uzorak, deo se odbije od površina, deo se apsorbuje u materijalu, a ostatak prolazi. Od svetlosti koja prođe, deo nastavlja pravo, a deo se rasipa na česticama, kristalitima, pigmentima, teksturi površine ili ogrebotinama. Ugao tog rasipanja određuje šta vidite.



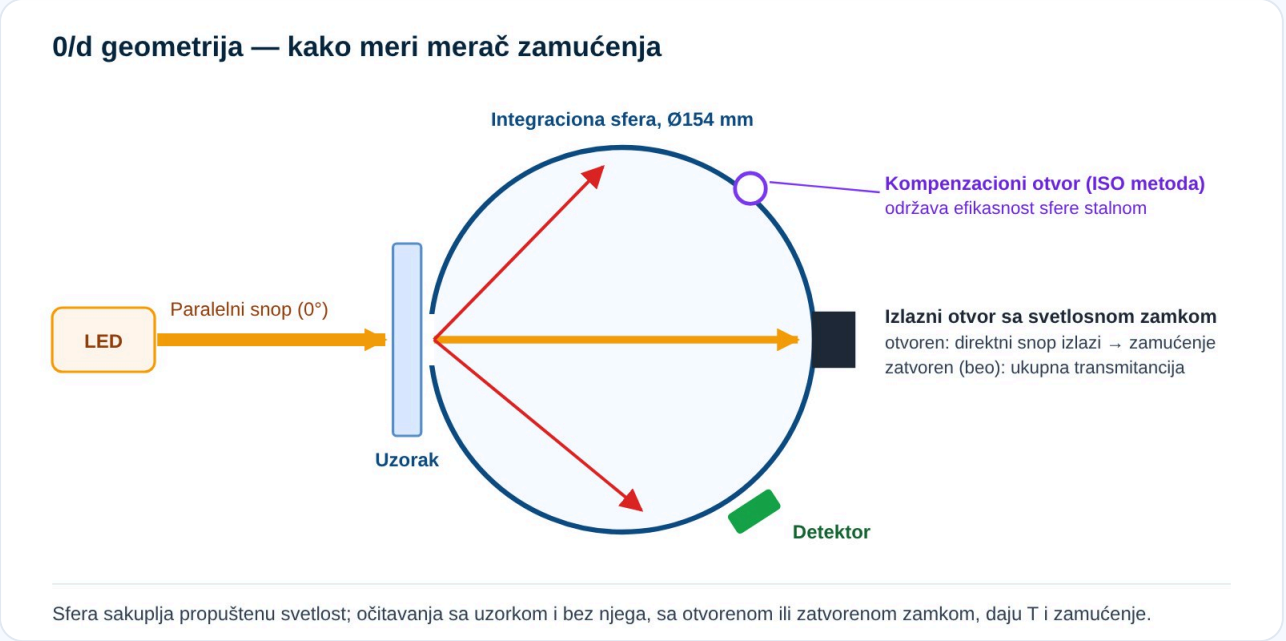
Direktna svetlost, rasipanje pod malim uglom (jasnoća) i rasipanje pod velikim uglom (zamućenje).

- **Ukupna transmitancija (T)** — udeo upadne svetlosti koji prođe kroz uzorak, direktne i rasute zajedno, u %. Providno staklo debljine 3 mm obično ima oko 90 %; ostatak se gubi uglavnom refleksijom na dve površine.
- **Zamućenje** — udeo propuštene svetlosti koji se rasipa za više od 2.5° od upadnog snopa, u %. Veliko zamućenje znači mlečan, zamagljen izgled i slabiji kontrast predmeta iza uzorka.
- **Jasnoća** — vezana za rasipanje pod malim uglom, ispod 2.5°. Mala jasnoća čini fine detalje mutnim i kada je zamućenje malo, što je tipično za neke folije i teksturisane površine.
- **Difuzna transmitancija** — rasuti deo propuštene svetlosti; zamućenje je difuzna transmitancija podeljena ukupnom transmitancijom.

Zamućenje i transmitancija su nezavisni. Difuzorska ploča može imati visoku transmitanciju i vrlo veliko zamućenje; tamno zatamnjeno staklo može imati nisku transmitanciju i gotovo bez zamućenja. Zato specifikacije obično navode obe vrednosti.

2 · Kako meri merač zamućenja — 0/d geometrija i integraciona sfera

Merač zamućenja osvetljava uzorak paralelnim snopom pod 0° i sakuplja propuštenu svetlost u **integracionoj sferi** — šupljoj kugli čija je unutrašnjost bela i jako reflektuje. To se zove **0/d geometrija**: osvetljenje pod 0°, difuzno posmatranje. Sfera usrednjava svu propuštenu svetlost tako da je jedan detektor može izmeriti, bez obzira u kom pravcu je rasuta.



0/d geometrija: paralelni snop, uzorak na ulazu u sferu, izlazni otvor sa svetlosnom zamkom, detektor.

Četiri očitavanja, dva rezultata

Naspram uzorka sfera ima izlazni otvor. Kada je otvor zatvoren belim poklopcem, meri se sva propuštena svetlost. Kada je otvoren ka svetlosnoj zamci, direktni snop napušta sferu i meri se samo rasuta svetlost. Kombinacija očitavanja sa uzorkom i bez njega daje:

Očitavanje	Uzorak	Izlazni otvor	Šta se meri
T1	ne	zatvoren (beo)	Upadna svetlost — referenca 100 %
T2	da	zatvoren (beo)	Ukupna svetlost propuštena kroz uzorak
T3	ne	otvoren (svetlosna zamka)	Svetlost koju rasipa sam instrument
T4	da	otvoren (svetlosna zamka)	Svetlost koju rasipaju uzorak i instrument

Ukupna transmitancija T = T2 / T1. Difuzna transmitancija Td = [T4 − T3 · (T2 / T1)] / T1. Zamućenje = Td / T × 100 %. Savremeni instrumenti ovaj redosled izvode automatski: posle kalibracije postavite uzorak i za nekoliko sekundi očitate zamućenje i T.

3 · ASTM D1003 ili ISO 13468 / ISO 14782?

Obe grupe standarda koriste 0/d geometriju, ali sferu tretiraju različito. Kada se uzorak postavi na ulaz, menja se koliko svetlosti zid sfere vraća — efikasnost sfere. Postupak ASTM D1003 to prihvata; ISO metode (ISO 13468 za ukupnu transmitanciju, ISO 14782 za zamućenje) dodaju **kompenzacioni otvor** tako da sfera ima iste uslove sa uzorkom i bez njega.

	ASTM D1003 (postupak A, merač zamućenja)	ISO 13468 / ISO 14782
Geometrija	0/d, integraciona sfera	0/d, integraciona sfera
Korekcija sfere	Nekompenzovana	Kompenzacioni otvor
Rezultati	Zamućenje, ukupna transmitancija	Zamućenje, ukupna transmitancija svetlosti
Tipična primena	Severnoameričke i mnoge globalne specifikacije	Evropske specifikacije i specifikacije zasnovane na ISO
Da li su rezultati uporedivi?	Bliski za malo zamućenje; razlike mogu rasti kod velikog zamućenja i debelih ili jako rasejavajućih uzoraka	—

Koristite metodu koju navodi vaš kupac ili specifikacija proizvoda i navedite je uz rezultat (na primer „zamućenje 1.8 %, ASTM D1003, otvor Ø20 mm"). Ako izveštavate po obe, izaberite instrument koji podržava obe metode: CH1210, CH1610 i CH1810. CH1100 meri po ASTM D1003. Pune tekstove standarda nude ASTM International i ISO.

4 · Jasnoća i boja propuštene svetlosti

Jasnoća

Zamućenje govori koliko uzorak izgleda mlečno; jasnoća govori koliko oštro izgleda predmet gledan kroz njega. Dve folije sa istim zamućenjem mogu izgledati vrlo različito kada kroz njih čitate tekst. Jasnoća se određuje iz svetlosti rasute pod malim uglom oko direktnog snopa i izražava se u %. Koristi se za ambalažne folije kroz koje proizvod mora biti jasno vidljiv, za materijale ekrana i sočiva i za teksturisane površine. Naš CH1810 iskazuje jasnoću zajedno sa zamućenjem i bojom.

Boja propuštene svetlosti

Providna plastika žuti sa temperaturom prerade, izlaganjem UV zračenju i starenjem, a staklo i folije mogu imati nijansu. Merač zamućenja i boje dodaje spektralni senzor (400–700 nm) i iskazuje boju propuštene svetlosti kao CIE L*a*b*, indeks žutoće (YI), belinu, Pt-Co ili Gardner — u istom merenju kao zamućenje. Pogledajte CH1610 i CH1810; za teoriju vrednosti boje pogledajte Vodič za merenje boje.

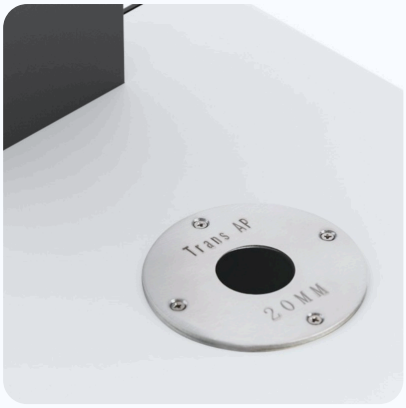
5 · Merenje u praksi — priprema, otvor, kalibracija

Priprema uzorka

- Uzorke držite za ivice i čuvajte ih od otisaka prstiju, prašine i zaštitne folije; već i otisci prstiju primetno povećavaju zamućenje.
- Čistite mekom krpom bez vlakana samo kada metoda to dozvoljava; rastvarači mogu oštetiti plastične površine.
- Pre merenja kondicionirajte plastične uzorke na temperaturi i vlažnosti koje standard zahteva, obično 23 °C i 50 % relativne vlažnosti.
- Uzorci moraju biti ravni i veći od otvora, sa paralelnim površinama; označite mesto merenja i pravac izrade folije.

Izbor otvora

Koristite najveći otvor koji uzorak dozvoljava: Ø20 mm usrednjava veći deo površine i daje najbolju ponovljivost; Ø8 ili Ø4 mm su za male delove kao što su sočiva i prozori ekrana. Rezultate poredite samo pri istom otvoru.



Vertikalno ili horizontalno

Ploče i folije mere se vertikalno na otvoru sfere, pridržane držačem folije. Mali delovi, tečnosti u kivetama i prahovi lakše se mere horizontalno. Otvoren merni prostor omogućava merenje velikih ploča bez sečenja.

Kalibracija i provere

- Kalibrišite 100 % (otvoren snop) i nulu kako instrument zahteva, posle zagrevanja i kada se promene uslovi okoline.
- Svakodnevno proveravajte standardnom pločicom zamućenja poznate vrednosti bliske vašim uzorcima; beležite rezultat kao dokaz da je instrument ispravan.
- Merite svaki uzorak na više mesta (na primer 3–5) i iskažite srednju vrednost; folije zarotirajte za 90° da biste otkrili uticaj orijentacije.
- Uz svaki rezultat navedite metodu, otvor, broj očitavanja i debljinu uzorka.

6 · Česte greške i kako ih izbeći

Greška	Posledica	Rešenje
Otisci prstiju, prašina, ogrebotine	Previsoko zamućenje	Držati za ivice, očistiti, pregledati pre merenja
Uzorak nije ravan ili nije na otvoru	Nestabilna očitavanja, zamućenje previsoko ili prenisko	Koristiti držač folije; pritisnuti uzorak ravno uz otvor
Otvor veći od uzorka	Svetlost prolazi pored uzorka — pogrešni T i zamućenje	Izabrati manji otvor
Poređenje različitih otvora ili metoda	Prividne razlike koje ne postoje	Odrediti otvor i metodu u specifikaciji
Jedno očitavanje na nehomogenoj foliji	Loša ponovljivost	Meriti na više mesta i usrednjiti
Bez kalibracije posle zagrevanja ili promene temperature	Pomeranje vrednosti tokom dana	Kalibrisati i proveriti standardnom pločicom
Teksturisan ili zakrivljen uzorak meren kao ravan	Rezultati nisu uporedivi	Dogovoriti orijentaciju uzorka i držač; porediti istovrsno

7 · Primene — šta se proverava

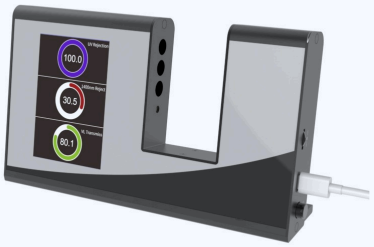
Primena	Šta se meri	Zašto
Ambalažne folije (PE, PP, PET, BOPP)	Zamućenje, T, jasnoća	Proizvod mora izgledati jasno i privlačno kroz foliju; zamućenje otkriva i probleme u preradi
Optičke folije i folije za ekrane, zaštitno staklo	Zamućenje, T, boja	Kontrast i osvetljenost ekrana; vrlo male vrednosti zamućenja
Antirefleksne i mat površine	Zamućenje, T	Zamućenje je ciljno svojstvo i mora ostati u uskim granicama
Difuzori svetlosti, poklopci za LED	Zamućenje, T	Veliko zamućenje za ravnomernu svetlost, visoka T za efikasnost
Staklo — providno, mat, laminirano, sa premazom	T, zamućenje, boja	Providnost, neprozirno staklo, starenje laminata
Providni liveni delovi, sočiva	Zamućenje, T, YI	Greške livenja, žućenje, kontrola od šarže do šarže
Poljoprivredne folije i folije za plastenike	T, zamućenje	Svetlost koja dospeva do useva i koliko je ravnomerno raspoređena
Tečnosti i smole u kivetama	Zamućenje, T, boja	Izgled sličan mutnoći i boja bistrih tečnosti

Granične vrednosti zavise od proizvoda i određuje ih vaša specifikacija; instrument daje uporediv broj.

8 · Merači propustljivosti svetlosti — VLT, blokiranje UV i IR, SHGC

Montažerima folija, prerađivačima stakla i tehničkom pregledu vozila potrebni su drugi brojevi nego laboratoriji za plastiku: koliko vidljive svetlosti staklo propušta i koliko UV zračenja i toplote blokira. Kompaktan **merač propustljivosti svetlosti** meri ih za oko pola sekunde, direktno na uzorcima stakla ili folija.

- **VLT — propustljivost vidljive svetlosti**: udeo vidljive svetlosti (380–760 nm) ponderisan prema osetljivosti oka. Na njoj se zasnivaju propisi za stakla vozila.
- **Blokiranje UV**: koliko ultraljubičaste svetlosti se blokira — zaštita enterijera, robe i kože.
- **Blokiranje IR**: koliko infracrvenog zračenja se blokira na 940 nm, na 1400 nm ili u celom IR opsegu — glavni činilac solarne toplote.
- **SHGC** — koeficijent solarnog toplotnog dobitka: udeo solarne energije koji završi kao toplota u prostoru; niža vrednost znači hladnije.
- **TSER** — ukupno odbijena solarna energija: udeo solarne energije koji se zadrži napolju; viša vrednost je bolja.



Stakla vozila u Evropi uređena su Pravilnikom UN br. 43, koji propisuje najmanju propustljivost vidljive svetlosti za vetrobran i prednja bočna stakla; nacionalna pravila za naknadno postavljene folije se razlikuju. VLT izmerena na vozilu pomaže montažerima i kontrolorima da provere usklađenost. CH1010 meri VLT, blokiranje UV i blokiranje IR na 940 nm; CH1020 dodaje IR na 1400 nm i u celom opsegu, SHGC i TSER.

9 · Merač zamućenja, merač propustljivosti ili spektrofotometar za

boju?

	Merač zamućenja (0/d)	Merač propustljivosti svetlosti	Stoni spektrofotometar za boju
Glavne vrednosti	Zamućenje, ukupna transmitancija, jasnoća, boja propuštene svetlosti (modeli sa bojom)	VLT, blokiranje UV i IR, SHGC, TSER	Boja (CIE Lab, ΔE) u refleksiji i transmisiji; zamućenje kao dodatna vrednost
Standardi	ASTM D1003, ISO 13468, ISO 14782	Metoda instrumenta za zastakljivanje i folije	CIE standardi za boju; zamućenje kao dopuna
Uzorci	Folije, ploče, staklo, delovi, tečnosti u kivetama; otvoren merni prostor	Staklo, folije za stakla, uzorci zastakljivanja	Čvrsti uzorci, prahovi, paste, tečnosti
Najbolje za	Laboratorijsku i proizvodnu kontrolu kvaliteta providnih materijala	Montažere, obradu stakla, inspekciju	Kontrolu boje gde je zamućenje sporedna vrednost
Naši instrumenti	CH1100, CH1210, CH1610, CH1810	CH1010, CH1020	CS60 stoni spektrofotometri

Ako je zamućenje vrednost koju potpisujete u sertifikatima, koristite merač zamućenja: standardna geometrija, velika sfera Ø154 mm i otvoren prostor za uzorak napravljeni su za to.

10 · Izbor modela

	CH1100	CH1210	CH1610	CH1810
Zamućenje, ukupna transmitancija	✓	✓	✓	✓
ISO metoda (kompenzacioni otvor)	—	✓	✓	✓
Boja propuštene svetlosti	—	—	✓	✓
Jasnoća	—	—	—	✓
Ponovljivost zamućenja	0.08	0.05	0.05	0.05
Bluetooth	—	—	—	✓
Debljina uzorka	≤ 170 mm	≤ 105 mm	≤ 105 mm	≤ 105 mm

- **Kontrola proizvodnje po ASTM D1003** — CH1100.
- **Laboratorijski izveštaji po ASTM i ISO** — CH1210.
- **Zamućenje uz žućenje ili nijansu** — CH1610.
- **Sve u jednom, uključujući jasnoću** — CH1810.
- **Staklo i folije za stakla na terenu** — CH1010; za solarne folije sa SHGC i TSER — CH1020.



RUTINSKO ZAMUĆENJE PO ASTM

CH1100

Zamućenje, T · ASTM D1003 · uzorci do 170 mm



ZAMUĆENJE PO ASTM I ISO

CH1210

Kompenzacioni otvor · ponovljivost 0.05



ZAMUĆENJE I BOJA

CH1610

Spektar 400–700 nm · CIE Lab, YI



ZAMUĆENJE, JASNOĆA, BOJA

CH1810

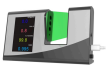
Vrhunski model · Bluetooth



VLT, UV, IR 940 NM

CH1010

Staklo i folije za stakla · 0.5 s



SOLARNE FOLIJE

CH1020

IR 940/1400 nm, ceo opseg · SHGC · TSER

11 · Česta pitanja

▼ Koja je dobra vrednost zamućenja?

Zavisi od proizvoda. Optičke folije i stakla ekrana ciljaju vrlo malo zamućenje, često ispod 1 %; ambalažne folije obično nekoliko procenata; difuzori namerno vrlo veliko zamućenje. Granicu određuje specifikacija.

▼ Mogu li porediti vrednosti zamućenja izmerene na različitim instrumentima?

Da, ako su metoda (ASTM ili ISO), otvor i priprema uzorka isti, a oba instrumenta kalibrisana i provereni standardnom pločicom. Naši merači zamućenja slažu se u granicama 0.4 jedinice zamućenja na standardnoj pločici pri Ø20 mm.

▼ Zašto se zamućenje menja duž role folije?

Debljina, orijentacija, aditivi i stanje površine menjaju se po širini trake. Merite na više mesta, beležite pravac izrade i poredite istovrsno.

▼ Da li merač zamućenja meri mutnoću vode?

Ne u smislu mutnoće vode u NTU, koja se meri turbidimetrom. Merač zamućenja može meriti zamućenje i transmitanciju bistrih tečnosti u kivetama kao svojstvo materijala.

▼ Da li je VLT isto što i ukupna transmitancija?

Obe opisuju svetlost koja prolazi kroz uzorak. VLT je ponderisana prema oku u vidljivom opsegu i koristi se za zastakljivanje; ukupna transmitancija iz merača zamućenja je standardna vrednost za plastiku i folije.

Pročitajte još

- Vodič za merenje boje — svetlost, brojevi boje, ΔE, geometrije i instrumenti za boju.
- Pregled spektroskopije i boje — svi naši instrumenti za boju, sjaj, zamućenje i spektroskopiju.
- Katalog spektroskopije i boje — ceo asortiman, uključujući modele dostupne na upit.

- Vodič za merenje zamućenja (PDF) — ovaj vodič za štampu i deljenje.

Niste sigurni koja metoda ili instrument vam je potreban?

Pošaljite nam vrstu uzorka, debljinu i standard po kojem izveštavate. Preporučićemo metodu, otvor i instrument, a možemo i izmeriti vaše uzorke.

sales@colo.si

PRODAJA I PODRŠKA ZA SRBIJU

COLO Science Novi Sad

Branka Radičevića 1, 21000 Novi Sad, Srbija Telefon: +381 64 659 14 21 · E-pošta: sales@colo.si · Web: colo.si Isporučujemo laboratorijama u Srbiji i regionu direktno i preko partnera. B2B cene su neto, bez PDV-a.