

REPUBLIKA SRBIJA  
PROJEKAT REHABILITACIJE TRANSPORTA

**TEHNIČKI USLOVI ZA GRAĐENJE  
PUTEVA U REPUBLICI SRBIJI**

**2. POSEBNI TEHNIČKI USLOVI**

**2.8 PODZEMNI RADOVI**

**BEOGRAD, 2012.**

---

**Izdavač:           Javno preduzeće Putevi Srbije, Bulevar kralja Aleksandra 282, Beograd**

**Izdanja:**

| <b>Br.</b> | <b>Datum</b> | <b>Opis izmena i dopuna</b> |
|------------|--------------|-----------------------------|
| 1          | 30.04.2012.  | Početno izdanje             |
|            |              |                             |
|            |              |                             |
|            |              |                             |

**SADRŽAJ**

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| <b>2.8.1</b> | <b>UVODNI DEO .....</b>  | <b>1</b>  |
| 2.8.1.1      | PREDMET SPECIFIKACIJA.....   | 1         |
| 2.8.1.2      | TEHNIČKA REGULATIVA.....   | 1         |
| 2.8.1.3      | TERMINOLOGIJA.....   | 3         |
| 2.8.1.4      | UPOTREBLJENE SKRAĆENICE.....   | 11        |
| <b>2.8.2</b> | <b>KLASIFIKACIJA STENSKIH MASA.....</b>  | <b>12</b> |
| 2.8.2.1      | OPŠTE.....   | 12        |
| 2.8.2.2      | PRIMENA I POSTUPCI.....  | 12        |
| 2.8.2.3      | OPŠTI SISTEM KLASIFIKACIJE – PREMA STANDARDU.....  | 13        |
| 2.8.2.4      | MATRICA.....   | 14        |
| 2.8.2.5      | RAZUMEVANJE MATRICE.....   | 18        |
| 2.8.2.5.1    | Važenje potpornog tipa.....  | 18        |
| 2.8.2.5.2    | Određivanje parametara vezanih za projekat koji se odnose na plaćanje potpornih elemenata..... | 19        |
| 2.8.2.5.3    | Određivanje parametara napredovanja tokom iskopavanja.....                                     | 19        |
| 2.8.2.5.4    | Izvođenje cena za netenderske tipove potpore.....  | 19        |
| <b>2.8.3</b> | <b>PODZEMNO ISKOPAVANJE .....</b>  | <b>21</b> |
| 2.8.3.1      | OPŠTE.....   | 21        |
| 2.8.3.1.1    | Dokumentacija.....   | 21        |
| 2.8.3.2      | IZVOĐENJE.....   | 22        |
| 2.8.3.2.1    | Oprema.....  | 22        |
| 2.8.3.2.2    | Rasveta i energija tokom izgradnje.....  | 22        |
| 2.8.3.2.3    | Ventilacija tokom izgradnje.....   | 22        |
| 2.8.3.2.4    | Definicija iskopnog profila.....   | 22        |
| 2.8.3.2.5    | Urušavanje.....  | 23        |
| 2.8.3.2.6    | Zahtevi prilikom iskopavanja.....  | 23        |
| 2.8.3.2.7    | Bezbednosne mere.....  | 24        |
| 2.8.3.2.8    | Kontinuirani rad.....  | 24        |
| 2.8.3.2.9    | Odvodnjavanje tokom izgradnje.....   | 24        |
| 2.8.3.2.10   | Saobraćaj na gradilištu na završnoj niveleti iskopavanja.....                                  | 25        |
| 2.8.3.2.11   | Saobraćaj na gradilištu po podnožnom svodu.....  | 25        |
| 2.8.3.3      | DIMENZIJE ISKOPAVANJA.....   | 25        |
| 2.8.3.4      | PLAĆANJE.....  | 27        |
| <b>2.8.4</b> | <b>KONTROLA PROFILA I DOZVOLJENA ODSTUPANJA.....</b>   | <b>29</b> |
| 2.8.4.1      | KONTROLA PROFILA.....  | 29        |
| 2.8.4.1.1    | Način kontrole profila za završnu betonsku oblogu.....   | 29        |
| 2.8.4.1.2    | Izvođenje.....   | 30        |
| 2.8.4.1.3    | Zapisnici.....   | 30        |
| 2.8.4.2      | DOZVOLJENA GRAĐEVINSKA ODSTUPANJA.....   | 30        |
| 2.8.4.2.1    | Dozvoljena odstupanja za početnu oblogu.....   | 30        |
| 2.8.4.2.2    | Dozvoljena odstupanja od nivoa iskopa podnožnog svoda.....                                     | 31        |
| 2.8.4.2.3    | Dozvoljena odstupanja unutrašnje betonske obloge.....  | 31        |
| <b>2.8.5</b> | <b>OSIGURANJE TUNELA.....</b>  | <b>32</b> |
| 2.8.5.1      | OPŠTI ZAHTEVI.....   | 32        |
| 2.8.5.1.1    | Način izgradnje.....   | 32        |
| 2.8.5.1.2    | Dokumentacija koju je potrebno dostaviti.....  | 32        |
| 2.8.5.1.3    | Izvođenje radova na podgrađivanju tunela.....  | 32        |
| 2.8.5.1.4    | Zapisnici.....   | 32        |
| 2.8.5.1.5    | Oprema i nabavka materijala.....   | 32        |
| 2.8.5.2      | MLAZNI BETON.....  | 33        |
| 2.8.5.2.1    | Opšte.....   | 33        |
| 2.8.5.2.2    | Materijali.....  | 33        |
| 2.8.5.2.3    | Projektovanje mešavine.....  | 34        |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| 2.8.5.2.4    | Doziranje, mešanje i prevoz.....   | 35        |
| 2.8.5.2.5    | Nanošenje mlaznog betona .....   | 36        |
| 2.8.5.2.6    | Ispitivanje mlaznog betona .....   | 37        |
| 2.8.5.2.7    | Kontrola kvaliteta.....  | 38        |
| 2.8.5.3      | <b>MIKROARMIRAN MLAZNI BETON OJAČAN ČELIČNIM ILI POLIMERNIM<br/>VLAKNIMA .....</b> | <b>39</b> |
| 2.8.5.4      | <b>ARMATURA .....</b>  | <b>39</b> |
| 2.8.5.4.1    | Armatura mreža (zavarena čelična vlakna) .....                                     | 39        |
| 2.8.5.4.2    | Armature šipke .....   | 39        |
| 2.8.5.5      | <b>ČELIČNI LUKOVI.....</b>   | <b>40</b> |
| 2.8.5.5.1    | Opšte.....   | 40        |
| 2.8.5.6      | <b>ČELIČNA KOPLJA.....</b>   | <b>42</b> |
| 2.8.5.6.1    | Koplja - injektirane čelične cevi.....   | 42        |
| 2.8.5.6.2    | Koplja od RA šipova.....   | 42        |
| 2.8.5.6.3    | Čelične talpe .....  | 42        |
| 2.8.5.7      | <b>SIDRA .....</b>   | <b>43</b> |
| 2.8.5.7.1    | Opšte.....   | 43        |
| 2.8.5.8      | <b>LSC - POPUŠTAJUĆI ELEMENTI PODGRADE).....</b>                                   | <b>46</b> |
| 2.8.5.9      | <b>CEVNI ŠTIT (KIŠOBRAN, PIPE ROOF) .....</b>                                      | <b>47</b> |
| 2.8.5.10     | <b>GETEHNIČKO ŠTAPNO SIDRO .....</b>   | <b>48</b> |
| 2.8.5.11     | <b>KABELSKA SIDRA .....</b>  | <b>50</b> |
| 2.8.5.12     | <b>SIDRENE GREDE .....</b>   | <b>52</b> |
| 2.8.5.13     | <b>MERENJE .....</b>   | <b>52</b> |
| 2.8.5.13.1   | Mlazni beton.....  | 52        |
| 2.8.5.13.2   | Armatura mreža .....   | 53        |
| 2.8.5.13.3   | Armature šipke .....   | 53        |
| 2.8.5.13.4   | Čelični lukovi .....   | 53        |
| 2.8.5.13.5   | Potporna koplja .....  | 53        |
| 2.8.5.13.6   | Sidra.....   | 53        |
| 2.8.5.13.7   | LSC (čelije za kontrolu napona u oblozi) .....                                     | 53        |
| 2.8.5.13.8   | Cevni štiti .....  | 54        |
| 2.8.5.13.9   | Sidrene šipke .....  | 54        |
| 2.8.5.13.10  | Kabelska sidra.....  | 54        |
| 2.8.5.13.11  | Sidrena greda.....   | 54        |
| 2.8.5.14     | <b>PLAĆANJE.....</b>   | <b>54</b> |
| 2.8.5.14.1   | Opšte.....   | 54        |
| 2.8.5.14.2   | Potporna koplja .....  | 54        |
| 2.8.5.14.3   | Sidra.....   | 54        |
| 2.8.5.14.4   | Sidrene grede.....   | 54        |
| 2.8.5.14.5   | Cevni štiti .....  | 54        |
| <b>2.8.6</b> | <b>PREBUŠENJE I UČVRŠĆIVANJE .....</b>   | <b>57</b> |
| 2.8.6.1      | <b>PREBUŠENJE.....</b>   | <b>57</b> |
| 2.8.6.1.1    | Opšte.....   | 57        |
| 2.8.6.1.2    | Dokumentacija .....  | 57        |
| 2.8.6.1.3    | Izvođenje.....   | 57        |
| 2.8.6.2      | <b>UČVRŠĆIVANJE .....</b>  | <b>57</b> |
| 2.8.6.2.1    | Opšte.....   | 57        |
| 2.8.6.2.2    | Dokumentacija .....  | 57        |
| 2.8.6.2.3    | Potreba izvođenja bušotina u svrhu učvršćivanja.....                               | 57        |
| 2.8.6.2.4    | Bušotine za učvršćivanje i bušotine za poboljšanje stene .....                     | 58        |
| 2.8.6.3      | <b>MATERIJAL .....</b>   | <b>58</b> |
| 2.8.6.4      | <b>IZVOĐENJE .....</b>   | <b>58</b> |
| 2.8.6.4.1    | Ispitivanje .....  | 58        |
| 2.8.6.4.2    | Bušenje .....  | 58        |
| 2.8.6.4.3    | Mešanje mase za učvršćivanje .....   | 58        |
| 2.8.6.5      | <b>IZVOĐENJE UČVRŠĆIVANJA .....</b>  | <b>58</b> |
| 2.8.6.6      | <b>OBEZBEĐIVANJE KVALITETA.....</b>  | <b>59</b> |
| 2.8.6.7      | <b>MERENJE .....</b>   | <b>59</b> |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| 2.8.6.7.1    | Predbušenje .....  | 59        |
| 2.8.6.7.2    | Učvršćivanje .....   | 59        |
| 2.8.6.8      | PLAĆANJE .....   | 59        |
| 2.8.6.8.1    | Predbušenje .....  | 59        |
| 2.8.6.8.2    | Učvršćivanje .....   | 59        |
| <b>2.8.7</b> | <b>HIDROIZOLACIJA I TRAJNO ODVODNJAVANJE PODZEMNIH VODA.....</b> | <b>60</b> |
| 2.8.7.1      | HIDROIZOLACIJA I ZAŠTITNI FILC .....                             | 60        |
| 2.8.7.1.1    | Opšte.....   | 60        |
| 2.8.7.1.2    | Materijali.....  | 61        |
| 2.8.7.1.3    | Izvođenje.....   | 63        |
| 2.8.7.1.4    | Kontrola kvaliteta izvođenja .....                               | 64        |
| 2.8.7.2      | TRAJNO ODVODNJAVANJE PODZEMNIH VODA.....                         | 65        |
| 2.8.7.2.1    | Opšte.....   | 65        |
| 2.8.7.2.2    | Materijali.....  | 65        |
| 2.8.7.2.3    | Izvođenje.....   | 65        |
| 2.8.7.3      | MERENJE .....  | 66        |
| 2.8.7.3.1    | Hidroizolaciona membrana .....                                   | 66        |
| 2.8.7.3.2    | Uzdužno odvodnjavanje podzemnih voda .....                       | 66        |
| 2.8.7.4      | PLAĆANJE .....   | 66        |
| 2.8.7.4.1    | Hidroizolaciona membrana .....                                   | 66        |
| 2.8.7.4.2    | Uzdužno odvodnjavanje podzemnih voda .....                       | 66        |
| <b>2.8.8</b> | <b>BETONIRANJE I ARMATURA .....</b>                              | <b>68</b> |
| 2.8.8.1      | OPŠTE .....  | 68        |
| 2.8.8.1.1    | Opis.....  | 68        |
| 2.8.8.1.2    | Dokumentacija koju je potrebno dostaviti .....                   | 68        |
| 2.8.8.1.3    | Uslovi za izvođenje radova .....                                 | 69        |
| 2.8.8.2      | MATERIJAL .....  | 69        |
| 2.8.8.2.1    | Oplata .....   | 69        |
| 2.8.8.2.2    | Beton.....   | 69        |
| 2.8.8.2.3    | Prefabrikovane betonske komponente .....                         | 70        |
| 2.8.8.2.4    | Masa za kontaktno injektiranje .....                             | 70        |
| 2.8.8.2.5    | Armatura .....   | 70        |
| 2.8.8.2.6    | Premazivanje .....   | 70        |
| 2.8.8.3      | BETONIRANJE .....  | 70        |
| 2.8.8.3.1    | Priprema oplata pre betoniranja .....                            | 70        |
| 2.8.8.3.2    | Priprema za ugradnju betona .....                                | 71        |
| 2.8.8.3.3    | Ugradnja betona .....  | 71        |
| 2.8.8.3.4    | Zbijanje betona za završnu oblogu .....                          | 72        |
| 2.8.8.3.5    | Uklanjanje oplata .....  | 72        |
| 2.8.8.3.6    | Nega betona .....  | 72        |
| 2.8.8.3.7    | Sanaciona obrada površina .....                                  | 72        |
| 2.8.8.3.8    | Prefabrikovani betonski elementi.....                            | 73        |
| 2.8.8.3.9    | Kkontaktno injektiranje.....                                     | 73        |
| 2.8.8.3.10   | Izvođenje zaštitnog premaza .....                                | 73        |
| 2.8.8.4      | ARMIRANJE .....  | 73        |
| 2.8.8.4.1    | Armatura mreža .....   | 73        |
| 2.8.8.4.2    | Armaturene šipke.....  | 74        |
| 2.8.8.5      | OBEZBEĐENJE KVALITETA .....                                      | 74        |
| 2.8.8.6      | MERENJE .....  | 74        |
| 2.8.8.7      | PLAĆANJE .....   | 74        |
| <b>2.8.9</b> | <b>UZEMLJENJE U TUNELU .....</b>                                 | <b>77</b> |
| 2.8.9.1      | OPŠTE .....  | 77        |
| 2.8.9.2      | MATERIJALI .....   | 77        |
| 2.8.9.3      | IZVOĐENJE .....  | 77        |
| 2.8.9.4      | MERENJE .....  | 77        |
| 2.8.9.5      | PLAĆANJE .....   | 77        |



## 2.8.1 UVODNI DEO

- drenaža i hidroizolacija,
- unutrašnja obloga,
- uzemljenje tunela.

### 2.8.1.1 Predmet specifikacija

Predmet ovih specifikacija su podzemni radovi u tunelima, podeljeni u osam poglavlja:

- klasifikacija stenskih masa,
- podzemni iskop,
- kontrola profila i dozvoljena odstupanja,
- potporne mere,
- geotehnička merenja,

Za svaku grupu radova su navedene odredbe koje se odnose na:

- opis postupaka i tehničke zahteve izvođenja,
- način merenja radova,
- način plaćanja radova.

### 2.8.1.2 Tehnička regulativa

| Referentni standard                | Naslov standarda u srpskom jeziku   | Naslov standarda u engleskom jeziku   |
|------------------------------------|---|---|
| SRPS EN 196-<br>(grupa standarda)  | Metode ispitivanja cementa  | Methods of testing  |
| SRPS EN 197-1                      | Cement – Deo 1: Sastav, specifikacije i kriterijumi usaglašenosti za obične cimente   | Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements   |
| SRPS EN 206-1                      | Beton - 1.dio: Specifikacija, karakteristike i kriterijumi usaglašenosti  | Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity  |
| SRPS EN 450-<br>(grupa standarda)  | Leteći pepeo za beton   | Fly ash for concrete  |
| SRPS EN 932-<br>(grupa standarda)  | Ispitivanja opštih svojstava agregata   | Tests for general properties of aggregates  |
| SRPS EN 933-<br>(grupa standarda)  | Ispitivanje geometrijskih svojstava agregata  | Tests for geometrical properties of aggregates  |
| SRPS EN 934-<br>(grupa standarda)  | Dodaci betonu, malteru i injekcionoj masi   | Admixtures for concrete, mortar and   |
| SRPS EN 1008                       | Voda za pripremu betona - Specifikacije za uzimanje uzoraka, ispitivanje i ocenu pogodnosti vode za pripremu betona, uključujući vodu dobijenu iz procesa u industriji betona | Mixing water for concrete - Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete |
| SRPS EN 1097-<br>(grupa standarda) | Ispitivanje mehaničkih i fizičkih svojstava agregata  | Tests for mechanical and physical properties of aggregates  |
| SRPS EN 1367-<br>(grupa standarda) | Ispitivanja toplotnih svojstava agregata i otpornosti prema raspadanju  | Tests for thermal and weathering properties of aggregates   |
| SRPS EN 1401-<br>(grupa standarda) | Sistemi cevovoda od plastičnih masa za podzemno odvodnjavanje bez pritiska i kanalizaciju - Neomekšani polivinilhlorid (PVC-U)  | Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) -   |
| SRPS EN 1537                       | Izvođenje specijalnih geotehničkih radova – Ankeri  | Execution of special geotechnical work - Ground anchors   |

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
| SRPS EN 1744-<br>(grupa standarda)  | Ispitivanja hemijskih svojstava agregata   | Tests for chemical properties of aggregates  |
| SRPS EN 1926                        | Metode ispitivanja prirodnog kamena -<br>Određivanje čvrstoće pri pritisku   | Natural stone test methods -<br>Determination of compressive strength  |
| SRPS EN 10025-<br>(grupa standarda) | Toplovaljani proizvodi od nelegiranih<br>konstrukcionih čelika - Tehnički zahtevi<br>za isporuku   | Hot-rolled products of non-alloy<br>structural steels and their technical<br>delivery conditions   |
| SRPS EN 10080                       | Betonski čelik - Zavarivi betonski čelik -<br>Opšti deo  | Steel for the reinforcement of concrete -<br>Weldable reinforcing steel - General  |
| SRPS EN 12350-<br>(grupa standarda) | Ispitivanje svežeg betona  | Testing fresh concrete   |
| SRPS EN 12390-3                     | Ispitivanje očvrslog betona - Deo 3:<br>Čvrstoća pri pritisku uzoraka za<br>ispitivanje  | Testing hardened concrete - Part 3:<br>Compressive strength of test<br>specimens   |
| SRPS EN 12620                       | Agregati za beton  | Aggregates for concrete  |
| SRPS EN 12390-<br>(grupa standarda) | Ispitivanje očvrslog betona  | Testing hardened concrete  |
| SRPS EN 13055-<br>(grupa standarda) | Laki agregati  | Lightweight aggregates   |
| SRPS EN 13108-<br>(grupa standarda) | Asfaltne mešavine - Specifikacije  | Bituminous mixtures - Material<br>specifications   |
| SRPS EN 13179-<br>(grupa standarda) | Ispitivanja kamenog brašna koje se<br>koristi u bitumenskim mešavinama   | Tests for filler aggregate used in<br>bituminous mixtures  |
| SRPS EN 13242                       | Agregati za nevezane i hidraulički<br>vezane materijale za upotrebu u<br>građevinskim radovima i izgradnji<br>puteva                     | Aggregates for unbound and<br>hydraulically bound materials for use in<br>civil engineering work and road<br>construction                    |
| SRPS EN 13263-<br>(grupa standarda) | Silikatna prašina za beton   | Silica fume for concrete   |
| SRPS EN 13990                       | Drveni podovi - Podne daske od<br>masivnog četinarskog drveta  | Wood flooring - Solid softwood floor<br>boards   |
| SRPS EN ISO 2431                    | Boje i lakovi - Određivanje vremena<br>isticanja pomoću posuda za isticanje  | Paints and varnishes - Determination of<br>flow time by use of flow cups   |
| SRPS EN ISO 13736                   | Određivanje tačke paljenja - Metoda u<br>zatvorenom sudu po Abelu  | Determination of flash point - Abel<br>closed-cup method   |
| SRPS ISO 10319                      | Geotekstil - Ispitivanje zatezanjem<br>metodom širokog laboratorijskog<br>uzorka   | Geotextiles - Wide-width tensile test  |
| SRPS ISO 11058                      | Geotekstil i geotekstilu srodni proizvodi<br>- Određivanje svojstva permeabilnosti<br>vode upravno na ravan epruvete, bez<br>opterećenja | Geotextiles and geotextile-related<br>products - Determination of water<br>permeability characteristics normal to<br>the plane, without load |
| SRPS ISO 12236                      | Geotekstil i geotekstilu srodni proizvodi<br>- Statičko ispitivanje proboja (CBR<br>ispitivanje)   | Geotextiles and geotextile-related<br>products - Static puncture test (CBR-<br>Test)   |



|                |  |   |
|----------------|--|---|
| SRPS ISO 12956 | Geotekstil i geotekstilu srodni proizvodi<br>- Određivanje karakteristične veličine otvora | Geotextiles and geotextile-related products - Determination of the characteristic opening size    |
| SRPS ISO 12958 | Geotekstil i geotekstilu srodni proizvodi<br>- Određivanje kapaciteta protoka vode u ravni | Geotextiles and geotextile-related products - Determination of water flow capacity in their plane |

### 2.8.1.3 Terminologija

**Agregat** (aggregate) zrnasti, granulirani mineralni materijal pogodan za upotrebu pri izradi betona. Agregati mogu biti prirodni ili veštački, a takođe i reciklirani od materijala prethodno korišćenih za građenje

**Aggregate** (agregat) particulate, graded mineral material suitable for use as a component of concrete. Aggregates can be natural or artificial, or recycled from used construction material.

**Cement** (cement) je fino samleven neorganski materijal, koji pomešan sa vodom pravi pastu; zbog reakcija i procesa hidratacije vezuje se i stvrdnjava, i nakon stvrdnjavanja zadržava čvrstoću i zapreminsku postojanost, čak i pod vodom.

**Cement** (cement) is a pulverized inorganic material that forms a paste when mixed with water, which, due to reactions and hydration processes, sets and hardens, and upon hardening retains its firmness and volume stability, even under water.

**Cementni beton** (cement concrete, Beton) je materijal, koji nastaje mešanjem mešavine kamenih zrna (krupnog i sitnog agregata), hidrauličnog veziva cementa i vode, po potrebi sa dodatkom hemijskih i/ili mineralnih dodataka (aditiva); hidratacijom cementa razvija svoja svojstva.

**Cement concrete, Beton** (cementni beton) is a material obtained by mixing stone grain (course and fine aggregate), hydraulic cement binder, and water, with chemical and/or mineral admixtures as needed; it develops its properties by cement hydration.

**Deformaciona tolerancija** (deformation tolerance) je deo planiranog iskopnog profila čiji je cilj da preuzme očekivanu stensku deformaciju odn. deformaciju koja nastupa između iskopa i primarnog podupiranja.

**Deformation tolerance** (deformaciona tolerancija) is part of planned excavation profile whose purpose is to take over the unexpected deformity in rock i.e. deformity between excavation and primary support.

**Diskontinuitet** (discontinuity) je površina unutar stenske mase odn. stene duž koje su neka svojstva stena prekinuta ili suštinski odstupaju od svojstava okolne stene.

**Discontinuity** (diskontinuitet) is surface inside the rocky mass i.e. rock where some characteristics of the rock had been interrupted or significantly deviate from characteristics of surrounding rock.

**Drenaža** (drainage, drain) je namenjena efikasnom odvodnjavanju vode iz zaleđa objekta u cilju sprečavanja pojava hidrostatičkih pritisaka.

**Drain** (drainage) is used for efficient drainage of water from the surroundings of the structure to prevent the onset of hydrostatic pressure.

**Drenažni beton** (porous concrete) je sastavljen iz jednofrakcijskog agregata veličine zrna Ø16 mm koji propušta vodu.

**Porous concrete** (drenažni beton) is made of single-fraction pervious aggregate with grain size of Ø16 mm.

**Drenažni geotekstil** (porous geotextile) je pretežno izrađen iz sintetičkih vlakana ili traka koji propušta vodu.

**Porous geotextile** (drenažni geotekstil) is primarily made of pervious synthetic fibers or strips.

**Dužina iskopnog koraka** (length of excavation step) je srednja vrednost horizontalne dužine jednog koraka iskopa.

**Dužina tunela** (tunnel length) je određena dužinom najduže potpuno pokrivena vozne trake.

**Galerija** (gallery) je građevinski objekat po pravilu pravougaonog ili lučnog oblika, koji je izgrađen po sistemu otvorene izgradnje na mestima puta koji su ugroženi lavinom (sneg, kamenje). Galerija može da bude nasuta, delimično nasuta ili nenasuta. U spoljnom zidu se obično izrađuju otvori u obliku polukruga ili pravougaonika. Uslovi za izvođenje zida sa otvorima su isti kao i za izvođenje središnjeg zida od stubova.

**Geotehnički deo projekta tunela** (geotechnical model) su računski modeli i planovi iskopa i podupiranja, kojima se obezbeđuje da tunel ispunjava ključne zahtevi u datoj geološko-geotehničkoj situaciji.

**Hemijski dodatak** (admixture) je hemijska materija koja se tokom procesa spravljanja betona dodaje u malim količinama u odnosu na masu cementa radi modifikovanja svojstava svežeg ili očvrslog betona

**Injektovanje i učvršćivanje** (injection or fixing) je tehnološki postupak u kome se masom za ubrizgavanje ili drugim materijalom za učvršćivanje pod pritiskom popunjavaju prirodne pore u stenskoj masi, pukotine, kao i druge praznine, tako da se stenska masa u unutrašnjosti suštinski ne menja.

**Iskopavanje profila deo po deo** (excavation of profile step by step) je iskopavanje u kome se na svakom iskopnom koraku čelo iskopa deli na pojedinačne sastavne profile koji odmah po iskopavanju – napredovanju moraju da se podupru potpornim elementima.

**Iskopni korak** (excavation step) je deo iskopa izveden u potpunosti u jednom ciklusu ili deo po deo (kalota, stepenica, podnožni svod od mlaznog betona).

**Length of excavation step** (dužina iskopnog koraka) is average value of horizontal length of one excavation step.

**Tunnel length** (dužina tunela) is the specified length of the longest completely covered driving lane.

**Gallery** (galerija) is a structure which as a rule is of a rectangular or arched form, constructed according to the system of open tunnel construction in locations where the road is threatened by avalanches or landslides. A gallery may be covered, partially covered or uncovered. Openings are typically constructed in the external wall in the shape of a semicircle or rectangle. The conditions for constructing the walls with openings are the same as those for constructing middle pillars from columns.

**Geotechnical model** (geotehnički deo projekta tunela) are computer models and plans for excavation and bracing which ensure that the tunnel fulfils the key requirements in the given geological-geotechnical situation.

**Admixture** (hemijski dodatak) is a chemical substance added to the concrete mixture, in small quantities as compared to the mass of cement, to modify the properties of wet or hardened concrete.

**Injection or fixing** (injektovanje ili utvrđivanje) is technological procedure where by means of injection mass or by means of other material for fixing natural soil pores in rocks, cracks and other gaps are filled under pressure, leaving the inside rocks characteristics essentially unchanged.

**Excavation of profile step by step** (iskopavanje profila deo po deo) is excavation where during each excavation step the excavation head is divided to single component profiles which have to be supported by supporting elements immediately after excavation.

**Excavation step** (iskopni korak) is part of excavation executed entirely in one cycle or step by step (calotte, bench, invert arch made of sprayed concrete).

**Izvođač** (contractor) je pravno ili fizičko lice koje je sa naručiocem sklopilo ugovor sa obavezom da izvrši određeni posao po odredbama ugovora, odobrenim nacrtima i drugim uslovima, koji su sastavni deo ugovora; takođe, to može da bude i pravno lice odgovorno za proizvod, postupak i posao, koje realizuje uslove za garanciju kvaliteta.

**Jet-grouting** (jet-grouting) je postupak izveden u bušotini tokom kojeg se tla ili delimično čvrsta stena izmeša sa cementnim vezivom (malterom), tako da se nakon stvrdnjavanja povećava njena čvrstoća.

**Kalota** (top heading, calotte) je gornji deo (zakrivljen) iskopa poprečnog profila tunela.

**Kampada** (ring) je deo konstrukcije objekta između dva radna ili dilataciona spoja.

**Kategorija stenske mase** (category of rock) je označavanje stenske mase sa podjednakim svojstvima u odnosu na iskopavanje celokupnog poprečnog preseka, kao i na vremensku prostornu deformaciju tokom iskopavanja bez obzira na mere podupiranja i ostale dodatne mere.

**Konvergenција** (convergence) je radijalno pomeranje konture osnovne podgrade (primarne podgrade). Do nje se dolazi merenjem promene rastojanja dve ili više tačaka na konturi tunela (na primarnoj podgradi).

**Koplja** (holders) su čelične cevi ili čelične šipke koje su ugrađene ispred čela iskopa i imaju ulogu u obezbeđivanju svoda i strana iskopnog koraka tokom napredovanja iskopa prostora.

**Korak** (step) je izvođenje celokupnog ciklusa iskopavanja, utovara, prevoza i ugradnje potpornih elemenata.

**Contractor** (izvođač) is a legal entity or natural person that has concluded a contract with the commissioning party with the obligation to complete a specific job according to the provisions of the contract, the approved project and other terms, constituting an integral part of the contract; it can also signify the legal entity responsible for the product, procedure and job, which fulfills the quality assurance requirements.

**Jet-grouting** (jet-grouting) is procedure made in drill where soil or partially solid rock is mixed with cement binder (mortar) to increase firmness after hardening.

**Top heading, calotte** (kalota) is the upper part (curved) of the excavation of the cross section of the tunnel.

**Ring** (kampada) is the segment of the structure between two construction or expansion joints.

**Category of rock** (kategorija stenske mase) is marking of rock with equal characteristics related to excavation of entire cross section, as well as to time and space deformation during excavation, regardless of supporting measures and other additional measures.

**Convergence** (konvergenција) is the radial movement of the base support (primary support) contours. It is determined by measuring the change of distance between two or more points on the tunnel contour (on primary support).

**Holders** (koplja) are steel tubes or steel bars built in front of excavation head and that play role in providing arch and sides of excavated step during the excavation progress.

**Step** (korak) is execution of entire excavation cycle, load, transport and installation of supporting elements.

**Linija iskopa** (excavation line) je linija duž koje se tokom gradnje vrši obračun iskopavanja i definisana je tenderskom dokumentacijom. Za obračun iskopavanja se koristi linija koja je određena zbirom: poluprečnika svetlog profila, debljine unutrašnje obloge, debljine poravnavanja za hidroizolaciju i hidroizolacije, debljine nadvišenja deformacije koje tokom gradnje određuje naručilac odn. njegov punomoćnik (nadzor, projektant), i debljine mlaznog betona kao elementa oslanjanja.

**Linija obračuna** (calculation line) je linija duž koje se tokom gradnje vrši obračun pojedinih stavki rada i definisana je tenderskom dokumentacijom. Za obračun elemenata oslanjanja se koristi linija koja je određena zbirom: poluprečnika svetlog profila, debljine unutrašnje obloge, debljine poravnavanja za hidroizolaciju i hidroizolacije, debljine nadvišenja deformacije koje tokom gradnje određuje naručilac odn. njegov punomoćnik (nadzor, projektant).

**Liveni asfalt** (mastic asphalt) je asfaltna mešavina bez šupljina, u vrućem stanju gusto tekuća; pri ugrađivanju nije potrebno zbijanje.

**Mikroarmirani mlazni beton** (micro reinforced shotcrete) je cementni beton sa vlaknima za armiranje koja omogućavaju poboljšanje određenih svojstava cementnoga betona, npr. kohezivnosti svežeg cementnog betona, mehaničkih svojstava očvrstlog cementnog betona (čvrstoća na pritisak i savijanje, žilavost), kao i ograničenje skupljanja i povećanje krutosti konstruktivnog elementa nakon pojave prve pukotine.

**Mlazni cementni beton** (shotcrete) je mešavina cementa, kamenih zrna i vode, koja se pomoću komprimiranog vazduha prska kroz mlaznicu na određenu površinu tako da nastane zbijena homogena mešavina; mlazni cementni beton može da sadrži i različite kombinacije hemijskih i mineralnih dodataka, kao i vlakna.

**Monitoring** (monitoring) je skup činilaca sa kojima se prati ponašanje konstrukcije u toku izgradnje i eksploatacije.

**Excavation line** (linija iskopa) is the line along which the cost of excavation is calculated during construction and is defined in the tender documentation. The cost for excavation is calculated according to the line defined by the sum of the following: clearance radius, inner lining thickness, thickness of leveling for waterproofing and waterproofing, thickness of the deformation super-elevation that the commissioning party or its agent (supervisor, designer) defines during construction, and the thickness of the shotcrete as support element.

**Calculation line** (linija obračuna) is the line along which the cost of individual works is calculated during construction and is defined in the tender documentation. The cost for support elements is calculated according to the line defined by the sum of the following: clearance radius, inner lining thickness, thickness of leveling for waterproofing and waterproofing, and thickness of the deformation super-elevation that the commissioning party or its agent (supervisor, designer) defines during construction).

**Mastic asphalt** (liveni asfalt) is a voidless asphalt mixture, in a dense liquid state when hot; compaction at implementation is not required.

**Micro reinforced shotcrete** (mikroarmirani mlazni beton) is cement concrete with reinforcing fibres, which enable improvement of certain properties of cement concrete, e.g. cohesiveness of wet cement concrete and mechanical properties of hardened cement concrete (compressive and bending/flexural strength, toughness), as well as limitation of shrinkage, and increase of rigidity of a structural element after the first crack has appeared.

**Shotcrete** (mlazni cementni beton) is a mixture of cement, stone grain, and water, sprayed by means of compressed air through a nozzle onto the specified surface to form a compact homogeneous mixture; shotcrete can also contain various combinations of chemical and mineral admixtures, as well as fibres.

**Monitoring** (monitoring) is the set of factors used to monitor the behavior of the structure during construction and exploitation.

**Način ponašanja stenske mase – BT** (behaviour type of rock – BT) je kategorija stenske mase koja opisuje sličan način ponašanja stenske mase u odnosu na način rušenja, razvoj deformacija, ili u odnosu na bilo koji drugi kriterijum.

**Nadprofil** (extended profile) je povećan iskopni profil u odnosu na osnovni teoretski profil.

**Nadzor** (supervision) označava ocenjivanje usklađenosti nakon dobijanja sertifikata kojim sertifikacioni (kontrolni) organ proverava trajnu usklađenost proizvoda sa propisanim zahtevima.

**Niša za čišćenje** (revision niche) je manji pomoćni prostor u zidu tunela, namenjen održavanju drenažnog sistema i sistema za odvodnjavanje tunela.

**Noseći sloj** (bearing course/layer) je (nevezani ili vezani) sloj u kolovoznoj konstrukciji između habajućeg sloja i posteljice ili planuma podloge, ugrađen, pre svega, da omogući odgovarajuće raspodele saobraćajnog opterećenja.

**Obloga tunela** (tunnel lining) je betonska ili armirano betonska konstrukcija koja služi kao zaštita prometa u tunelu.

**Osnovni plan (konstrukcioni) izgradnje** (main construction plan) je sažetak geotehničkog projekta, uključujući jasno definisane razloge koji omogućuju naknadne izmene projekta ili odluke „in situ“ u projektu gradnje.

**Otvorena izgradnja** (open construction of the tunnel) je način izvođenja u kojem se podzemni građevinski objekti delimično ili u celosti grade u otvorenom iskopu i naknadno zatrpavaju.

**Otvorena trasa** (open road rout) je deo puta van područja podzemnih građevinskih objekata kolovozna traka svaka od obe trake dvosmernog puta, na kojoj su trake za pojedini smer vožnje fizički ili samo horizontalnom signalizacijom odvojene međusobno i kod normalnog funkcionisanja puta namenjene isključivo za vožnju u jednom ili u drugom smeru.

**Behaviour type of rock – BT** (način ponašanja stenske mase – BT) is rock category describing similar behaviour of rock in terms of demolition manner, deformation development or related to any other criteria.

**Extended profile** (nadprofil) is increased excavation profile compared to basic theoretical profile.

**Supervision** (nadzor) is the assessment of compliance after certification, by which the certification (monitoring) authority verifies the ongoing compliance of the product with the given requirements.

**Revision niche** (niša za čišćenje) je manji pomoćni prostor u zidu tunela, namenjen održavanju drenažnog sistema i sistema za odvodnjavanje tunela.

**Bearing course/layer** (noseći sloj) is the (bound or unbound) pavement structure course between the wearing course and the substructure or substrate formation, constructed, in particular to ensure proper distribution of traffic loading.

**Tunnel lining** (obloga tunela) is a smaller auxiliary space in the wall of the tunnel intended for maintenance of the tunnel drainage system and water removal system.

**Main construction plan** (osnovni plan (konstrukcioni) izgradnje) is a summary of the geotechnical project, including clearly defined reasons that provide ground for subsequent changes to the project or „in situ“ decisions within the construction project.

**Open construction of the tunnel** (otvorena izgradnja) is a method of construction in which underground structures are partially or entirely built in an open trench and subsequently filled in.

**Open road rout** (otvorena trasa) is part of the road outside the scope of underground structures traffic lane, each of both lanes of the bidirectional road, on which the lanes for the individual directions of travel are divided physically or by horizontal signalization only and with normal functioning of the road they are intended exclusively for travel in one direction or another.

**Podnožni svod** (invert arch) je faza iskopa ispod stepenice; konstrukcija u obliku luka koja premošćuje i zatvara podzemni otvor ispod kolovozne konstrukcije.

**Invert arch** (podnožni svod) is a phase of excavation below the bench; structure in the form of an arch which spans and encloses an underground opening below the pavement structure.

**Pokriveni iskop** (cut and cover) je podzemni građevinski objekat zakrivljenog ili pravougaonog oblika na trasi puta, koji je izveden u iskopu i naknadno nasut.

**Cut and cover** (pokriveni iskop) is an underground structure with a curved or rectangular form over the route of the road which is constructed in an open trench and subsequently filled in.

**Ponašanje sistema stenska masa – podupirači – SB** (behavior of the system rock – support – SB) je ponašanje celokupnog sistema koje potiče od uzajamnog delovanja stenska masa-iskop-podupirači.

**Behavior of the system rock – support –SB** (ponašanje sistema stenska masa – podupirači – SB) is the behavior of the entire system that stems from rock-excavation-support interaction.

**Ponašanje stenske mase** (rock behaviour) je reakcijska sposobnost stenske mase tokom iskopavanja celokupnog profila objekta, pri čemu se ne uzimaju u obzir uticaji daljeg iskopavanja i primarnog podupiranja.

**Rock behaviour** (ponašanje stenske mase) is a rock reaction ability during excavation of a structure's entire profile, where effects of further excavation and primary supporting are not taken into account.

**Poprečni tunel** (cross passage) je tunel koji povezuje dve cevi dvo ili višetračnog tunela. Omogućava nužno preusmeravanje saobraćaja odnosno evakuisanje ljudi u hitnim slučajevima i koristi se kao pomoćni objekat kod održavanja tunela. Dimenzije preseka zavise od namene za koju se upotrebljava.

**Cross passage** (poprečni tunel) is a tunnel which connects two tubes of a two- or multiple lane tunnel. It facilitates necessary redirecting of traffic and evacuation of people in emergency situations and is used as an auxiliary structure for tunnel maintenance. The dimensions of the cross section depend on the intended purpose of the tunnel.

**Portal** (portal) je početak odnosno kraj tunela na prelazu u otvorenu trasu. U širem smislu je portalno područje onaj deo otvorene trase ispred tunela, gde su postavljeni objekti, oprema i uređaji, potrebni za neometano i sigurno korišćenje tunela.

**Portal** (portal) is the beginning or end of the tunnel at the transition into an open route. In the broad sense the portal area is the section of open route in front of the tunnel where structures, equipment and devices are placed which are necessary for the unobstructed and safe use of the tunnel.

**Potporni broj** (supporting number) je koeficijent zbira vrednovanih potpornih elemenata na datom metru (m') tunela i odgovarajućih površina procene u datom slučaju.

**Supporting number** (potporni broj) is a coefficient of sum of evaluated supporting elements at a given meter (m') of a tunnel, and corresponding evaluation surfaces in a specific case.

**Potporni elementi** (supporting elements) su konstrukcioni elementi kao što su čelične talpe, kopja, čelični lukovi, cementni mlazni beton, armaturne mreže, sidra, armatura itd.

**Supporting elements** (potporni elementi) are structural elements such as steel plates, holders, steel arches, pumped cement concrete, reinforced meshes, anchors, reinforcement etc.

**Prekopofilski iskop** (overbreak) je prostor nastao lomljenjem stenske mase preko projektovanog profila koji uključuje toleranciju deformacije i konstrukcije.

**Overbreak (backbreak)** (prekopofilski iskop) the area of rock excavation in excess of the designed profile, including deformation and structure tolerance.

**Primarna podgrada** (primary support) je konstrukcija koja osigurava stabilnost podzemnog otvora kod iskopa i za celokupno vreme eksploatacije tunela.

**Privremeni portal** (temporary portal) je predstavlja stacionažu početka podzemnog iskopa tunela. Deo tunela između privremenog i konačnog portala je izgrađen kao galerija ili pokriveni iskop.

**Putni tunel** (road tunnel) je podzemni građevinski objekat na trasi puta, kojim se omogućava: očuvanje poretka puta u propisanim granicama geometrijskih i tehničkih elemenata puta kroz reljefne prepreke, obezbeđivanje zaštite okoline puta od preterano štetnog uticaja putnog saobraćaja. Izvođenje podzemnog toka puta u područjima, na kojim nije moguće graditi na površini zbog pejzažnih ili urbanih odlika.

**Rov** (ditch) je dugačak podzemni horizontalan prostor ili prostor bez nagiba čiji je iskopni presek do 20 m<sup>2</sup>.

**Sečenje stenske mase** (cutting rock) je mehaničko drobljenje stenske mase mašinama za sečenje punog ili podeljenog profila iskopa.

**Sidro** (rock bolt) je potporni element koji služi da obezbedi otvoren iskopani prostor i da poboljša svojstva stenske mase. Često su to čelične šipke, čelične cevi ili užad koja se ugrađuju u bušotine koje su ispunjene vezivom ili su prazne (npr. Swellex).

**Središnji zid** (middle pillar) je središnja potporna konstrukcija kod dvo- ili višecevni pokrivenih iskopa, galerija i podvožnjaka u pravougaonom obliku, izvedena kao zid ili sa stubovima. Ako je izveden sa stubovima, donji deo između stubova mora do visine 1,20 m da bude ispunjen međuispunom ili šupljim zidom (parapetom) jednake debljine kao i stubovi, tako da spoljna površina po celoj dužini zida bude ravna. U objektima koji su namenjeni za brzinu vožnje do 80 km/h, ravnina između stubova se umesto umetnutog zida može postići postavljanjem višečlane sigurnosne ograde.

**Primary support** (primarna podgrada) is a structure which provides stability for an underground opening during excavation and for the entire duration of exploitation of the tunnel.

**Temporary portal** (privremeni portal) is the chainage at which the underground excavation of a tunnel is opened. The section of the tunnel in between the temporary and final portal is constructed as a gallery or covered excavation.

**Road tunnel** (putni tunel) is an underground structure along the route of the road which enables: maintaining the order of the road within the prescribed limitations of the geometric and technical elements of the road through relief obstacles; providing protection around the road from the extremely harmful effects of road traffic. Underground roads are constructed in areas where it is not possible to construct them on the surface due to landscape or urban features.

**Ditch** (rov) is long underground horizontal area or area without slope with excavated diameter not larger than 20 m<sup>2</sup>.

**Cutting rock** (sečenje stenske mase) is mechanical rock crushing by using cutting machines for full or separated excavation profile.

**Rock bolt** (sidro) is a supporting element used to support excavated open space and to improve rock characteristics. Commonly, these are steel rods, steel tubes or ropes built into drills filled with binding agents or empty drills (e.g. Swellex).

**Middle pillar** (središnji zid) is the central load bearing structure in a two- or multiple-tube covered excavation, gallery or underpass, rectangular in shape, constructed as a wall or with columns. If it is constructed with columns, the lower section between the columns, up to a height of 1,20 m, must be covered with filler or a perforated wall (parapet) with a thickness equal to the columns, so that the external surface along the entire length of the wall is even. In structures intended for travel speeds of up to 80 km/h, the surface between the columns can be constructed by placing panelled safety barriers instead of an inserted wall.

**Stabilizacija** (stabilization) je postupak pri kojem se mešanjem veziva i vode sa postojećim materijalom uz odgovarajuće zbijanje pripremljene mešavine trajno povećava otpornost ugrađene mešavine na uticaj saobraćajnog opterećenja, kao i uticaj štetnih klimatskih i hidroloških uticaja.

**Stena** (rock) je agregat od mineralnih zrna (delova) koji je nastao prirodnim putem, koji je karakterističan za vrstu i grupu postojećeg minerala, karakteristične strukture, teksture i sl.

**Stenska masa** (rock mass) je deo zemljine kore koju sačinjavaju čvrste stene i/ili zemljište, uključujući anizotropne sastojke, razdelne površine i prazni prostori ispunjeni tečnošću ili gasovima.

**Stepenica** (bench) je deo iskopa između kalote i podnožnog svoda.

**Talpe** (steel lagging) su čelični elementi oplate, kao što su talasaste čelične ploče koje se uoči narednog iskopnog koraka oslanjaju na čeličnu lučnu potporu i potiskuju ili sabijaju stensku masu slabe nosivosti ispred čela iskopa da bi se prostor iskopa zaštitio od urušavanja tokom iskopavanja.

**Tla** (soil) je akumulacija anorganskih čvrstih čestica različitih veličina koja može da sadrži i primese organskih materija. Svojstva zemljišta uglavnom određuju granulometrijski sastav, konzistencija, stišljivost i sadržaj vode.

**Tunel** (tunnel) je vodoravan odnosno blago nagnut dalji podzemni prostor čiji je iskopni presek veći od 20 m<sup>2</sup>, namenjen drumskom ili železničkom saobraćaju. Tunel ima ulaz i izlaz iz stenske mase.

**Tunelska oprema** (tunnel equipment) su uređaji koji obezbeđuju neometan i saobraćajno bezbedan protok saobraćaja u delimično ograničenim uslovima, ujedno omogućavaju izvođenje posebnih mera u posebnim slučajevima. U tu opremu spadaju i elementi, koji su postavljeni na kolovozu na potrebnoj udaljenosti ispred ulaza u tunel.

**Unutrašnja obloga** (inner lining) je konstruktivni element napravljen od cementnog betona ili armiranog cementnog betona koji obezbeđuje dodatnu zaštitu od obrušavanja podzemnog prostora i kojim se postiže estetski izgled podzemnog prostora.

**Stabilization** (stabilization) is a procedure where binder and water are mixed with existing material, and the prepared mix is then suitably compacted, to permanently increase resistance of the placed mix to traffic loading impacts and to adverse climatic and hydrological actions.

**Rock** (stena) is aggregate made of mineral grains (parts) created naturally, characteristic for the type and group of existing mineral, with characteristic structure, texture etc.

**Rock mass** (stenska masa) is the part of crust made of solid rock and/or earth, including anisotropic compounds, separation surfaces and empty space filled with liquid or gasses.

**Bench** (stepenica) is the section of an excavation between the top heading and invert arch.

**Steel lagging** (talpe) are formwork steel elements such as corrugated steel plates which during the next excavation step rest on steel distribution support and suppress or compact rock of low bearing capacity in front of excavation head to protect excavation area from collapsing during excavation.

**Soil** (tla) is accumulation of inorganic solid particles of various sizes which can contain parts of organic substances. Characteristics of soil are generally determined by granulometric composition, consistency, compression, and water content.

**Tunnel** (tunel) is horizontal i.e. slightly inclined further underground space with excavation diameter larger than 20 m<sup>2</sup>, used for road or railway traffic. Tunnel has entrance and exit from the rock.

**Tunnel equipment** (tunelska oprema) means devices which facilitate the unobstructed and safe flow of traffic in partially limited conditions and also enable the implementation of special measures in special situations. This equipment includes the elements placed on the carriageway at the necessary distance in front of the entryway to the tunnel.

**Inner lining** (unutrašnja obloga) is a structural element made of cement concrete or reinforced cement concrete which provides additional protection from underground space collapse and which improves the appearance of underground space.



**Vodocementni faktor** (water–cement ratio) označava odnos efektivnog udela vode i cementa u svežem cementnom betonu.

**Vrsta stenske mase – GT** (type of rock mass – GT) je stenska masa sličnih geoloških, geomehaničkih i hemijskih svojstava.

**Zaustavna niša** (layby) je prostor u podzemnom građevinskom objektu za zaustavljanje vozila u nuždi, onda kada zaustavna traka nije predviđena. Izgrađena je na desnoj strani kolovoza u smeru vožnje i opremljena je dodatnom opremom u zavisnosti od vrste saobraćaja kroz objekat.

**Water–cement ratio** (vodocementni faktor) is the ratio of the effective share of water to the effective share of cement in wet cement concrete.

**Type of rock mass – GT** (vrsta stenske mase – GT) is a rock mass with similar geological, geomechanical and chemical properties.

**Layby** (zaustavna niša) is a space within an underground structure for stopping vehicles in emergencies and when a stopping lane has not been envisaged. It is constructed on the right side of the carriageway in the direction of travel and outfitted with additional equipment depending on the type of traffic travelling through the structure.

#### 2.8.1.4 Upotrebljene skraćenice

**NATM** skraćenica od **New Austrian Tunneling Method** (nova austrijska tunelska metoda) i označava metodu iskopa i izgradnje tunela.

**C&C** skraćenica od **Cut and cover** označava metodu izgradnje tunela sa površine terena primenjujući iskop sa površine, izgradnju tunela kao i nasipanje istog do površine terena – pokriveni ukop.

**ÖNORM** skraćenica od **Österreichische Normen**.

**ÖGG** skraćenica od **Die Österreichische Gesellschaft für Geomechanik**.

**ÖVB** skraćenica od **Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik**.

**DIN** skraćenica od **Deutsches Institut für Normung**.

**SIA** skraćenica od **Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein**.

**RVS** skraćenica od **Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen**.

**ISRM** skraćenica od **International Society for Rock Mechanics**.

## 2.8.2 KLASIFIKACIJA STENSKIH MASA

### 2.8.2.1 Opšte

U ovom poglavlju prikazana je klasifikacija stenskih masa i različitih tipova ponašanja stenskih masa u pogledu izgradnje podzemnih prostora, a sa naglaskom na geotehničke karakteristike stenskih masa u području uticaja gradnje tunela. Uopšteno posmatrano, klasifikacija stenskih masa je preuzeta iz austrijskog standarda ÖNORM B 2203 (izdanje iz oktobra 2001).

Takva kategorizacija stenskih masa ne uzima u obzir samo karakteristike stenskih masa u okruženju podzemnog prostora nego omogućava i procenu očekivanih deformacija, zahteva za podelu profila iskopavanja na pojedine deonice, omogućava procenu tempa napredovanja, rasporeda radnih faza prilikom iskopavanja, uticaja podzemne vode i procenu intenziteta ugradnje potpornih elemenata.

U planovima su prikazane vrste potpornih elemenata i mogući tempo napredovanja iskopavanja za svaki tip ponašanja stenske mase. Promenljivi geotehnički uslovi gradnje i nehomogene karakteristike stenskih masa često zahtevaju prilagođavanje intenziteta potpornih mera u skladu sa stvarnim uslovima na gradilištu. Potporne mere, koje su prikazane u planovima za određeni tip, odnose se na tip ponašanja stenske mase. Broj sidara može da se menja, kao i pravac sidrenja, što mora da bude prilagođeno preovlađujućem položaju diskontinuiteta i slojevitosti. Povećanje ili smanjenje debljine obloge od mlaznog cementnog betona i armaturnih mreža zavisi od geotehničkih uslova na gradilištu. Na sličan način je određena i udaljenost između čeličnih potpornih segmenata (TH lukovi, I-profil, rešetkasti nosači), koja mora da odgovara tempu napredovanja iskopavanja. Svaku izmenu standardnog sistema podupiranja, koja je uslovljena promenljivim geotehničkim uslovima izgradnje, mora da potvrdi INŽENJER.

### 2.8.2.2 Primena i postupci

Tip stenske mase se određuje na osnovu popisa stenske mase na čelu tunela pre početka napredovanja.

Rezultati geotehničkih merenja u sličnim uslovima stenske mase se primenjuju za

procenu deformacija (pomeranja) i određivanje tipa podupiranja.

U zavisnosti od veličine ukupnog profila iskopavanja i geotehničkih uslova izgradnje, profil iskopavanja može da bude podeljen na poddeonice, što utiče na određivanje potpornih tipova.

U slučaju podele profila iskopavanja tunela na kalotu, stepenicu i podnožni svod, na celokupnom profilu ne mora da se poštuje ista kategorija koja je utvrđena i određena za kalotu.

Za iskopavanje i podupiranje niša i zaustavnih niša mora da se primeni isti potporni tip koji je određen za tunelsku cev na tim deonicama.

Vremenski uslovljene karakteristike stenskih masa u okruženju čela iskopa tunela utiču na njihova svojstva čvrstoće, što znači da se čvrstoća stenskih masa smanjuje ako se podgrada ne ugradi pravovremeno. Iz navedenog proističe da najveća dužina koraka iskopavanja, koji uključuje iskopavanje i ugradnju podgrade u zahtevanom vremenskom okviru, zavisi od kvaliteta stenske mase koji mora da se uzme u obzir pri vrednovanju odgovarajućeg potpornog tipa. Kod procjene potpornog tipa moraju da se uzmu u obzir uslovi primarnog stanja napona, kvalitet i struktura stenske mase, diskontinuiteti, postojeće tektonske specifičnosti, stenska voda, kao i uticaj vode i vazduha na sveže otvorene površine na čelu.

Zajednički dogovor između ovlašćenih predstavnika INŽENJERA, IZVOĐAČA radova i PROJEKTANTA mora da predstavlja osnovu za određivanje potpornog tipa za svaki pojedinačni korak iskopavanja.

Ako saglasnost nije postignuta, odgovarajući potporni tip određuje GEOTEHNIČKO VEĆE - komisija koju čine ovlašćeni predstavnik PROJEKTANTA-KONSULTANTA i jedan ili više nezavisnih EKSPERATA iz te stručne oblasti. Članove GEOTEHNIČKE KOMISIJE imenuje NARUČILAC pre početka izvođenja radova za iskopavanje tunela. Dok se ne postigne saglasnost, radovi moraju da se izvode u skladu sa odlukama INŽENJERA.

Svaka promena potpornog tipa mora da se evidentira upisivanjem u građevinski dnevnik. Izveštaj o potpornim tipovima predstavlja zbir svih stranica zapisnika odn. evidencije na kojima su zapisane sve predmetne odluke.

Taj izveštaj mora da bude dostupan ovlašćenim licima za konsultacije (INŽENJER, IZVOĐAČ, PROJEKTANT, geotehnička komisija) sve vreme tokom izvođenja radova na iskopavanju.

Pre početka svakog tehnološkog ciklusa, VOĐA SMENE je dužan da IZVOĐAČU garantuje da će radovi biti izvršeni u skladu sa dogovorenim potpornim tipom. IZVOĐAČ je dužan da tokom izgradnje obezbedi bezbednost rada na gradilištu.

### 2.8.2.3 Opšti sistem klasifikacije – prema standardu

U donjoj tabeli je dat pregled osnovnih tipova ponašanja stenske mase koji se primenjuje za određivanje potpornih tipova za

iskopavanje tunela (podzemnih prostora). Uopšteno uzev, kategorizacija stenskih masa je preuzeta iz austrijskih smernica ÖGG: Richtlinie für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb. (izdanje iz oktobra 2001), kojima se pre svega razmatra geološki deo projekta.

Tipovi ponašanja opisuju očekivano ponašanje nepoduprte stenske mase u specifičnim geotehničkim uslovima. Ti uslovi zavise od tipova stenskih masa, njihovih svojstava, a takođe i od posrednih činilaca, kao što su voda, primarni in-situ napon, orijentacija diskontinuiteta i dimenzije i oblik iskopavanja.

Tabela 2.8.1: Kategorije tipova ponašanja stenskih masa

| Tipovi ponašanja stenske mase – BT<br>(behaviour type of rock – BT)                       | Opis ponašanja stenske mase<br>(bez potpornih mera)   |
|---|---|
| 1. <b>Stabilna stenska masa</b>   | Stabilna stenska masa sa potencijalom za težinom uslovljeno ispadanje ili proklizavanje malih blokova   |
| 2. <b>Stabilna sa mogućnošću ispadanja klina</b>  | Ispadanje klinova koje se proteže u dubinu i koj je uslovljeno težinom, mestimično lokalno prekoračenje čvrstoće smicanja na diskontinuitetima    |
| 3. <b>Plitka smicajna rušenja</b>   | Plitka smicajna rušenja prouzrokovana naponom, u kombinaciji sa rušenjem stenske mase koju prouzrokuju gravitacija i orijentacija diskontinuiteta |
| 4. <b>Duboka smicajna rušenja</b>   | Duboka smicajna rušenja prouzrokovana naponom i velike deformacije  |
| 5. <b>Udar stenske mase</b>   | Iznenadno i silovito rušenje stenske mase, nastalo usled jako opterećenih krhkih stena i brzog oslobađanja akumulirane deformacione energije      |
| 6. <b>Prelomi slojeva</b>   | Prelomi tankih ploča, često u kombinaciji sa smicajnim rušenjem   |
| 7. <b>Smicajno rušenje kod niskog nivoa napona</b>  | Potencijal za rušenje velikog obima i progresivno smicajno rušenje usled stanja niskog napona   |
| 8. <b>Rastresita stenska masa</b>   | Isticanje većinom nekohezivne, suve do vlažne stenske mase  |
| 9. <b>Tečenje raskvašene stenske mase</b>   | Isticanje stenske mase sa visokim sadržajem vode  |
| 10. <b>Stenska masa koja bubri</b>  | Vremenski uslovljeno povećanje zapremine stenske mase usled fizičko-hemijske reakcije stenske mase i vode, u kombinaciji sa otpuštanjem napona    |
| 11. <b>Veoma heterogena stenska masa sa deformacionim potencijalom koji se brzo menja</b> | Brza promena napona i deformacija, uslovljena blokovsko-matričnom strukturom (npr. heterogene zone smetnji, tektonska mešavina)                   |

### 2.8.2.4 Matrica

Izvođenje iskopavanja i podupiranja tunela po sistemu matrice zasnovano je na austrijskom standardu ÖNORM B 2203-1: Untertagebauarbeiten-Werksvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb. – decembar 2001, koji obrađuje način definisanja tipova potpore, kao i merenje i praćenje izvedenih radova.

Sušтина sistema je u tome da se na osnovu definisanja tipova stenske mase, uzimanjem u obzir količine vode, orijentacije struktura i primarnih napona i vrednosti, oblika i položaja otvora, određuju tipovi ponašanja stenske mase. Iz tipova ponašanja stenske mase proizlaze potporni tipovi koji predstavljaju zbir potpornih elemenata koji u obliku mera treba da se izvedu radi obezbeđivanja stabilnosti podzemne gradnje.

Pojedinačni potporni tip je u matrici predstavljen kao pravougaonik, kod koga prostiranje koordinate predstavlja područje dužina koraka iskopavanja unutar tog tipa, a prostiranje apscise područje potpornog broja.

Potporni broj se određuje na osnovu tabele kojom su određeni faktori ponderisanja za pojedinačne potporene elemente. Potporni broj je koeficijent između zbira delimičnih produkata količina potpornih elemenata na dužni metar tunela sa faktorima ponderisanja i računске površine iskopa. Faktori ponderisanja se preuzimaju iz standarda ÖNORM B 2203-1 12/2001 – tabele 2.8.4.

U potporni broj / potporni tip uključuju se potporni elementi i potporene mere (prema tabeli 2.8.4.) koji su ugrađeni na čelu iskopa, odnosno najviše 20 m iza čela iskopa.

Tabela 2.8.2: Primer matrice potpornih tipova za kalotu ili kalotu i stepenicu (ÖNORM B 2203-1)

| PRVI BROJ RAZVRSTAVANJA | iskopni korak do              |                    | DRUGI BROJ RAZVRSTAVANJA |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                         | kalota ili kalota + stepenica | STEPENICA          | POTPORNI BROJ            |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                         |                               |                    | 1                        | 2 | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                       | bez ograničenja               | određeno projektom |                          |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2                       | 4,0 m                         |                    |                          |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3                       | 3,0 m                         |                    |                          |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4                       | 2,2 m                         |                    |                          |   | ▲<br>4/2,4 | ▲<br>4/3,6 |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5                       | 1,7 m                         |                    |                          |   |            |            | ▲<br>5/4,5 | ▲<br>5/6,1 |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6                       | 1,3 m                         |                    |                          |   |            |            |            |            | ▲<br>6/5,5 | ▲<br>6/7,5 |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7                       | 1,0 m                         |                    |                          |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8                       | 0,8 m                         |                    |                          |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9                       | 0,6 m                         |                    |                          |   |            |            |            |            |            |            |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabela 2.8.3: Primer matrice potpornih tipova za podnožni svod (ÖNORM B 2203-1)

| PRVI BROJ<br>RAZVRSTAVANJA | iskopni korak      | DRUGI BROJ RAZVRSTAVANJA |                   |   |  |
|----------------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|---|--|
|                            |                    | POTPORNI BROJ            |                   |   |  |
|                            |                    | Otvoreno<br>dno          | Podnožna<br>ploča | Podnožni<br>svod sa<br>uzdužnom<br>razdelom | Podnožni<br>svod bez<br>uzdužne<br>razdele |
|                            |                    | 1                        | 2                 | 3   | 4  |
| 1                          | Bez<br>ograničenja | 1 / 1                    |                   |   |  |
| 2                          | 36,0 m             |                          | 2 / 2             |   |  |
| 3                          | 24,0 m             |                          | 3 / 2             |   |  |
| 4                          | 12,0 m             |                          | 4 / 2             | 4 / 3                                       | 4 / 4                                      |
| 5                          | 6,6 m              |                          |                   |   | 5 / 4                                      |
| 6                          | 4,4 m              |                          |                   |   |  |
| 7                          | 2,2 m              |                          |                   |   |  |

Tabela 2.8.4: Vrednovanje potpornih elemenata i dodatnih mera (ÖNORM B 2203-1)

| Potporni element (na 1 m tunela) | Jedinic<br>a                        | Količina | Faktor     | Delimič.b<br>r. | Napomen<br>e |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------|------------|-----------------|--------------|
| <b>Sidro</b>                     | Swellex ili slično                  | m        | <b>0,8</b> |                 |              |
|                                  | SN sidro u malteru                  | m        | <b>1,1</b> |                 |              |
|                                  | Samonavojno<br>injekciono sidro     | m        | <b>1,7</b> |                 |              |
|                                  | Injekciono sidro                    | m        | <b>2,0</b> |                 |              |
|                                  | Prednapregnuto<br>sidro             | m        | <b>2,5</b> |                 |              |
| <b>Sidra u čelu</b>              | Broj sidara u koraku                | kom      | <b>8,0</b> |                 | 1            |
|                                  | Sidrena ploča bez<br>prednaprezanja | kom      | <b>1,7</b> |                 | 2            |
|                                  | Sidrena ploča sa<br>prednaprezanjem | kom      | <b>5,0</b> |                 | 2            |
| <b>Koplja</b>                    | Utisnuti rebrasti<br>štapovi        | m        | <b>0,5</b> |                 |              |
|                                  | Rebrasti štapovi u<br>bušotini      | m        | <b>0,6</b> |                 |              |
|                                  | Rebrasti štapovi u                  | m        | <b>0,9</b> |                 |              |

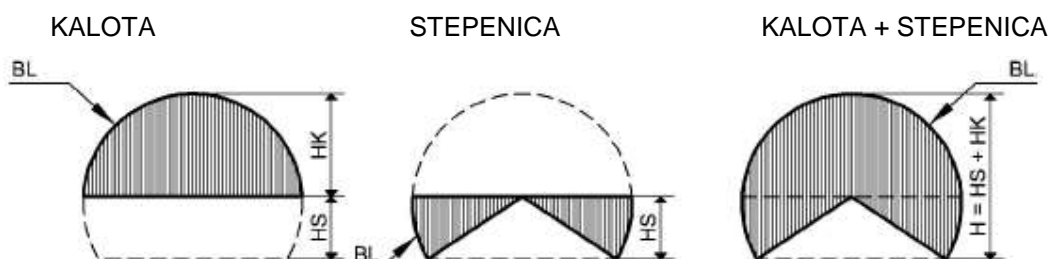
| Potporni element (na 1 m tunela)            |  | Jedinica       | Količina | Faktor | Delimič.b r. | Napomen e |
|---|--|----------------|----------|--------|--------------|-----------|
|   | malteru  |                |          |        |              |           |
|   | Samonavojna injekciona koplja  | m              |          | 1,3    |              |           |
|   | Injekciona koplja  | m              |          | 1,6    |              |           |
| <b>Injektiranje</b>                         | Injektiranje >10 kg na m sidra, koplja, pilota                       | kg             |          | 0,1    |              |           |
| <b>Armatura mreža</b>                       | Spoljašnja strana sa lukom   | m <sup>2</sup> |          | 1,0    |              | 3         |
|   | Unutrašnja strana sa lukom   | m <sup>2</sup> |          | 1,5    |              | 3         |
|   | Spoljašnja strana bez luka   | m <sup>2</sup> |          | 2,0    |              | 3         |
|   | Privremeni podnožni svod   | m <sup>2</sup> |          | 0,8    |              | 3         |
|   | Dodatno armiranje, čelo iskopa                                       | m <sup>2</sup> |          | 2,0    |              | 3,4       |
| <b>Čelični luk</b>                          | Čelični luk  | m              |          | 2,0    |              |           |
| <b>Mlazni beton</b>                         | Kalota i stepenica   | m <sup>3</sup> |          | 20,0   |              | 5         |
|   | Podnožni svod, privremeni podnožni svod                              | m <sup>3</sup> |          | 12,0   |              | 5         |
|   | Čelo   | m <sup>3</sup> |          | 14,0   |              | 5         |
|   | Popunjavanje klina i viška iskopavanja                               | m <sup>3</sup> |          | 14,0   |              | 5,6       |
| <b>Deformacioni elementi</b>                | Bez deformacionih elemenata  | m              |          | 3,5    |              | 7         |
|   | Sa deformacionim elementima  | m              |          | 5,0    |              | 7         |
| Talpe                                       | Talpe  | m <sup>2</sup> |          | 5,5    |              |           |
| <b>Piloti na peti kalote</b>                | Piloti ≤ 38 mm   | m              |          | 4,5    |              |           |
|   | Piloti > 38 mm   | m              |          | 5,0    |              |           |
| <b>Fazno iskopavanje</b>                    | Fazno iskopavanje  | kom            |          | 22,0   |              | 8         |
| <b>Iskopavanje pete kalote – proširenje</b> | Iskopavanje pete kalote – proširenje                                 | m              |          | 50,0   |              | 9         |
| <b>Iskopavanje privrem. podnožnog svoda</b> | Iskopavanje privrem. podnožnog svoda prilikom napredovanja stepenice | m              |          | 50,0   |              | 10        |
| <b>Zbir</b>                                 |  |                |          |        |              |           |

## NAPOMENE:

1. Broj postojećih sidara na svakom koraku iskopavanja. Faktorom ponderisanja su u obzir uzeti ugrađivanje, skraćivanje i opterećivanje pri iskopavanju.
2. Broj sidrenih ploča, postavljenih na predmetnom čelu.
3. Teorijske količine, bez uzimanja u obzir prekoračenja u podužnom i poprečnom pravcu.
4. Površina situacionog plana, prekrivena armaturom – armatura na spojevima kalota/stepenica i stepenica / podnožni svod se ne procenjuje.
5. Teorijske količine, bez uzimanja u obzir nadprofila i odboja.
6. Punjenje planiranih klinova (pri zabijenim talpama itd.) ili popunjavanje priznatih više iskopa na stenskoj strani granične ravni A.
7. Dužni metar deformacionog proreza.
8. Kao površina faznog iskopavanja se priznaje samo fazno iskopavanje kod kojeg se odmah nakon iskopavanja vrši adekvatno podupiranje.
9. Za obe pete kalote, po dužnom metru tunela.
10. Dužina privremenog podnožnog svoda kalote pri predmetnom koraku iskopavanja stepenice, nezavisno od potencijalnih faznih iskopavanja.

Tabela 2.8.5: Područje važenja za drugi broj razvrstavanja (potporni broj)

| Kalota            |  | Stepenica                      |  |
|-------------------|--|--------------------------------|--|
| Korak iskopavanja | Maksimalno važenje za drugi broj razvrstavanja | Korak iskopavanja stepenica do | Maksimalno važenje za drugi broj razvrstavanja |
| bez ograničenja   | ± 0,35   | bez ograničenja                | 0,45   |
| 4,0 m             | ± 0,35   |                                |  |
| 3,0 m             | ± 0,45   | 3,0 m                          | 0,70   |
| 2,2 m             | ± 0,60   |                                |  |
| 1,7 m             | ± 0,80   | 2,0 m                          | 1,20   |
| 1,3 m             | ± 1,00   |                                |  |
| 1,0 m             | ± 1,30   | 1,0 m                          | 2,10   |
| 0,8 m             | ± 1,60   |                                |  |
| 0,6 m             | ± 2,10   |                                |  |



HK visina kalote  
 HS visina stepenice  
 BL linija unutrašnje obloge  
 HK, HS i BL određuju se ugovorom

Slika 2.8.1 Računske površine (šematski prikaz)

### 2.8.2.5 Razumevanje matrice

Sistem matrice u ovom ugovoru predstavlja teorijski model za plaćanje izgradnje tunela u vidu paušalnog iznosa.

Način plaćanja se određuje sledećim faktorima:

- Paušalno plaćanje za iskopavanje i određeni potporni tip, koji je određen prvom ili drugom karakterističnom vrednošću (područje dužina koraka iskopavanja, potporni broj).
- Paušalno plaćanje rada za potporne elemente koje je preneseno na stavke iskopavanja.
- Ugovoreno vreme za izvođenje je varijabilno i zavisi od zatečenih uslova.
- Gradnje koje se odražavaju u stvarnoj raspodeli potpornih tipova, koja se generalno razlikuje od tenderske. Na taj način se vremenski uslovljeno plaćanje gradilišta prilagođava stvarnim uslovima stenske mase.
- Dodatna plaćanja za otežani rad usled doticanja vode iz stenske mase.
- Plaćanje za stvarno ugrađene potporne elemente s obzirom na stavku podupiranja.

#### 2.8.2.5.1 Važenje potpornog tipa

Potporni tip se prema standardu ÖNORM B2203-1 definiše izračunavanjem potpornog broja (druga karakteristična vrednost) i uzimanjem u obzir prve karakteristične

vrednosti (područje dužina koraka iskopavanja).

Rizik usled odstupanje od gornje granice koraka iskopavanja, kao i za položaj potpornog broja u polju matrice, IZVOĐAČ uračunava u paušal.

Pri izračunavanju potpornog broja u obzir se uzimaju potporni elementi definisani samim potpornim tipom, kao i potporni elementi dodatnih potpornih mera.

Rizik koji potiče od promenljivosti, naročito u vezi sa potpornim tipom, dužinom iskopavanja, sastavom potpornih elemenata, metodom iskopavanja i zatvaranjem podnožnog svoda, kao i vreme za učenje, snosi IZVOĐAČ.

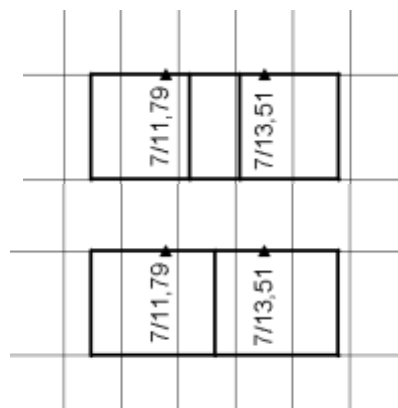
U slučaju da se dve ćelije (potporna tipa) u matrici poklapaju, kao gornja vrednost nižeg potpornog tipa odn. donja vrednost višeg potpornog tipa uzima se srednja vrednost preklapanja te dve ćelije (videti primer ispod).

Izračunavanje cena iskopavanja i brzine napredovanja važe za celokupno područje pojedinačnog potpornog tipa.

Odabir metode iskopavanja i izračunavanje ponuđenog vremena i jedinstvene cene iskopavanja u pojedinačnom potpornom tipu je u nadležnosti IZVOĐAČA, i to na način kojim se obezbeđuje minimiziranje iskopavanja i ispunjenje geotehničkih uslova.

Primer:

|                               |               |         |
|-------------------------------|---------------|---------|
| Tip potpore:                  | 7/11,79       | 7/13,51 |
| Donja granica:                | 10,49         | 12,21   |
| Gornja granica:               | 13,09         | 14,81   |
| Preklapanje:                  | 12,21 – 13,09 |         |
| Srednja vrednost preklapanja: | 12,65         |         |
| Važeća donja granica:         | 10,49         | 12,65   |
| Važeća gornja granica:        | 12,65         | 14,81   |





#### 2.8.2.5.2 Određivanje parametara vezanih za projekat koji se odnose na plaćanje potpornih elemenata

Ako u okviru ovog poglavlja to nije drugačije određeno, vrednovanje potpornih elemenata za konvencionalnu izgradnju tunela treba da se izvrši prema austrijskim standardima ÖNORM B2203-1.

Dužina po obodu koja je uzeta u obzir pri vrednovanju je prekinuta u sledećim slučajevima: razdaljina između dve susedne rebraste šipke (dva susedna injekciona koplja) je veća od projektovane ili kad je razdaljina između dve susedne talpe veća od širine talpe.

Potporno jezgro neće biti vrednovano ili plaćeno odvojeno. IZVOĐAČ je zadužen za izvođenje prema projektu.

#### 2.8.2.5.3 Određivanje parametara napredovanja tokom iskopavanja

Određivanje koraka iskopavanja služi kao osnova za plaćanje i mora da se zavede u odgovarajući obrazac (obrazac za određivanje podgrade – tabela 2.8.4). Predstavnici IZVOĐAČA i INŽENJERA moraju da potpišu obrazac. Potporni broj je važeći ako je izračunat na čelu iskopavanja tokom određivanja potpornih tipova i elemenata ili naknadno u kancelariji.

Navedene količine za računsku površinu i platnu liniju 1a (u zavisnosti od deformacione tolerancije koju odredi INŽENJER) su fiksne količine.

Kod potencijalne promene debljine unutrašnje obloge, računska površina ostaje ista.

Vrednovanje stepenice se vrši nezavisno od toga da li se iskopavanje stepenice vrši u delovima ili u celini. Korak iskopavanja i potporni tip za podnožni svod moraju da se odrede pre izvođenja istog.

Izvođač je dužan da u posebnom delu tehničkog izveštaja odredi (ponudi) brzinu napredovanja odn. vremenske norme napredovanja. Ponuđene vrednosti čine sastavni deo ugovora.

Niše i prolazi moraju da se izvedu naknadno.

Privremeni zasipi za podnožni svod moraju da služe kao adekvatna zaštita obloge od mlaznog betona. Trošak vremena potrebnog za zasip i čišćenje materijala za zasipanje se

ne plaća posebno. Ti radovi, vreme i troškovi se uzimaju u obzir kod izračunavanja napredovanja.

#### 2.8.2.5.4 Izvođenje cena za netenderske tipove potpore

U jednostavnim slučajevima odstupanja sistema podupiranja od tenderskih potpornih tipova, zajedno sa njihovom tolerancijom u matricnom polju, standard ÖNORM 2203/1 sistematski omogućava određivanje novih jedinstvenih cena iskopavanja i ugovorne brzine napredovanja odn. vremenskih normi napredovanja.

Prema standardu ÖNORM B2203-1 ekstrapoliran može da bude najviše jedan tenderski potporni tip levo, odnosno desno.

*Ekstrapolacija kada je u horizontalnom redu matricnog polja samo jedan potporni tip:*

Ako je u tenderskoj dokumentaciji predviđen samo jedan potporni tip u horizontali matrice, treba se pridržavati sledećeg postupka:

Ekstrapolacija ponuđene jedinstvene cene mora da se izračuna na sledeći način:

$$F = 1 + \left[ \left( \frac{B}{A} \right) - 1 \right] * 0,6$$

$$UP_{new} = UP_{old} * F$$

$$V_{new} = \frac{V_{old}}{F}$$

- A* - 2. karakteristična vrednost ponuđenog polja matrice
- B* - 2. karakteristična vrednost novoodređenog polja matrice
- UP<sub>new</sub>* - ekstrapolirana jedinstvena cena
- UP<sub>old</sub>* - jedinstvena cena tenderskog tipa potpore
- V<sub>new</sub>* - ekstrapolirana ugovorena brzina iskopavanja
- V<sub>old</sub>* - ugovorena brzina iskopavanja tenderskog potpornog tipa

*Ekstrapolacija kada se dva ili tri potporna tipa nalaze tačno jedan pored drugog u horizontalnom redu matrice:*

Ekstrapolacija treba da se izvede kao što to prikazuje primer B2 standarda ÖNORM B2203-1.

Primer ekstrapolacije za dva potporna tipa u horizontalnom redu matrice:

Primer:

Potporni tipovi:

5/4,5 5/6,1

Ponuđene jedinstvene cene:

41,-- 52,-- [€/m<sup>3</sup>]

Ponuđene jedinstvene brzine:

2,0 1,7 [m/dan]

Drugi broj razvrstavanja (potporni broj) pri ugradnji više podpornih elemenata iznosi 8,1.

Sledeći veći drugi broj razvrstavanja (jedinica podupiranja) iznosi:

$$6,1 + 2 * 0,8 = 7,7.$$

Za potporni tip 5 / 7,7 cena iznosi:

$$52,-- + ( 52 - 41 ) = 63,-- [€/m^3]$$

Za potporni tip 5 / 7,7 brzina iznosi:

$$1,7 - ( 2,0 - 1,7 ) = 1,40 [m/dan].$$

Primer ekstrapolacije za tri tipa potpore u horizontalnom redu matrice:

Potporni tipovi:

5/4,5 5/6,1 5/7,7

Ponuđene jedinstvene cene:

41,-- 52,-- 69,-- [€/m<sup>3</sup>]

Ponuđene jedinstvene brzine:

2,0 1,7 1,1 [m/dan]

Drugi broj razvrstavanja (potporni broj) pri ugradnji više podpornih elemenata iznosi 9,1.

Sledeći veći drugi broj razvrstavanja (potporni broj) iznosi:

$$7,7 + 2 * 0,8 = 9,3.$$

Kao aproksimativna funkcija koristi se kvadratni polinom.

Ekstrapolacijska kriva za jedinstvenu cenu novog potpornog tipa je za dati primer sledeća:

$$UP_{new} = 1,1719 * B^2 - 5,5469 * B + 42,23$$

Ekstrapolacijska kriva za jedinstvenu brzinu novog potpornog tipa je za dati primer sledeća:

$$V_{new} = -0,0195 * B^2 + 0,0195 * B + 2,3076$$

B – potporni broj novog tipa potpore

Za potporni tip 5 / 9,3 cena iznosi: 92,00 [€/m<sup>3</sup>].

Za potporni tip 5 / 9,3 brzina iznosi: 0,80 [m/dan].

Ako su u tenderskoj dokumentaciji predviđena više od tri potporna tipa u jednoj horizontali matrice, pri ekstrapolaciji za određivanje novog potpornog tipa treba uzeti u obzir tri tenderska susedna potporna tipa.

## 2.8.3 PODZEMNO ISKOPAVANJE

### 2.8.3.1 Opšte

Ovo poglavlje se odnosi na izvođenje svih vrsta podzemnih iskopnih radova kod bilo kojeg tipa ponašanja stenske mase. Iskopavanje se može izvoditi bušenjem i miniranjem (tehnika miniranja „pre-split“, konturno miniranje) ili uz pomoć mehaničke opreme (mašina za glodanje ili bager za iskopavanje tunela). IZVOĐAČ je zadužen za izbor metode iskopavanja i potrebne opreme.

IZVOĐAČ je dužan da poštuje sve postupke koji su detaljno prikazani u planovima, opisani u tim Specifikacijama i priloženoj dokumentaciji, u skladu sa zahtevima koji su navedeni u poglavlju 2.8.3.1.1 tih Specifikacija, i druge postupke koji su određeni u dogovoru sa PROJEKTANTOM i potvrđeni od strane INŽENJERA.

IZVOĐAČ je dužan da iskopavanje i podupiranje izvede na način koji obezbeđuje ispunjenje svih zahteva koji se odnose na potporni tip koji je određen i potvrđen. Iskopavanje mora da se izvede tako da se u što većoj meri spreče oštećenja i rušenje okolne stenske mase, kao i urušavanje i oštećenja na primarnoj oblozi.

Redosled radova iskopavanja i podela profila tunela na više faza iskopavanja moraju da budu u skladu sa tenderskim planovima, Specifikacijama i detaljnim planovima koje izrađuje IZVOĐAČ.

#### 2.8.3.1.1 Dokumentacija

IZVOĐAČ je dužan da pre početka bilo kakvog podzemnog iskopavanja dostavi na odobrenje INŽENJERU detaljne planove i/ili opise predloženih metoda i faza iskopavanja, uključujući potrebno odvodnjavanje gradilišta, bezbednosne mere i rezultate izvedenih ispitivanja u skladu sa zakonodavstvom.

IZVOĐAČ je dužan da redosled radova iskopavanja za različite podzemne radove dostavi INŽENJERU u okviru opšteg terminskog plana za sve radove na izgradnji tunela.

IZVOĐAČ je dužan da na osnovu sistema klasifikacije stenskih masa, koji je prikazan u poglavlju 2.8.2, dostavi na odobrenje INŽENJERU detaljan plan radnog ciklusa za

iskopavanje i podupiranje odvojeno za svaki potporni tip i odvojeno za svaki profil iskopavanja.

INŽENJERU mora da se dostavi metoda iskopavanja za svaki tip stenske mase, uključujući opis, Specifikaciju i odgovarajuću literaturu proizvođača koja se odnosi na bušenje, uklanjanje i transport otpadnog materijala.

Svi minerski radovi moraju da se izvedu u skladu sa lokalnim propisima koji se odnose na bezbednosne mere koje se primenjuju pri rukovanju eksplozivnim sredstvima.

INŽENJERU moraju da se dostave detalji o predviđenom načinu miniranja za svaki poprečni profil ili deo profila, a moraju da sadrže sledeće podatke:

- raspored bušotina, prečnik bušotina, međusobna udaljenost bušotina, dubina i nagib,
- vrsta, snaga, masa eksploziva i broj patrona za jednu bušotinu, upotrebljen u svakoj bušotini, pojedinačno i ukupno odlaganje aktiviranja eksploziva,
- raspored eksploziva u pojedinačnim bušotinama i mesto postavljanja detonatora,
- vrsta, broj odlaganja, šema odlaganja; šema povezivanja miniranja; veličina i vrsta veznih i priključnih žica; vrsta i kapacitet izvora paljenja; vrsta kondenzatorskog mehanizma za aktiviranje eksploziva,
- zaptivanje bušotina i obezbeđivanje, odnosno pokrivanje područja miniranja,
- pisana evidencija o stručnoj osposobljenosti lica koja će biti neposredno zadužena za nadzor nad punjenjem i miniranjem.

Materijal iskopan u tunelu koji je adekvatan za izradu nasipa autoputa se koristi pri radovima na autoputu, osim ako INŽENJER ne odredi drugačije. IZVOĐAČ je dužan da pre odlaganja ili deponovanja bilo kojeg materijala dostavi na odobrenje INŽENJERU situacije odlagališta i deponija. Situacije moraju da prikazuju sve podatke o radnim metodama, uslovima stabilnosti, merama za bezbednost i privremeno i konačno uređenje odvodnjavanja sa hortikulturnim uređenjem.

Svi predlozi moraju pravovremeno da se dostave INŽENJERU pre početka izgradnje ili po prethodnom dogovoru.

### 2.8.3.2 Izvođenje

#### 2.8.3.2.1 Oprema

Sva mašinska oprema za podzemna iskopavanja i transport mora da bude adekvatna za radove raspisane tenderom i u skladu sa bezbednosnim propisima koji važe u Republici Srbiji. Isto tako mora da bude usklađena sa zahtevima koji su navedeni u dinamičkom planu izvođenja radova i odobrena od strane INŽENJERA.

Podzemno mehaničko postrojenje i oprema moraju da imaju pogon na električnu energiju, komprimovani vazduh ili dizel motor. Dizel motori moraju da imaju ugrađene filtere za čišćenje izduvnih gasova. Petrolej ili parafinske smese ne smeju da se upotrebljavaju kao pogonsko sredstvo pri izgradnji tunela.

U stenama koje su osetljive na vodu ne sme da se izvodi bušenje vodenom isplakom, osim kada to odobri INŽENJER.

#### 2.8.3.2.2 Rasveta i energija tokom izgradnje

IZVOĐAČ je dužan da obezbedi odgovarajuću zaštitu i održavanje elektroenergetskih vodova na način koji obezbeđuje bezbedne uslove rada. U slučaju da nisu ispunjeni uslovi za bezbedan rad, INŽENJER može da zahteva isključivanje električnih uređaja ili njihovu zamenu.

IZVOĐAČ je dužan da za svako čelo otkopa obezbedi rezervni dizel generator. Kapacitet generatora mora da bude takav da u svako doba obezbedi nesmetano napajanje sistema rasvete i pumpi koje se koriste za crpenje vode.

IZVOĐAČ je dužan da instalira i održava minimalno osvetljenje od 100 W na 10 m tunela ili veći nivo osvetljenosti ako je to potrebno.

#### 2.8.3.2.3 Ventilacija tokom izgradnje

Za ventilaciju tokom izgradnje je zadužen IZVOĐAČ. Ventilacioni sistem mora da bude planiran i da deluje u skladu sa lokalnim zakonodavstvom.

Ventilacioni sistem treba da se planira u skladu sa dužinom tunela, primenjenom metodom iskopavanja i brojem zaposlenih u tunelu. Koncentracije otrovnih gasova, dima i čestica prašine, utvrđene merenjem na

radilištima, ne smeju da prelaze dozvoljene koncentracije (MDK).

U tunelima u kojima je moguća pojava opasnih gasova (npr. metan), ventilacija mora da se planira i izvede na način kojim se obezbeđuje adekvatno smanjivanje koncentracije opasnih gasova ( $\text{CO}_2$ , CO, NO,  $\text{NO}_2$ ...). Merenja koncentracije gasova se vrše pomoću prenosnih ili stacionarnih mernih uređaja.

Uopšteno uzev, ventilacioni sistem mora da bude uređen tako da obezbeđuje dotok svežeg vazduha do najudaljenijih čela iskopa. Udaljenost između kraja ventilacione cevi ili voda i čeone stene iskopa ne sme da bude veća od 30 m. Potisak ventilatora mora da bude takav da omogućava smanjenje koncentracije eksplozivnih gasova na vrednost manju od 0,5 % i da istovremeno obezbeđuje brzinu protoka vazduha koja je veća ili jednaka 0,5 m/s.

#### 2.8.3.2.4 Definicija iskopnog profila

Profil iskopavanja koji je prikazan u planovima (karakteristični poprečni profil tunela) se odnosi na teorijski profil iskopavanja koji je određen linijom 2 –  $U_m$ .

U zavisnosti od kvaliteta stenske mase, treba da se izvede prikladno povećanje teoretskog profila iskopavanja da bi se obezbedilo dovoljno prostora za radijalne deformacije i tolerancije izvođenja.

Linija iskopavanja 1a – crta (vidi sliku 2.8.2) je određena za kompenzaciju radijalnih deformacija  $U_m$  za različite potporne tipove. Za svaki potporni tip su date deformacije koje odgovaraju deformacionim tolerancijama  $U_m$  ( $t_d$ ). Vrednosti prikazane na pripadajućim slikama ili u tenderskim dokumentima za očekivane deformacije  $U_m$  mogu da se prilagode tako da se u obzir uzmu stvarne deformacije u skladu sa iskustvom koje je stečeno tokom iskopavanja. Prilagođavanje mora da izradi PROJEKTANT, a INŽENJER mora da ih odobri.

Linija A predstavlja minimalni profil iskopavanja. Stenska masa generalno tokom iskopavanja ne sme da prelazi tu liniju. To je dozvoljeno samo lokalno, za isturene ivice i uglove zdrave stenske mase, u granicama tolerancije koje iznose najviše 2/3 nominalne debljine mlaznog cementnog betona.

IZVOĐAČ je dužan da izvede odgovarajući profil koji je određen linijom A. To se obezbeđuje pažljivom kontrolom bušenja i

promenom različitih elemenata konturnog miniranja i drugih specijalnih tehnika miniranja.

Radi odgovarajućeg održavanje profila iskopavanja koji je određen linijom A, IZVOĐAČ mora da poštuje građevinsku toleranciju  $U_p(t_c)$  za iskopavanje i ugradnju podgrade. Građevinska tolerancija  $U_p(t_c)$  mora da bude uključena i u merna odstupanja. i to na način koji je prikazan na slici 2.8.2.

#### 2.8.3.2.5 Urušavanje

Urušavanje je prostor koji nastane nakon rušenja dela stenske mase izvan profila koji uključuje deformacije i građevinske tolerancije. Do urušavanja može da dođe iz subjektivnih razloga koji su povezani s nedoslednim radom i zbog neadekvatne metode iskopavanja (rušenje koje može da se spreči) i/ili iz razloga na koje IZVOĐAČ ne može da utiče (neizbežno urušavanje).

Neizbežno urušavanje može da bude posledica:

- rušenja stenske mase u obliku urušavanja koje ne može da se spreči pažljivim radom i primenom adekvatne metode rada,
- urušavanja koje može da bude produkt preovlađujućih nepovoljnih geoloških uslova.

Prosečni red veličine urušavanja za takozvano „neizbežno urušavanje“ se procenjuje za sve tipove stenske mase i prikazan je na slikama i/ili u tenderskim dokumentima (vidi sliku 2.8.2).

Prekomerno urušavanje (vidi sliku 2.8.2) može da bude posledica ekstremno nepovoljnih i/ili nepredvidivih geoloških uslova. Ukratko, to znači da do neizbežnog urušavanja može da dođe u slučaju kada je IZVOĐAČ pri radu dovoljno pažljiv i kada je primenjena najadekvatnija tehnika rada, ali ipak ne postoji mogućnost za njegovo sprečavanje zbog preovlađujućih nepovoljnih geoloških uslova.

Ako dođe do prekomernog urušavanja, neophodno je da se odmah ugradi adekvatna podgrada radi stabilizacije tog područja. O tome treba bez odlaganja obavestiti PROJEKTANTA i INŽENJERA. IZVOĐAČ i PROJEKTANT ili INŽENJER moraju da se međusobno konsultuju i dogovore o sanaciji. Detaljan plan sanacije mora da izradi IZVOĐAČ, a odobrava ga INŽENJER. Radovi na sanaciji moraju da se izvedu pre

nastavka iskopavanja, osim ako INŽENJER ne odredi drugačije.

Nakon što se utvrdi da je urušavanje posledica fizičkih uslova koji su izvan kontrole IZVOĐAČA i da do njega nije došlo zbog neadekvatnih metoda rada ili nepažnje, mora da se izmeri zapremina praznog prostora. INŽENJER odobrava i preuzima plaćanje troškova svih materijala koji su potrebni za sanaciju urušavanja.

#### 2.8.3.2.6 Zahtevi prilikom iskopavanja

Bušenje i miniranje moraju da se izvedu tako da se stenska masa raznese uzduž planiranog profila.

Prečnik i međusobna udaljenost bušotina moraju da budu prilagođeni trenutnim uslovima stenske mase na gradilištu. IZVOĐAČ je dužan da tokom napredovanja radova razvija i stalno usavršava tehniku miniranja radi postizanja što bolje prilagođenosti profilu iskopavanja.

Iskopavanje stenske mase mora da se izvede korišćenjem modernih metoda miniranja. Savremene metode miniranja, koje uključuju konturno miniranje (glatko miniranje – smooth blasting ili „pre-splitting“ metoda...), moraju da se primene tako da se u što većoj meri smanji urušavanje i spreči rastresanje površine iskopa.

Iskopavanje svih vrsta niša, s izuzetkom zaustavnih niša u bočnim stranama tunela i poprečnih prolaza, mora da se izvede nakon ugradnje primarne podgrade u tunelu. Cementni mlazni beton i čelični segmenti u bočnim stranama tunela moraju pažljivo da se iseku uzduž profila niše ili poprečnog prolaza. Iskopavanje mora da bude izvedeno tako da ne dođe do oštećenja tunela i podgrade koja je u njega ugrađena.

Iskopavanje proširenja tunela izvan normalnog poprečnog profila tunela za izradu zaustavnih niša mora da se izvede pod uglom od  $40^\circ$  u odnosu na glavnu osu tunela. Nakon što se obezbede veličine planiranih zaustavnih niša, radovi moraju da se nastave u skladu sa zahtevima navedenim u ovom poglavlju.

Nad izgradnjom u području tipova stenskih masa koje su veoma osetljive na prisustvo vode (bubrenje stenske mase) mora da se vrši pojačan nadzor kako bi se sprečila eventualna šteta usled bubrenja stenske mase. U takvim područjima mora da se obezbedi postupak izgradnje i odgovarajuća

organizacija zaposlenih koji onemogućavaju kontakt stenske mase sa vodom.

#### 2.8.3.2.7 Bezbednosne mere

Površine iskopa moraju nakon svakog miniranja pažljivo da se pregledaju i očiste. Potporni elementi moraju da obezbede efikasne mere za obezbeđivanje celokupne stabilnosti tunela. S obzirom na trenutne uslove koji su prisutni na gradilištu ili po potrebi, IZVOĐAČ mora ugradnjom lokalnih sidara da spreči otpadanje blokova, odnosno da obezbedi odgovarajuće lokalne uslove stabilnosti.

IZVOĐAČ mora da vrši sistematske preglede bočnih strana i tavanice tunela radi utvrđivanja eventualnih pukotina ili drugih znakova koji ukazuju na nestabilne uslove u tunelu. Ocena broja i veličine pukotina mora da se izvrši u vezi sa rezultatima geotehničkih merenja i uz saradnju PROJEKTANTA.

Miniranje može da se izvrši tek nakon što se izvedu sve mere bezbednosti i zaštita zaposlenih i uređaja na radilištu.

Bušenje, miniranje, iskopavanje i nanošenje mlaznog cementnog betona moraju da budu izvedeni metodama i opremom kojima se u što većoj meri sprečava stvaranje prašine, dima, isparenja, gasova, magle i izmaglice.

#### 2.8.3.2.8 Kontinuirani rad

Radi obezbeđivanja bezbednosti i zaštite radova, iskopavanje tunela mora da se izvodi bez prekida, osim ako INŽENJER ne odobri drugačije. Ukoliko priroda radova to dozvoljava, prekidi su dozvoljeni za vreme vikenda i praznika, pod uslovom da se radovi osiguraju i da se uspostave bezbedni uslovi.

Prekidi su dozvoljeni tek nakon ugradnje svih potpornih elemenata koji odgovaraju tipu podupiranja na određenoj lokaciji.

U svakom slučaju mora da se izvede zaštita čela iskopa i okruženja cementnim mlaznim betonom u debljini od 3 do 5 cm. To ne važi u slučaju kada su obezbeđeni stabilni uslovi stenske mase.

#### 2.8.3.2.9 Odvodnjavanje tokom izgradnje

##### Obim

IZVOĐAČ je dužan da dostavi i ugradi svu opremu koja je potrebna za ispuštanje vode iz svakog dela tunela. Mora se

obezbediti nesmetan rad i održavanje pumpi i cevovoda, pošto u tunelu nije dozvoljeno prisustvo stajaće vode.

Kapacitet pumpi koje su ugrađene na svakom čelu iskopa mora da bude najmanje jedan i po put (1,5 x) veći od dotoka vode i količine vode koja se koristi za bušenje.

IZVOĐAČ mora da ima na zalihama rezervne pumpe u dobrom stanju, sa kapacitetom koji je bar jednak kapacitetu pumpi koje su ugrađene u tunelu.

IZVOĐAČ mora da obezbedi taložnike ili drugu opremu za dekontaminaciju, u skladu sa zahtevima INŽENJERA, pre nego što se voda ispusti u životnu sredinu.

IZVOĐAČ je dužan da ukloni sav nagomilani mulj, talog ili šljunak koji su nastali tokom podzemnih radova u skladu sa zahtevima INŽENJERA.

IZVOĐAČ je dužan da na portalima izradi, održava i upravlja potrebnim objektima i uređajima za prečišćavanje kontaminirane otpadne vode koja se tokom izgradnje odvodi iz tunela. Takvi objekti i uređaji moraju da sadrže dva taložnika, separator ulja, uređaj za neutralizaciju i potrebne kontrolne stanice. Uređaj za neutralizaciju mora da se projektuje i da se njim upravlja tako da pH vrednosti pročišćene vode konstantno bude između 6,5 i 8,5 pre njenog ispuštanja u životnu sredinu.

##### Materijali i izvođenje

Uzdužno odvodnjavanje: odvodnjavanje tunela tokom izgradnje mora da se uredi pomoću kanala za odvodnjavanje koji su iskopani na dnu kalote odn. stepenice. Zidovi kanala za odvodnjavanje moraju da budu obloženi mlaznim cementnim betonom. Područja sa većim dotokom vode moraju da se odvodnjavaju pomoću perforiranih ili narezanih tvrdih PVC cevi, prečnika od 150 do 250 mm, u zavisnosti od količine vode koja mora da se odvede.

U slučaju izvođenja radova u stenama koje su osetljive na vodu, IZVOĐAČ mora posebnu pažnju da posveti pronicanju, skupljanju i odvodnjavanju vode iz stenske mase i tehnološke vode koja se koristi pri gradnji tunela.

U slučaju kada se gradnja tunela izvodi nadole, IZVOĐAČ mora na odgovarajućem međusobnom odstojanju da izradi šahtove za

prepumpavanje vode. Ispumpavanje vode iz tunela mora da se vrši pomoću odgovarajućih čeličnih ili PVC cevi.

Radijalno odvodnjavanje: za koncentrisane dotoke vode – u tlu ili u mlaznom cementnom betonu treba da se izbuše drenažne bušotine. U bušotine se postavljaju perforirane čelične ili tvrde PVC cevi, prečnika od 1,5 do 2". Prostor između cevi i ušća bušotine se popunjava brzovezujućim malterom. Brzovezujući malter je materijal koji obezbeđuje vezivanje i stvrdnjavanje u roku od nekoliko minuta i primenjuje se za privremeno učvršćivanje i popunjavanje. Otvor cevi se priključuje na gumenu crevo za odvod vode do privremene uzdužne drenaže, do šaftova za prepumpavanje ili uzdužnih kanala na dnu kalote ili stepenice tunela.

Kružna drenaža: U mokrim područjima se voda sa zidova tunela skuplja pomoću polucevi (talasaste, meke PVC cevi) koje se pričvršćuju na stenu pomoću brzovezujućeg cementnog maltera ili cementnog mlaznog betona i povezuju sa šahtom za prepumpavanje ili uzdužnim kanalom na dnu kalote ili stepenice tunela.

Mokra područja koja se pojave naknadno na oblozi od mlaznog cementnog betona se probuše i obrade na način koji je prethodno opisan.

U tunelima koji su izgrađeni na vodopropusnom zemljištu ili jako ispućalim stenama se, nakon prethodnog odobrenja INŽENJERA, vrši sistematska ugradnja kružnih drenaža, čiji najmanji prečnik iznosi 4 cm, da bi se sprečilo stvaranje pritiska vode iza obloge od mlaznog cementnog betona.

IZVOĐAČ mora da obezbedi redovno čišćenje ugrađenih šaftova za prepumpavanje i održavanje sistema za odvodnjavanje na način koji omogućava kontrolisano oticanje celokupne vode tokom izgradnje.

#### 2.8.3.2.10 Saobraćaj na gradilištu na završnoj niveleti iskopavanja

Površina iskopavanja koja odgovara niveleti završnog planuma donjeg stroja i koja je pripremljena za izgradnju kolovoza mora da se zaštiti od habanja ili pogoršanja, do kojeg bi moglo da dođe usled prevoza stenskog materijala ili drugog saobraćaja, nasipanjem sloja od materijala iskopanog u tunelu ili drugog materijala sa odgovarajućim svojstvima, čija minimalna debljina treba da iznosi 0,5 m.

IZVOĐAČ mora da spreči zadržavanje vode u tunelu. Gradilišni saobraćaj preko zaostale vode nije dozvoljen.

Svaki materijal lošijeg kvaliteta od dozvoljenog mora pre izrade kolovoza da se ukloni i zameni odgovarajućim u skladu sa uputstvima i zahtevima INŽENJERA.

Materijal koji je korišćen za zaštitu kolovoza ne sme da se ukloni pre nego što počnu radovi na izradi kolovoza.

#### 2.8.3.2.11 Saobraćaj na gradilištu po podnožnom svodu

Zabranjen je gradilišni saobraćaj po nezaštićenoj konstrukciji podnožnog svoda, privremenog ili trajnog karaktera, koji je izrađen od cementnog ili mlaznog cementnog betona.

Navedene konstrukcione jedinice ili sklopovi moraju da se zaštite od oštećenja ili uništenja nasipanjem sloja od odgovarajućeg iskopnog ili sličnog materijala, debljine najmanje 0,5 m. Nasuti sloj ne sme da sadrži komade kamena koji su veći od 150 mm.

### 2.8.3.3 Dimenzije iskopavanja

Radovi koji su detaljno navedeni u okviru ovog poglavlja se mere na sledeći način:

- Iskopavanja tunela i zaustavnih niša u svim tipovima ponašanja stenske mase moraju da se mere u kubnim metrima ( $m^3$ ) uzduž "Linije 2", kao što je prikazano na slici 2.8.2. Dužina svakog koraka se izračunava duž ose tunela. Dimenzije se izrađuju za delimična iskopavanja poprečnih profila, na način koji je prikazan u planovima. U slučaju kada mora da se izradi privremeni svod u kaloti, dimenzije za iskopavanje stepenice treba adekvatno da se smanje.
- Iskopavanje poprečnih prolaza u svim potpornim tipovima se meri u kubnim metrima ( $m^3$ ) duž "Linije 2", na način koji je prikazan u prethodnoj alineji.
- Iskopavanja niša se mere po kubnom metru ( $m^3$ ) duž "Linije 2".
- Povećanje iskopnog profila (nadprofil) zbog dozvoljenih konstrukcionih tolerancija ( $t_c$ ) i urušavanja koja ne mogu da se spreče unutar granice linije A se ne mere za plaćanje (vidi sliku 2.8.2).

- Prekomerna urušavanja izvan linije A, do kojih dolazi zbog nepovoljnih geoloških uslova, se mere na mestu nastanka u stvarnim količinama, pod uslovom da je urušavanje veće od  $2 \text{ m}^3$  po dužnom metru tunela. Urušavanja do  $2 \text{ m}^3$  po dužnom metru tunela se ne mere i ne plaćaju.
- Dodatni radovi iskopavanja zbog proširenja profila u područjima u kojima je tavanica ojačana cevnom štitom (pipe roof) se plaćaju kao posebna stavka. Za iskopavanje i podupiranje kalote ispod cevnog štita se koristi posebna matrica. Navedeni uslovi plaćanja važe i za podupiranje odn. potporni tip ispod cevnog štita. To znači da važe računске površine, kao i „platne linije“ 1a i 2a, koje ostaju nepromenjene.
- Naročito treba istaći da veća količina potpornih elemenata zbog promenljive geometrije primarne obloge tunela (nagib cevi približno  $5,2^\circ$ , upotrebljene dužine cevnog štita 10,0 m, što predstavlja dužinu testerastog profila) nije uzeta u obzir pri određivanju jedinice podupiranja. Veće količine su kompenzovane jedinstvenim cenama. Izvođač sam projektuje i izračunava promenljivu geometriju mlaznog betona u skladu sa svojom metodom izvođenja.
- Veće količine za punjenje klina pod cevnom štitom nisu uzete u obzir u matrici, jer se punjenje klina neće nalaziti u neposrednom području napredovanja. Gore pomenuto važi i u slučaju kada izvođač popuni klin 20 m iza čela iskopa zbog radnih razloga.
- Veće količine, kao i mlazni beton za popunjavanje klina ispod cevnog štita, se plaćaju odvojeno pod sledećim uslovima, nezavisno od količina koje su više ili manje potrebne:
  - uz stavku „Iskopavanje testerastog profila pod cevnom štitom“ / ugrađena cev cevnog štita ( $e=40 \text{ cm}$ ),
  - uz stavku „Mlazni beton za popunjavanje“ / ugrađena cev cevnog štita ( $e = 40 \text{ cm}$ ),
  - dalje mora da se odredi (ponudi) vremenski okvir za izvođenje cevnog štita (zajedno sa nanošenjem mlaznog betona i ostalim radovima).
  - Dodatni radovi iskopavanja koji su potrebni za izradu privremenih temelja u kaloti se mere u dužnim metrima temelja ( $\text{m}^1$ ).
- Dodatni radovi i potrebni materijali, neophodni za pažljivo izvođenje radova u područjima stenske mase koja je osetljiva na prisustvo vode (bubrenje stenske mase), se ne mere dodatno i ne plaćaju.
- Pri iskopavanju koje napreduju nadole, kontrola vode do 5 l/sek, što obuhvata adekvatno odvodnjavanje, preusmeravanje i uklanjanje te vode, predstavlja obavezu IZVOĐAČA i stoga se ne obračunava. Povremena kontrola vode u količinama koje prelaze 5 l/sek se obračunava posebno, na osnovu vremena utrošenog za ispumpavanje. Voda koja se koristi za bušenje, ispiranje, učvršćivanje i ostale radove se ne meri i ne plaća.
- Pri iskopavanju koji napreduju nagore, privremena kontrola ukupne vode koja se javlja na čelu tunela, što obuhvata adekvatno odvodnjavanje, preusmeravanje i uklanjanje te vode, predstavlja obavezu IZVOĐAČA, pa se stoga ne meri i ne plaća.
- Smetnje i zastoji u radovima iskopavanja u iskopima koji napreduju nagore odn. nadole, do kojih dolazi zbog dotoka vode se dodatno obračunavaju u slučaju kada količina vode prelazi 10 l/sek. Tim merenjem nije obuhvaćena količina vode koja se koristi za bušenje, ispiranje, učvršćivanje i ostale radove. Vrednost dotoka vode se utvrđuje (meri) 20 m iza čela iskopavanja.
- Za ventilaciju tunela tokom izgradnje je zadužen IZVOĐAČ. Ta ventilacija se obračunava odvojeno, odn. može da se uključi u vremenski zavisne troškove gradilišta.
- Za rasvetu tunela i snabdevanje električnom energijom tokom izgradnje je zadužen IZVOĐAČ. Ti troškovi se obračunavaju odvojeno, odn. mogu da se uključe u vremenski zavisne troškove gradilišta.
- Primarna podgrada stenske mase, koja uključuje cementni mlazni beton, armaturne mreže, čelične segmente, sidra, zaštitu čela iskopa pomoću cementnog mlaznog betona i koplja, se obračunava odvojeno (videti poglavlje 7 ovih specifikacija).
- Transport iskopanog materijala od portala tunela ili privremene deponije pored portala tunela do područja stalne deponije



ili nasipa se meri po kubnom metru prvobitne stenske mase (faktor rastresitosti se ne uzima u obzir).

- IZVOĐAČ mora da uključi u cenu iskopavanja sve smetnje do kojih može da dođe zbog koordinacije radova sa drugim gradilištima (npr. zbog saobraćaja) i ne sme dodatno da ih obračunava.
- Prekidi radova iskopavanja u trajanju do 2 sata zbog jakog dotoka vode, velikog urušavanja ili drugih nepredvidivih događaja se ne obračunavaju.
- Prekidi radova iskopavanja u trajanju do 2 sata zbog visokih koncentracija eksplozivnih gasova (npr. metan) se ne obračunavaju.

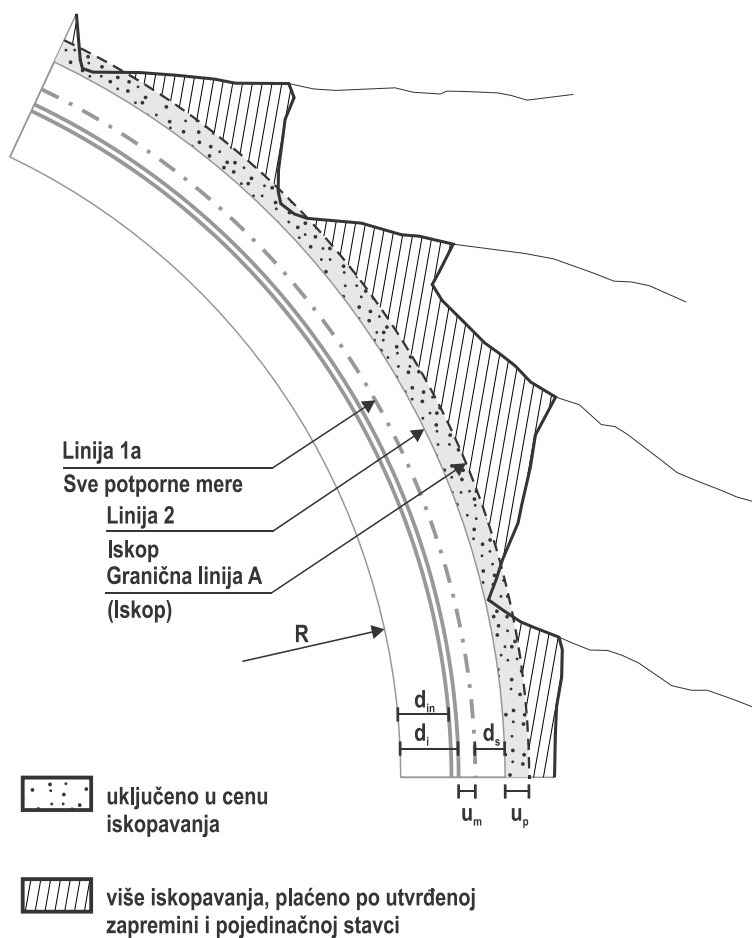
#### 2.8.3.4 Plaćanje

- U jediničnu cenu za iskopavanje moraju da budu uračunati svi radovi, troškovi radne opreme i materijala potrebnih za iskopavanje u okviru određenih granica, uklanjanje primarne podgrade (npr. privremeni podnožni svod, svod od mlaznog cementnog betona, sidrena stena), potrebna promena opreme za iskopavanje, utovar, transport i deponovanje ukupnog iskopanog materijala iz čela iskopa do portala ili nasipa pred portalom, odnosno do privremene deponije koja je udaljena do 300 m od portala tunela, privremena kontrola vode u iskopima koji napreduju nagore, smetnje pri iskopavanju nastale zbog pronicanja vode do 10 l/s, smetnje nastale zbog geotehničkih merenja i geološkog kartiranja, smetnje nastale zbog ugradnje potpornih elemenata i razvoj i prilagođavanje šema bušenja za miniranje i sve eventualne dodatne mere, smetnje i problemi koji su navedeni u prethodnom poglavlju 2.8.3.3.:
  - Iskopavanje tunela za različite potporne tipove se plaća po jediničnoj ceni po kubnom metru ( $m^3$ ).
  - Ometanje iskopavanja do kojeg je došlo zbog dotoka vode u količini većoj od 10 l/s se plaća po jediničnoj ceni po kubnom metru iskopanog materijala za vreme trajanja prekomernog dotoka vode.
  - Privremena kontrola dotoka vode u količini većoj od 5 l/s u iskopima koji napreduju nadole se plaća po jediničnoj ceni za sat pumpanja. Jediničnom cenom za privremenu kontrolu dotoka vode moraju da budu

obuhvaćeni svi radovi, troškovi radne opreme i materijala (npr. cevi, šahtovi za prepumpavanje itd.) koji su potrebni za izvođenje radova. Oprema za pumpanje se obračunava odvojeno i može da bude uključena u vremenski zavisne troškove gradilišta.

- Prekidi radova iskopavanja koji su duži od 6 sati i do kojih je došlo zbog jakog dotoka vode, velikog urušavanja ili ostalih nepredvidivih pojava, se plaćaju po jediničnoj ceni za sat prekida. Plaćanje se vrši samo u slučajevima kada radnici i oprema u tunelu ne mogu da se prerasporede na drugo mesto iskopavanja ili druge radove.
- Prekidi radova na iskopavanju koji su duži od 2 sata i do kojih je došlo zbog nedozvoljeno visokih koncentracija gasova se plaćaju po jediničnoj ceni za sat prekida. Plaćanje se vrši samo u slučaju kada radnici i oprema iz tunela ne mogu da se angažuju na drugim radovima u tunelu.
- Jediničnom cenom iskopavanja je obuhvaćeno i iskopavanje iznad linije 2 (slika 2.8.2). Povećanje profila iskopavanja (nadprofil) zbog dozvoljenih konstrukcionih tolerancija  $U_p(t_c)$ .
- Jediničnom cenom za iskopavanje su obuhvaćeni svi radovi, troškovi radne opreme i materijala potrebnih za kontrolu i smanjenje koncentracije gasova tokom iskopavanja tunela, kao i potrebno predbušenje za rano utvrđivanje prisustva eksplozivnih gasova (metana). Oprema se obračunava odvojeno i može da bude uključena u vremenski zavisne troškove gradilišta.
- Ponuđena jedinična cena za iskopavanje mora da bude nezavisna od metode koja se stvarno koristi za iskopavanje (metoda bušenja i miniranja ili pomoću mehaničkih sredstava).
- Jedinična cena za transport iskopanog materijala do nasipa ili deponije na udaljenosti iznad 300 m od portala tunela moraju da obuhvata sve radove i opremu potrebna za utovar, transport i istovar materijala. Deponija mora da bude uređena tako da je omogućeno nesmetano oticanje vode. Utovar i istovar materijala na privremenom odlagalištu moraju da budu uključeni u jediničnu cenu za transport.

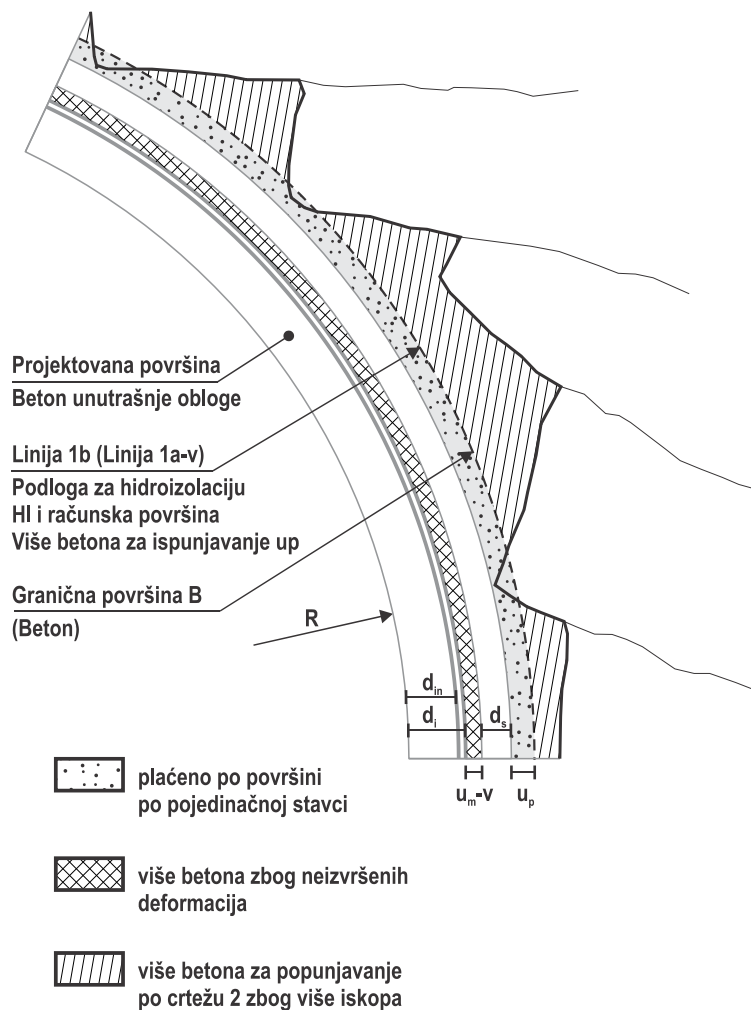
- Jedinična cena za iskopavanje važi i za lokalno proširenje profila kod privremenih portala koje je potrebno radi povećanja debljine betonske obloge u pokrivenom iskopu (cut & cover).
- Jedinična cena za iskopavanje mora da obuhvata sve radove, troškove radne opreme i materijala potrebnih za pročišćavanje i regeneraciju svih tunelskih kontaminiranih voda pre ispuštanja, i ne plaća se odvojeno. Oprema se obračunava odvojeno i može da bude uključena u jednokratne troškove gradilišta.
- Završno iskopavanje za izvođenje tela puta treba da bude uključeno u jediničnu cenu za iskopavanje i dodatno se ne meri i ne plaća.
- U jediničnu cenu za iskopavanje moraju da budu uključene smetnje nastale zbog naporedne izrade geološko-tehničke dokumentacije.
- U jediničnu cenu za iskopavanje moraju da budu uključeni svi radovi na zasipanju i popunjavanju (zaštita podgrade u podnožnom svodu, debljine min. 0,5 m).



- R radijusi svetlog poprečnog profila  
 $d_i$  debljina unutrašnje obloge sa izravnanjem za hidroizolaciju i hidroizolacija  
 $d_{in}$  debljina unutrašnje obloge  
 $d_s$  određena debljina mlaznog betona kao potporni element  
 $U_p$  tokom tendera određuje naručilac (naručilac ograničava na do 5 cm za lučno dno i do 5 cm za kalotu i stepenicu)  
 $U_m$  nadvišenje koje tokom radova iskopavanja odredi naručilac  
 $V$  izvršene deformacije stenske mase

Slika 2.8.2: Obračunske linije: iskopavanje i potporni elementi – prikaz pre deformacija

Nakon deformacija



- R radijusi svetlog poprečnog profila  
 $d_i$  debljina unutrašnje obloge sa izravnanjem za hidroizolaciju i hidroizolacija  
 $d_{in}$  debljina unutrašnje obloge  
 $d_s$  određena debljina mlaznog betona kao potporni element  
 $U_p$  tokom tendera određuje naručilac  
 $U_m$  nadvišenje koje tokom radova iskopavanja odredi naručilac  
 $V$  izvršene deformacije stenske mase

Slika 2.8.3: Obračunske linije: beton i više betona – prikaz prema deformacijama

## 2.8.4 KONTROLA PROFILA I DOZVOLJENA ODSUPANJA

### 2.8.4.1 Kontrola profila

IZVOĐAČ je obavezan da izvrši veoma pažljivu i sistematičnu proveru konačnog slobodnog profila osnovne obloge tunela, u cilju određivanja prostora za projektovanu nominalnu debljinu unutrašnje betonske obloge.

#### 2.8.4.1.1 Način kontrole profila za završnu betonsku oblogu

- U skladu sa odredbama, ugradnja završne betonske obloge se izvodi primenom čelične oplate postavljene na šinu koja se pomera na gredama temeljnih stopa.
- IZVOĐAČ je u potpunosti odgovoran za tačnost iskolčavanja i izvođenje temeljnih stopa, na koje se postavljaju šine sa

svake strane tunela i na koje se postavlja tunelska oplata.

- IZVOĐAČ je odgovoran da obezbedi minimalan slobodan profil za završnu oblogu, kako je predstavljeno na crtežima. U cilju obezbeđenja odstupanja od teorijskog profila, IZVOĐAČ je obavezan da obezbedi profilno vozilo opremljeno šablonom za obeležavanje, koje služi za određivanje minimalnog profila koji je potreban za nominalnu debljinu završne betonske obloge. Profilno vozilo mora da bude projektovano tako da može da se kreće šinom ili da se koristi za pomeranje tunelske oplata. Takođe, navedeno profilno vozilo treba da obezbedi pristup za obeležavanje područja početne obloge koja prodiru u područje minimalnog slobodnog profila. Profilno vozilo može takođe da bude projektovano kao radna platforma za ponovno oblikovanje početne obloge (primarne obloge), ukoliko je to neophodno, kao i za izvođenje pripremnih površinskih radova, koji su predstavljeni ovom specifikacijom.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU na saglasnost dostavi sve detalje koji se odnose na projekat profilnog vozila sa šablonom. Po izdavanju saglasnosti, NADZOR će izdati uputstva koja se odnose na sistematsko proveravanje geometrije šablona u toku izvođenja profilisanja.
- IZVOĐAČ, uz saglasnost NADZORA, može da koristi modernu geodetsku tehniku i procese za obradu podataka u cilju utvrđivanja završnog slobodnog profila.

#### 2.8.4.1.2 Izvođenje

- Provera završnog slobodnog profila ne sme da počne pre nego što se geotehničkim merenjima utvrdi da je stopa radijalnog pomeranja u bilo kojoj tački periferije tunela manja od 4 mm mesečno.
- Po završetku izrade podgrade, posle pripreme površine kao što je opisano u ovoj specifikaciji, kao i posle deformacije, u skladu sa predhodnom povlakom ovog člana, završni slobodni profil za unutrašnju oblogu treba da bude prilagođen minimalnoj debljini unutrašnje obloge, kako je prikazano na crtežima.
- Kontrolu profila treba izvoditi neprekidno primenom profilnog vozila koje je opremljeno šablonom ili na najmanje

svaka 2,0 m primenom modernih geodetskih tehnika.

- Svaka odstupanja od teoretskog slobodnog profila za unutrašnju oblogu treba ispraviti, dodatnim nanošanjem mlaznog betona ili ugradnjom deblje unutrašnje obloge betona, ukoliko se radi o prevelikom slobodnom profilu, ili preoblikovanjem delova podgrade tunela koji prodiru u slobodni profil. IZVOĐAČ je odgovoran za izvođenje ovih radova bez prava na dodatno plaćanje.
- IZVOĐAČ NADZORU treba da podnese predloge za izvođenje sanacionih radova.
- Bez saglasnosti NADZORA nije dozvoljeno izvršiti bilo kakvo preoblikovanje oslonca tunela.
- Geotehnička merenja pre, u toku i posle primene odgovarajućih mera treba izvršiti u skladu sa relevantnim projektnim specifikacijama. Merne tačke, kao što su konvergentni klinovi i / ili ekstenzometri moraju ostati ugrađeni ili je zamenu potrebno izvesti novima na čelu izkopa u svrhi, da se postigne nulto odčitavanje, što se posebno na plaća.
- Nije dozvoljeno premeštanje i napuštanje stanica za izvođenje geotehničkih merenja, bez saglasnosti NADZORA.

#### 2.8.4.1.3 Zapisnici

- Za svaku fazu sanacionih mera potrebno je voditi dnevnik.
- Završni slobodni profil treba da bude snimljen u intervalima u uzdužnom smeru i tačkama duž periferije tunela, u skladu sa predlogom IZVOĐAČA, po preporuci PROJEKTANTA i uz saglasnost NADZORA.
- Završnu proveru slobodnog profila po završetku ponovnog profilisanja i pripreme površine, treba izvršiti u prisustvu NADZORA.

### 2.8.4.2 Dozvoljena građevinska odstupanja

#### 2.8.4.2.1 Dozvoljena odstupanja za početnu oblogu

- Smanjenje teoretske debljine unutrašnje betonske obloge nije dozvoljeno, ukoliko to ne odobri NADZOR. U cilju postizanja

ovog zahteva, elementi oslonca, kao što su mlazni beton, sidrene glave, čelični lukovi, itd. ne smeju da prodiru u teoretsku unutrašnju betonsku oblogu, kako je prikazano na crtežima.

- U području podnožnog svoda i temeljnih greda, u teoretsku liniju iskopa ne smeju da prodiru delovi stena.

#### 2.8.4.2.2 Dozvoljena odstupanja od nivoa iskopa podnožnog svoda

- Ukoliko se tunel izvodi bez betonskog lučnog podnožnog svoda, IZVOĐAČ treba da iskopa donju kotu podnožnog svoda sa tačnošću +0 do -100 mm u odnosu na teoretsku liniju iskopa podnožnog svoda.
- Ukoliko posle čišćenja mulja, rastresitog materijala, itd. donja kota iskopa iznosi preko 100 mm ispod projektovane teoretske linije iskopa, IZVOĐAČ je obavezan da izvrši zatrpavanje navedenih površina do projektovanog, teoretskog nivoa materijalom iz donjeg nosećeg sloja ili u skladu sa uputstvima i odobrenjima NADZORA.
- Ukoliko se tunel izvodi sa betonskim podnožnim svodom ili podnožnim svodom od mlaznog betona, nije dozvoljeno smanjenje projektovane, teoretske debljine betonske konstrukcije. Višak iskopa mora da bude nadoknađen upotrebom betona ili mlaznog betona u konstrukciji podnožnog svoda. Unutrašnja površina betonskog lučnog podnožnog svoda može da odstupa najviše +/- 50 mm u nagibu od teoretskog poprečnog preseka.

#### 2.8.4.2.3 Dozvoljena odstupanja unutrašnje betonske obloge

##### Dozvoljena geodetska odstupanja

Osovina tunela kod izvedenog poprečnog preseka može da odstupa od izračunate osovine puta (trase puta) najviše  $\pm 30$  mm u osnovi. Dozvoljeno odstupanje od nagiba je ograničeno na  $\pm 10$  mm.

##### Dozvoljena odstupanja oplata

Dozvoljena odstupanja oplata, uključujući odstupanja koja se odnose na proizvodnju oplata, nepravilnosti prilikom njenog postavljanja i deformacije oplata u toku

betoniranja, ne smeju da pređu 60 mm u radialnom smeru.

##### Uticao krivina

S obzirom da su tunelske oplata ravne, zakrivljeni tunel je zapravo poligonog oblika. Stoga će doći do odstupanja od teoretskog oblika, sa maksimumom u središtu betonskog bloka. Navedeno dozvoljeno odstupanje zavisi od dužine bloka L, širine anvelope slobodnog profila B i radijusa R trase tunela. Neophodno „dozvoljeno odstupanje krivine C“ moguće je izračunati primenom sledeće formule:

$$C = R + \frac{B}{2} - \sqrt{\left(R + \frac{B}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} \quad [\text{mm}]$$

Ukupno dozvoljeno odstupanje unutrašnje obloge.

- Ukupno dozvoljeno odstupanje betonske unutrašnje obloge moguće je izračunati zbrajanjem „dozvoljenog geodetskog odstupanja“, „dozvoljenog odstupanja oplata“ i „dozvoljenog odstupanja krivina“.
- Odstupanje unutrašnje površine betonske obloge od teoretskog poprečnog preseka ne sme da prelazi 100 mm (u radialnom smeru) prema unutrašnjoj strani. Na nagibu staze za pešake dozvoljeno odstupanje unutrašnje površine je ograničeno na 50 mm prema unutrašnjoj strani, kako bi se zadržale minimalne dimenzije kablenskog kanala.
- U svakom slučaju, kao i za svako navedeno dozvoljeno odstupanje, potrebno je zadržati navedenu teoretsku debljinu unutrašnje betonske obloge, kao i određeni slobodni profil puta i staze za pešake.

##### Ostala dozvoljena odstupanja

- Niše i slične konstrukcije treba izvesti sa dozvoljenim odstupanjem od  $\pm 50$  mm u odnosu na projektovanu lokaciju. Dozvoljena odstupanja njihove veličine ograničena su na  $\pm 10$  mm.
- Prefabrikovane elemente i kablovske kanale treba postaviti sa dozvoljenim odstupanjem od  $\pm 10$  mm, u odnosu na teoretski položaj.

## 2.8.5 OSIGURANJE TUNELA

### 2.8.5.1 Opšti zahtevi

U ovom odeljku opisani su zahtevi koji se odnose na početno osiguranje tunela koje obuhvata one elemente tunelske obloge koji su neophodni za uspostavljanje trajne stabilnosti iskopanih tunela.

#### 2.8.5.1.1 Način izgradnje

IZVOĐAČ je obavezan da razume i prepoznaje tehničke i projektne koncepte nove austrijske tunelske metode (NATM) za minirane tunele i treba da razume funkciju i značaj svake komponente tunelske podgrade.

#### 2.8.5.1.2 Dokumentacija koju je potrebno dostaviti

- Pre početka izvođenja radova koji su obuhvaćeni ovom Specifikacijom, IZVOĐAČ je obavezan da dostavi NADZORU na odobrenje sveobuhvatan program ispitivanja materijala i kontrole kvaliteta, koji obuhvata sve elemente podgrade tunela.
- Takođe, potrebno je dostaviti sertifikate proizvođača o usklađenosti, kojima se potvrđuje da upotrebljeni materijali ispunjavaju zahteve iz specifikacije.
- Način postavljanja svake vrste elementa podgrade, uključujući opis, specifikaciju i uputstva proizvođača za bušenje, sidranje itd. mora da bude dostavljen NADZORU.
- Sva navedena dokumentacija mora da bude pravovremeno dostavljena NADZORU, tj. u određenom vremenskom periodu pre početka izvođenja radova ili određenog datuma oko kojeg su se obe strane dogovorile.

#### 2.8.5.1.3 Izvođenje radova na podgrađivanju tunela

- Vrsta i količina osiguranja tunela koje je potrebno postaviti odmah po završetku izvođenja iskopa, direktno se odnose na utvrđenu klasu stena. Standardno početno osiguranje koje je vezano za utvrđeni sistem klasifikacije stena prikazano je na crtežima. Međutim, kao posledica izmena predviđenih karakteristika stena, može, u toku izgradnje, da se javi potreba za promenama i prilagođavanjima

standardnih sistema osiguranja za svaku vrstu klase stenske mase, kako je prikazano na crtežima, i shodno dogovoru ovlašćenog predstavnika NADZORA i IZVOĐAČA ili u skladu sa uputstvima GEOTEHNIČKOG VEĆA (u skladu sa Odeljkom 2.8.2.2).

- IZVOĐAČ je obavezan da izvede postavljanje ili primenu nosećih elemenata na način i redosledom kojim bi se sprečilo raspadanje i slabljenje stenske mase, ispred i oko iskopanog tunela.

#### 2.8.5.1.4 Zapisnici

- IZVOĐAČ je obavezan da pripremi i svakodnevno vodi sveobuhvatne zapisnike, koji sadrže sve pojedinosti o izvođenju podgrade tunela i njihovom ponašanju u toku izvođenja radova. Navedeni zapisnici moraju stalno da bude dostupni NADZORU. Zapisnici treba da sadrže vrstu, količinu i lokaciju postavljenih osiguranja, slobodni profil nakon postavljanja osiguranja, odstupanja od standardnih sistema osiguranja, zapažanja prekomernih deformacija, pucanje mlaznog betona, itd. O zapaženim prekomernim deformacijama i pucanju mlaznog betona potrebno je odmah obavestiti NADZOR.
- IZVOĐAČ je obavezan da vodi zapisnik o stacionaži svakog profila, kao i da ga ažurira u skladu sa napredovanjem radova. Ovaj zapisnik mora uvek da bude na raspolaganju i potrebno ga je čuvati na pogodnom mestu u blizini relevantnog profila. Obrasci svih navedenih zapisnika moraju da budu unapred dogovoreni sa NADZOROM.
- Svi navedeni zapisnici moraju se svakodnevno dostavljati NADZORU, koji ih odobrava. Forma zapisnika mora unapred da bude dogovorena sa NADZOROM.

#### 2.8.5.1.5 Oprema i nabavka materijala

- Mašinska postrojenja i oprema za izvođenje podzemnih osiguranja mora da bude odgovarajuća za izvođenje navedenih radova, s obzirom na način rada i važeće propise koji se odnose na bezbednost na radu. Takođe, mora da bude odgovarajućeg kapaciteta kako bi omogućila ispunjavanje zahteva proizvodnje s obzirom na program izgradnje.

- Opremu je potrebno na ispravan način održavati, kao i izvršiti nabavku rezervnih delova, kako bi se omogućila trenutna raspoloživost opreme potrebne za postavljanje osiguranja, gdegod se izvode radovi na podzemnom iskopu.
- U svako doba potrebno je obezbediti neometanu nabavku materijala za sve radne površine na kojima je neophodno postavljanje osiguranja. Potrebno je imati na umu da se u slučaju izvođenja iskopa u stenskoj masi lošeg kvaliteta ovaj preduslov uglavnom odnosi na pitanja bezbednosti tunelske konstrukcije.
- IZVOĐAČ je obavezan da za svaki tunelski iskop obezbedi neophodan materijal i opremu za brzo i efikasno reagovanje u hitnim slučajevima, kao što je neočekivana nestabilnost stenske mase, ogroman dotok vode itd, u kojima nije moguće upotreba bude redovne postupke postavljanja tunelskog osiguranja.
- IZVOĐAČ je obavezan da na gradilištu drži ili da odmah ima na raspolaganju zalihe elemenata osiguranja za dve sedmice, koje su potrebne u skladu sa klasom stenskih masa, i koji su prikazani na crtežima i predviđeni programom rada.

### 2.8.5.2 Mlazni beton

#### 2.8.5.2.1 Opšte

- Svi radovi koji se odnose na nanošenje mlaznog betona treba da se izvode u skladu sa aktuelnim izdanjem austrijskih „Smernica za mlazni beton“; koje je izdalo Austrijsko udruženje za beton, ukoliko nije drugačije određeno u ovom Odeljku.
- U cilju ubrzanja vezivanja i razvijanja čvrstoće (videti takođe zahteve koji se odnose na „mladi“ mlazni beton) treba upotrebljavati nealkalne aditive za ubrzavanje vezivanja ili posebna „cementna veziva“ (bez aditiva za ubrzanje vezivanja). Upotreba alkalnih mješavina za ubrzavanje vezivanja nije dozvoljena.
- Ukoliko se primenjuje nealkalni aditiv za ubrzavanje vezivanja, količina alkalija ( $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalent) ne sme da prelazi 1 vol. %. Smanjenje čvrstoće na pritisak mlaznog betona koji sadrži nealkalni aditiv za ubrzavanje vezivanja u poređenju sa osnovnim mlaznim betonom (bez aditiva

za ubrzavanje vezivanja), pri starosti od 7 i 28 dana, ne sme da prelazi 10%, bez obzira na stvarnu čvrstoću.

- Dozvoljen je samo mokri postupak pripreme mlaznog betona. Ali u svakom slučaju, na gradilištu mora da bude postavljeno i postrojenje za suvi postupak pripreme mlaznog betona, za slučaj mogućeg kvara postrojenja za mokri postupak pripreme mešavine, uz saglasnost NADZORA.

#### 2.8.5.2.2 Materijali

##### Cement

- Cement koji se upotrebljava za pripremu mlaznog betona mora da bude u skladu sa Standardom SRPS B.C1.011, 013, 014.
- Cement koji se upotrebljava sa aditivom za ubrzavanje vezivanja „bez alkalija“ mora da bude Portland Cement PC 450, i mora da ispunjava sledeće zahteve koji se odnose na čvrstoću na pritisak, u skladu sa austrijskim Standardom ÖNORM B3327-1:

| starost na dan ispitivanja: | min. čvrstoća na pritisak:         |
|-----------------------------|------------------------------------|
| dan                         | 9 N/mm <sup>2</sup><br>(5 % loma)  |
| 28 dana                     | 40 N/mm <sup>2</sup><br>(5 % loma) |

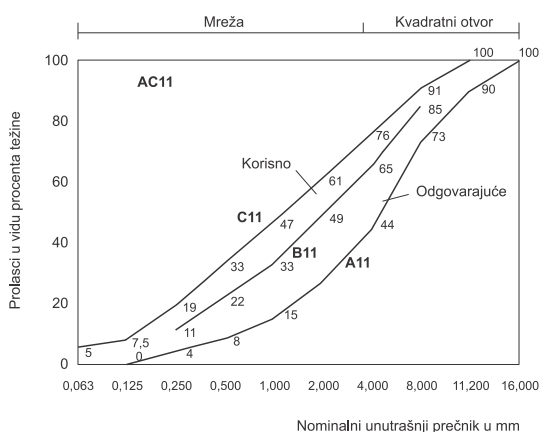
- Posebno „cementno-vezivo“ treba da ispunjava sledeće zahteve:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| specifična površina:          | 4500 cm <sup>2</sup> /g<br>± 300 cm <sup>2</sup> /g |
| Na <sub>2</sub> O ekvivalent: | < 10%   |

##### Agregati

- Agregati treba da budu čisti, žilavi, trajni, odgovarajuće granulirani i ne smeju da sadrže opasne količine prašine, mulja, gline ili drugih organskih nečistoća.
- Krupni agregati ne smeju da sadrže velike količine dugačkih komada kamena.

- Količina sitnih čestica veličine zrna ispod 0,1 mm ne sme da prelazi 2% od ukupne mešavine.
- Maksimalna veličina agregata ne sme da prelazi 11 mm.
- Granulometrijski sastav treba da bude između linija A11 i C11, najpovoljnije je pored linije B11, kako je prikazano na crtežu 2.8.4.
- Nije dozvoljena upotreba smrznutog agregata. Minimalna temperatura agregata treba da iznosi plus 5° C.
- Za vreme kišnih i hladnih perioda agregat je potrebno uskladištiti u natkrivenom prostoru, najmanje 48 časova pre upotrebe, u cilju smanjenja sadržaja vode.



Slika 2.8.4: Granulometrijski sastav agregata

Brojevi u tabeli se odnose na prolazak u procentima težine.

### Ubrzivači vezivanja

- Nealkalni ubrzivači vezivanja treba da budu kompatibilni sa upotrebljenim cementom. Dozvoljena je upotreba tečnih ili mešavina u prahu. Kompatibilnost se ispituje u laboratoriji i na terenu, u cilju postizanja traženih svojstava vezivanja i vremenskog razvoja čvrstoće, u skladu sa poglavljem 2.8.5.2.6 ove specifikacije.
- Doza koja se upotrebljava se određuje na osnovu ispitivanja prikladnosti koja se izvode u skladu sa zahtevima poglavlja 2.8.5.2.6 ove specifikacije. Svaka dopuna navedene doze ne sme da prelazi 1% sadržaja cementa po težini projektovane mešavine. Dozu je moguće smanjiti, ukoliko se prskanje izvodi nadole ili horizontalno. Dodavanje mešavine za

ubrzavanje vezivanja potrebno je izvršiti pomoću automatskog uređaja. Stvarnu dozu je potrebno odrediti na osnovu laboratorijskih ispitivanja.

### Aditivi

- Uz saglasnost NADZORA moguće je dodati aditive za poboljšanje karakteristika, ugradivosti, itd.
- Aditivi predviđeni za upotrebu treba da budu uključeni u ispitivanja koja su opisana u poglavlju 2.8.5.2.6 ovih specifikacija.

### 2.8.5.2.3 Projektovanje mešavine

Mešavina za mlazni beton treba da bude projektovana na osnovu laboratorijskih ispitivanja i na osnovu ispitivanja na terenu, kako je opisano, a u cilju ispunjavanja zahteva koji se odnose na razvoj čvrstoće i konačnu čvrstoću. Potrebno je razmotriti sledeće faktore:

- vrsta i sadržaj cementa
- mešavine za ubrzavanje vezivanja
- odnos vode i cementa
- vezivanje i razvoj čvrstoće
- temperatura mešavine.

### Sadržaj cementa

Za suvi postupak pripreme mlaznog betona količina cementa ne sme da bude manja od 350 kg/m<sup>3</sup> suve mešavine.

Sadržaj cementa mora da bude projektovan tako da ispunjava zahteve koji se odnose na čvrstoću mlaznog betona koji se primenjuje na terenu.

Za mokri postupak pripreme mlaznog betona minimalan sadržaj cementa mora da bude u skladu sa standardnom mešavinom betona C 20/25.

### Odnos cementa i vode

#### Suvi postupak:

Sadržaj vode mora da kontroliše lice koja rukuje mlaznicom, s ciljem usklađivanja sa stanjem površine na koju se mlazni beton nanosi kao i sa lokacijom na kojoj se nanošenje izvodi. Naznaka da je odnos vode i cementa odgovarajući je blago sjajni izgled mlaznog betona odmah po nanošenju.

#### Mokri postupak:

Potrebno je izvesti ispitivanja na terenu u cilju određivanja i uspostavljanja odgovarajućeg odnosa vode i cementa.



### Vezivanje i stvaranje čvrstoće

- Mešavine za ubrzavanje vezivanja ili posebna cementna veziva treba upotrebljavati u cilju ispunjavanja zahteva za vezivanje i razvoj čvrstoće mlaznog betona koji se na licu mesta nanosi.
- U cilju utvrđivanja odgovarajuće doze mešavine za ubrzavanje vezivanja potrebno je izvršiti ispitivanja prikladnosti.
- Čvrstoća na pritisak mlaznog betona koji se nanosi na licu mesta (merena na tunelskoj oblozi ili probnim panelima u tunelu) treba progresivno da se razvija do konačne čvrstoće, u skladu sa minimalnim zahtevima koji su navedeni u daljem tekstu. Ispitivanja jednoosne pritisne čvrstoće treba izvršiti u skladu sa odredbama koje su navedene u poglavlju 2.8.5.2.6.
- Razvoj čvrstoće, usled ispitivanja prikladnosti, mora da premaši navedenu čvrstoću merenu na licu mesta za faktor  $1/0,85 (=1,18)$ .
- Čvrstoća mlaznog betona starosti 28 dana treba da iznosi najmanje  $25 \text{ N/mm}^2$ . Razvoj čvrstoće mlaznog betona treba da ispunjava sledeće zahteve:
  - $0,1 - 0,2 \text{ MPa}$  nakon 2 minuta (ne više od  $0,2 \text{ MPa}$ )
  - $0,2 - 0,5 \text{ MPa}$  nakon 6 minuta
  - oko  $1,0 \text{ MPa}$  nakon 1 časa
  - oko  $2,0 \text{ MPa}$  nakon 2 časa
  - $2,0 - 5,0 \text{ MPa}$  nakon 6 časova.
- Kod tunela koji se nalaze ispod objekata ili niskog nadsloja, razvoj čvrstoće mladog mlaznog betona treba da dosegne  $12 \text{ N/mm}^2$  nakon 24 časa.

#### 2.8.5.2.4 Doziranje, mešanje i prevoz

Automešalice koje se koriste za prevoz mlaznog betona u tunel moraju da bude opremljene atestiranim filterima za izduvne gasove.

#### Suvi postupak pripreme mlaznog betona

- Potrebno je izvršiti doziranje cementa i agregata u određenim i projektovanim razmerama. Merenje je potrebno izvršiti prema težini. U toku doziranja, svi agregati treba da budu isušeni ili dovoljno ocedeni tako da se dobije stabilan sadržaj vlage, koji neće preći 7 %.

- Mešanje cementa i agregata treba izvršiti mašinskim putem pomoću mešalice. Upotreba mlaznog betona se ne preporučuje ukoliko njegovo nanošenje nije moguće izvršiti u periodu od 90 minuta od trenutka mešanja. Vremenski razmak treba da bude što je moguće kraći, naročito za vreme godišnjih doba sa visokim temperaturama vazduha i velikom količinom vlažnosti.
  - Period mešanja ne sme da bude kraći od 3 minuta.
  - Potrebno je uvesti sistem dostavnica, kako bi bilo moguće zabeležiti datum, vreme mešanja, broj projekta mešavine, količinu, mesto isporuke, vreme isporuke i završetak ugradnje. Dostavnice moraju da budu na raspolaganju NADZORU koji ih odobrava.
  - Kod izvođenja suvog postupka, suvoj mešavini se dodaje tečna mešavina za ubrzanje vezivanja ili mešavina u prahu. Ukoliko se radi o mešavini u prahu za ubrzanje vezivanja, potrebno je odmeriti određenu količinu a zatim je dodati neposredno pre ulaska suve mešavine, putem uređaja – dispenzera, u mašinu za pripremu mlaznog betona. Tečna mešavina za ubrzavanje vezivanja se dovodi posebnom pumpom za doziranje i dodaje se suvoj mešavini na ili neposredno pored mlaznice. Pumpu za doziranje i creva mlaznice neophodno je stalno održavati u ispravnom stanju.
  - U hladnim vremenskim periodima potrebno je održavati svojstva vezivanja mlaznog betona, i to zagrevanjem vode ili agregata ili oba, u zavisnosti od temperature. Primenjuju se relevantni standardi.
  - U toplim vremenskim periodima, sadržaj vode u agregatima za suvi postupak pripreme mlaznog betona potrebno je održavati iznad 4 %, kako bi se izbegao gubitak cementa na rotoru mašine za pripremu mlaznog betona.
- #### Mokri postupak pripreme mlaznog betona
- Takođe videti Odeljak - Rad sa cementnim betonom - POSEBNI TEHNIČKI USLOVI.
  - Za mokri postupak pripreme mlaznog betona primenjuju se samo tečne vrste mešavina za ubrzanje vezivanja;

navedene mešavine se dodaju na ili pored mlaznice. Isporuka sa pumpe aditiva za ubrzanje vezivanja mora da bude kontrolisana i mora da bude proporcionalna isporuci na pumpi za beton. Mlaznica mora da bude takva da omogućava pripremu homogene mešavine aditiva za ubrzanje vezivanja sa mokrom mešavinom.

### Posebno cementno vezivo

U osnovi, postoje dve mogućnosti za nanošenje mlaznog betona sa posebnim cementnim vezivom:

- Primenom suvih agregata sa sadržajem vode manjim od 0,8%; agregati mogu da budu pomešani sa cementnim vezivom neposredno pre nanošenja.
- Primenom vlažnih agregata sa sadržajem vode manjim od 4 %; agregate i cementno vezivo je potrebno pomešati neposredno pre nanošenja.

#### 2.8.5.2.5 Nanošenje mlaznog betona

- Površine stena ili površine na koje je prethodno nanosen mlazni beton, a na koje će se mlazni beton ponovo nanositi moraju da budu dobro očišćene od rastresitog materijala, kamenja i drugih nečistoća. Čišćenje je potrebno izvršiti primenom kompresovanog vazduha ili mlazom vode, ukoliko stena nije osetljiva na vodu.
- Optimalna udaljenost između mlaznice i površine za nanošenje treba da iznosi od 1,0 do 1,3 metra. Mlaznica treba da bude postavljena pod pravim uglom na površinu na koju se nanosi mlaznog betona. Najmanje dve mlaznice je potrebno upotreba bude za normalno napredovanje tunela.
- Maksimalna debljina mlaznog betona koji se odjednom nanosi ne sme da bude veća od 15 cm. Ukoliko je potrebno povećati debljinu, sledeći sloj/slojeve ne treba nanositi sve dok prethodno nanoseni sloj ne razvije dovoljnu čvrstoću kako bi mogao da izdrži sledeće slojeve. Nanošenje dodatnih slojeva treba da se završi u roku od tri dana.
- Čelična rebra, krovne zatege, armaturne mreže i ostalu armaturu treba postaviti u mlazni beton, kako je prikazano na crtežima. Armaturne mreže i armaturne šipke moraju da budu sa stenske strane prekrivene minimalno slojem 2 cm mlaznog betona ili kako je prikazano na crtežima.
- Ukoliko se upotrebljava više od jednog sloja armature, drugi sloj ne sme da bude pozicioniran pre nego što je prvi sloj postavljen i mlaznim betonom.
- Ukoliko se mlazni beton nanosi na zdravu stenu, treba da sledi površinu stene uz zaokruživanje zaseka i uglova. Na delovima zdrave stene debljina mlaznog betona može da bude smanjenja na dve trećine predviđene debljine. To se primenjuje samo za tip ponašanja BT 1 (gledaj Priručnik za projektovanje puteva u republici srbiji 11.2 Zemljani radovi, tabela 11.2.4 Kategorije tipova ponašanja stenskih masa).
- Otpadni mlazni beton treba ukloniti odmah po završetku nanošenja. Otpadni mlazni beton treba ukloniti naročito na horizontalnim spojevima mlaznog betona zbog prekida u sledu izvođenja radova kao i na svim spojevima, ukoliko je neophodno, pomoću pneumatskih čekića, pre sledećeg nanošenja mlaznog betona.
- Otpadni mlazni beton se ne sme ni pod kojim uslovima biti ponovo upotrebljen. Otpadni beton treba redovno čistiti sa konstrukcije.
- Negovanje: potrebno, gde je neophodno.
- Mere za postizanje ukupne debljine mlaznog betona utvrđuje IZVOĐAČ, a odobrava NADZOR. Navedene mere mogu da obuhvataju vizuelne znakove koji se postavljaju pre nanošenja mlaznog betona ili rupe koje se buše po završetku nanošenja mlaznog betona.
- Priprema površine za nanošenje hidroizolacione membrane: nanos mlaznog betona finije granulacije treba da se primenjuje u cilju pripreme površine i zaštite hidroizolacione membrane, u skladu sa odeljkom 2.8.7.
- Kako bi se izbeglo prekomerno opterećenje obloge od mlaznog betona, naročito u stišljivoj stenskoj masi, deformacione otvore je potrebno postaviti u oblogu od mlaznog betona. Širina otvora uglavnom iznosi 20 do 40 cm, s tim da moraju da bude obloženi radijalno. Stvarni položaj otvora zavisi od geotehničkih uslova.

## 2.8.5.2.6 Ispitivanje mlaznog betona

- Testove ispitivanja prikladnosti i kontrole kvaliteta mlaznog betona treba izvesti u skladu sa austrijskim „Smernicama za mlazni beton“, ukoliko u ovom odeljku nije navedeno drugačije.
- Vrsta i broj ispitivanja prikladnosti za projekat mešavine navedeni su u tabeli 2.8.6.
- Vrsta, broj i učestalost ispitivanja neophodnih za kontrolu kvaliteta u toku izgradnje navedeni su u tabeli 2.8.7.

**Ispitivanje prikladnosti**

- Kompatibilnost mešavina za ubrzanje vezivanja i cementa treba laboratorijski ispitati proverom vremena potrebnog za vezivanje, kao i podatka da li se dodavanjem aditiva za ubrzanje vezivanja uzrokuje prekomerno smanjenje dugotrajne pritisne čvrstoće mlaznog betona.
- Ispitivanja na terenu treba izvršiti kako bi se utvrdilo vezivanje i razvoj čvrstoće, kao i kako bi se utvrdila odgovarajuća doza aditiva za ubrzanje vezivanja mlaznog betona.
- Za svaku vrstu aditiva za ubrzanje vezivanja, koja je prethodnim laboratorijskim ispitivanjima utvrđena kao prikladna, na probne panele potrebno je naneti probnu mešavinu (3 kom. 500x500x200 mm po probnoj mešavini). Navedenu mešavinu je potrebno negovati u skladu sa uslovima na gradilištu, i potrebno ju je ispitati. Kako je opisano, najmanje tri različite doze svake vrste aditiva za ubrzanje vezivanja treba ispitati. Opseg doza aditiva za ubrzanje vezivanja treba da se kreće od 2 % do 7 % težine cementa.
- Temperatura okoline za ispitivanje treba da bude u skladu sa stvarnim uslovima u tunelu.

**Ispitivanje svežeg mlaznog betona (početna klasa čvrstoće)**

*Proktorov test (merni opseg od 0 do 1,2 MPa)*

Razvoj čvrstoće do 1,2 N/mm<sup>2</sup> moguće je odrediti pomoću penetrometra, uz upotrebu klipa prečnika 3 mm, s tim da dubina penetracije treba da iznosi oko 15 mm.

Ispitivanje je potrebno izvršiti u skladu sa „Smernicom za mlazni beton“.

*Merni opseg 1 do 8 MPa*

Zavrtnji se zabijaju u beton, i određuje se dubina penetracije. Debljina penetracije je parametar koji se primenjuje za određivanje pritisne čvrstoće. Za pobijanje zavrtnja u beton upotrebljava se HILTI DX 450 L bušilica sa belim umecima. Ispitivanje je potrebno izvršiti u skladu sa austrijskim „Smernicama za mlazni beton“.

*Merni opseg 3 do 16 MPa*

Zavrtnji se zabijaju u beton, i određuje se dubina penetracije. Zatim se zavrtnji uklanjaju i izvodi se merenje sile izvlačenja. Odnos sile izvlačenja i dubine penetracije predstavlja parametar koji se upotrebljava za određivanje pritisne čvrstoće. Za pobijanje zavrtnja u beton upotrebljava se HILTI DX 450 L bušilica sa zelenim umecima. Sila izvlačenja se određuje pomoću uređaja za izvlačenje (npr. HILTI Tester 4). Ispitivanje je potrebno izvršiti u skladu sa austrijskim „Smernicama za mlazni beton“.

*Merni opseg 16 do 56 MPa*

HILTI zavrtnji, vrsta M6-8-52 D12 (ukupne dužine 60 mm) zabijaju se u beton, i određuje se dubina penetracije. Zatim se zavrtnji uklanjaju i izvodi se merenje sile izvlačenja. Odnos sile izvlačenja i dubine penetracije predstavlja parametar koji se upotrebljava za određivanje čvrstoće na pritisak. Bušilica HILTI DX 450 L, postavljena u položaj 2, sa žutim umecima upotrebljava se za zabijanje zavrtnja u beton. Sila izvlačenja se određuje pomoću uređaja za izvlačenje (npr. HILTI ili ETIRIP). Ispitivanje je potrebno izvršiti u skladu sa austrijskim „Smernicama za mlazni beton“.

**Ispitivanje mlaznog betona**

Razvoj pritisne čvrstoće se ispituje lomljenjem cilindričnih uzoraka mlaznog betona, starosti 7 i 28 dana. Priprema uzoraka se vrši bušenjem jezgra iz probnih panela, koje je potrebno negovati u uslovima koji su slični uslovima u tunelu. Prečnik uzorka treba da iznosi 100 mm i treba da bude sečen u visini od 100 mm. Bušenje jezgra treba izvršiti najranije 48 časova nakon prskanja. Od ivica probnog panela potrebno je održavati minimalnu udaljenost od 100 mm.

Za svako starosno doba mlaznog betona koje je određeno za procenu pritisne čvrstoće treba ispitati pet jezgra. Prosečna vrednost pet rezultata dobijenih ispitivanjem treba da bude u skladu sa navedenim zahtevima koji se odnose na čvrstoću.

Propusnost mlaznog betona se ispituje u skladu sa austrijskim standardom ÖNORM B 3303. Dubina prodiranja vode ne sme da prelazi 35 mm. Ispituju se tri uzorka jezgra, prečnika 200 mm i visine 120 mm, pri starosti od 28 dana.

#### 2.8.5.2.7 Kontrola kvaliteta

U cilju obezbeđenja zahtevanog kvaliteta mlaznog betona u toku izgradnje, potrebno je ispitati granulaciju agregata, cement, aditive (npr. leteći pepeo), aditive za ubrzanje vezivanja, razvoj čvrstoće „mladog“ mlaznog betona i čvrstoće mlaznog betona pri starosti od 7 i 28 dana, kako je prikazano u tabeli 2.8.7.

#### Neispunjavanje zahteva za čvrstoću na pritisak

U ovom članu navedene su radnje koje je potrebno preduzeti ukoliko nisu ispunjeni zahtevi koji se odnose na čvrstoću, u skladu sa članom 2.8.5 ove specifikacije.

- Neuspešno ispitivanje izvlačenja starosti 24 časa ili ispitivanja jezgara starosti 3 dana:
  - treba obavestiti nadzor
  - hitno ispitivanje obloge tunela u području za koje postoji sumnja
  - hitno ispitivanje elemenata koji su upotrebljeni pri izradi, prevozu i nanošenju mlaznog betona
  - neprekidan nadzor
  - izvršiti pripreme za izvođenje daljih ispitivanja u trajanju od tri dana
  - što pre uzeti nove probne panele i sprovesti ispitivanje penetrometrom, ispitivanje izvlačenjem i ispitivanje čvrstoće na pritisak uzoraka jezgra, kao što je gore navedeno.
- Neuspešno ispitivanje jezgara starosti 7 dana :
  - treba obavestiti nadzor i projektanta
  - uspostaviti mernu deonicu
  - nadzor u skladu sa specifikacijom (odjeljak 10 ove specifikacije)
  - ako rezultati nadzora ukazuju na nestabilnost određene deonice, onda treba ojačati stensku podgradu
  - ukoliko je tumačenje merenja deformacije takvo da dodatni oslonci

nisu potrebni, naredna ispitivanja treba izvršiti pri starosti od 28 dana.

- Neuspešno ispitivanje jezgara starosti 28 dana :
  - treba obavestiti nadzor i projektanta
  - uzeti jezgra iz tunelske obloge
  - odrediti sumnjivo područje
  - izvesti ispitivanje jezgara i ako bude neuspešno:
    - pripremiti predlog za ojačanje određenog područja u saradnji sa projektantom
    - dostaviti nadzoru na odobrenje predloge pre početka sanacionih radova.

Ukoliko zahtevana čvrstoća mlaznog betona od 28 dana nije postignuta, NADZOR može da zahteva povećanje teorijske debljine mlaznog betona  $d_s$  za vrednost  $d_1$ , koja se izračunava primenom sledeće formule:

$$d_1 = \left[ \frac{F}{M} - 1 \right] d_s$$

F – zahtevana čvrstoća mlaznog betona od 28 dana u N/mm<sup>2</sup>

M – izmerena stvarna čvrstoća obloge od mlaznog betona u N/mm<sup>2</sup>

$d_1$  – dodatna debljina mlaznog betona koju je potrebno naneti u cm

$d_s$  – teorijska debljina obloge od mlaznog betona u cm

U nekim slučajevima NADZOR može da zahteva da se izvrši skidanje neodgovarajućeg mlaznog betona, kao i da se podgrada stene izvede ponovo u skladu sa određenom vrstom stenske mase.

Treba naglasiti da NADZOR može da zahteva preduzimanje dodatnih mera za postizanje čvrstoće, u bilo koje vreme, nakon neuspešnog ispitivanja jezgra starosti 3 dana.

IZVOĐAČ je odgovoran u slučaju gore opisanih neuspešnih ispitivanja čvrstoće na pritisak. Potrebno ojačavanje ili postavljanje armature u izvedenu podgradu stena zbog neuspešnih kontrolnih ispitivanja kvaliteta ne mere se za obračun i plaćanje.

### 2.8.5.3 Mikroarmiran mlazni beton ojačan čeličnim ili polimernim vlaknima

#### Opšte

Za izradu mikroarmiranog mlaznog cementnog betona mogu da se koriste čelična ili polimerna vlakna. Dodavanjem vlakana mikroarmiranom mlaznom cementnom betonu, u poređenju sa karakteristikama nearmiranog mlaznog cementnog betona, povećavaju se pre svega otpornost i uglobna čvrstoća.

#### Materijal

Oblik, dužina i prečnik vlakana varira od proizvođača do proizvođača. Mikroarmirani mlazni cementni beton sadrži najmanje 30 kg čeličnih vlakana po kubnom metru ( $m^3$ ) betona. Kada se koriste polipropilenska vlakna, mikroarmirani mlazni cementni beton mora da sadrži više od 0,8 kg vlakana po kubnom metru betona.

Da bi se postiglo neophodno slepljivanje vlakana i betona, zahtevana čvrstoća betona od 28 dana mora da iznosi najmanje  $25 N/mm^2$ .

#### Upotreba

Vlakna mogu da se dodaju mešavini mlaznog betona u betonjerki ili na licu mesta pre ugradnje. Ako je na raspolaganju odgovarajući uređaj za doziranje, uređaj za brizganje (mašina za brizganje) može kontrolisano da se puni vlaknima, ili se to vrši neposredno u mlaznicu.

Ako su vlakna slepljena, treba ih navlažiti da se razdvoje.

#### Ispitivanje

Uglobna čvrstoća koja se ispituje posle sedam dana ne sme da bude manja od 5 MPa. Treba izvesti tri probe savijanja u skladu sa SRPS EN 14488-3 sa opterećenjem u tri tačke na uzorcima mlaznog betona (gredama) dimenzija 100 mm x 100 mm x 400 mm raspona od 300 mm ili 150 mm x 150 mm x 600 mm raspona od 450 mm. Tačke delovanja opterećenja nalaze se na rastojanjima od 100 odnosno 150 mm. Ispitivanja veštački izazvanim deformacijama su izvedena savijanjem uzoraka (uz stepen savijanja 0,1 mm/min) pri čemu se istovremeno beleži odnos opterećenje/savijanje. Za ovu svrhu je najprimerenije bočno učvršćivanje fiksirano u osi uzorka. Probni uzorci se opterećuju sve

dok ugib grede ne dostigne 1/150 raspona (2 mm ili 3 mm). Prva pukotina u gredama raspona 300 mm može da se pojavi tek nakon postignutih 0,03 mm do 0,05 mm ugiba.

Na osnovu rezultata ispitivanja izračunava se ekvivalentna uglobna čvrstoća i uglobna otpornost u skladu sa SRPS EN 14488-3.

### 2.8.5.4 Armatura

#### 2.8.5.4.1 Armaturna mreža (zavarena čelična vlakna)

##### Materijal

- Armaturna mreža mora da bude u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko u ovom odeljku nije određeno drugačije.
- Armaturna mreža treba da bude izrađena od čelika kvaliteta MA 500/560; SRPS EN 10080.
- Upotrebljava se mreža 150 x 150 mm ili 100 x 100 mm, prečnika 5 – 6 mm, u zavisnosti od odobrenja NADZORA.

##### Postavljanje

- Armaturnu mrežu treba postaviti tako da što više sledi nepravilnosti površine iskopavanja ili prethodno postavljenih slojeva mlaznog betona. Armaturne mreže treba da budu čvrsto postavljene radi sprečavanja pojave vibracija i promene položaja u toku nanošenja mlaznog betona. Armaturnu mrežu treba postaviti na najvećoj mogućoj dužini. Preklapanje armaturnih mreža koje se postavljaju u oblogu od mlaznog betona treba da iznosi minimalno dva polja (okca) u pravcu obima i jedno polje (okce) u pravcu dužine iskopavanja.
- Armaturnu mrežu treba postaviti tako da obezbedi prekrivenost sa slojem betona minimalne debljine 3,0 cm.

#### 2.8.5.4.2 Armaturne šipke

Za izradu osiguranja tunela neophodne su armaturne šipke kao dodatne armature u područjima sa jačim naponima, kao što su portali, spojevi tunela sa poprečnim prolazima za pešake u zavisnosti od uslova terena i kao što je prikazano na crtežima u projektu.

**Materijal**

- Armaturne šipke treba da budu u skladu sa odredbama odeljka POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko u ovom odeljku nije drugačije određeno.
- Armaturne šipke moraju da budu izrađene od čelika RA 400/500.

**Postavljanje**

- Armaturne šipke moraju da budu dobro postavljene na prethodno nanoseni sloj mlaznog betona ili na armaturnu mrežu.
- Preklope treba izvesti u skladu sa relevantnim crtežima.

**2.8.5.5 Čelični lukovi****2.8.5.5.1 Opšte**

- Ovaj deo odeljka 2.8.4 odnosi se na nabavku i postavljanje čeličnih lukova koji su neophodni i upotrebljavaju se kao osiguranje podzemnih iskopavanja. Čelični lukovi moraju da budu efikasni kao osnovno osiguranje odmah nakon izvođenja iskopavanja, a naknadno treba poslužiti kao armaturni element betonske obloge.
- Čelični lukovi moraju da budu proizvedeni tako da ispunjavaju geometrijske zahteve koji se odnose geometriju iskopavanja u svakoj klasi stenske mase, uključujući relevantna odstupanja.

**Dokumentacija koju je potrebno dostaviti**

- U skladu sa poglavljem 2.8.5.1.2. ove specifikacije.
- Radionički crteži.
- Pre početka izvođenja radova treba dostaviti sledeće:
  - potpune radne detalje za čelične lukove,
  - postupke postavljanja i situaciju,
  - detalje o spojevima, povezivanju lukova, podmetačima, geometriji, itd.
  - sertifikate o usklađenosti materijala.

**Vrste čeličnih lukova***Lukovi H – profila*

Lukovi H – profila treba da se sastoje od HEB ili GI toplo valjanih profila prema dimenzijama

koje su predstavljene na crtežima podgrade tunela.

*Lukovi TH – profila i lukovi E – profila*

TH - profili i E – profili koji proizlaze iz rudarstva su toplo valjani profili, čiji je poprečni presek u obliku zvona. Povezivanje sekcija lukova izvodi se preklapanjem profila koji se uklapaju jedan u drugi i koji su povezani stegama. Ova vrsta povezivanja dozvoljava veće deformacije usled trenja na spojevima stega.

TH-profile i E-profile treba primenjivati ukoliko su uslovi terena takvi da se mogu očekivati veće deformacije.

*Rešetkasti nosači*

Rešetkasti nosači su trodimenzionalni, laki čelični ramovi proizvedeni od okruglih čeličnih šipki, u skladu sa zahtevanom geometrijom iskopavanja tunela.

Ako se proizvodnja vrši na gradilištu, IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi detaljan opis izvođenja radova.

**Materijali**

- Toplo valjani profili (H, TH i E profili) treba da budu izrađeni od konstruktivnog čelika minimalne čvrstoće na rastezanje 240 N/mm<sup>2</sup>.
- Rešetkasti nosači treba da budu proizvedeni od armaturnih šipki minimalne čvrstoće na rastezanje 400 N/mm<sup>2</sup>.

**Proizvodnja čeličnih lukova***Geometrija*

Čelični lukovi treba da budu proizvedeni tako da ispunjavaju geometrijske zahteve svake od klasa osiguranja koje zahtevaju njihovu upotrebu u skladu sa crtežima iz projekta.

**Zavarivanje**

- Primenjuje se ručno elektrolučno zavarivanje. Proizvođač je obavezan da obezbedi da kapacitet postrojenja za zavarivanje i pomoćne opreme bude odgovarajući za izvođenje postupka zavarivanja, kao i za održavanje postrojenja za zavarivanje i pomoćne opreme u ispravnom stanju.

- Upotrebljavaju se elektrode sa plaštom u skladu sa nemačkim standardom DIN 1913. Izbor elektroda se vrši u skladu sa određenom primenom (položaj zavarivanja, projekat spoja). Elektrode treba držati u njihovim originalnim kutijama, na suvom, po mogućnosti u prostoriji koja se zagreva i zaštićena je od vremenskih uticaja i koja je u skladu sa specifikacijom proizvođača.
- Površine koje se zavaruju moraju da budu suve. Varena mesta, kao i okolne površine moraju da bude čiste, na njima ne sme da bude vlage, ulja, boje ili drugih supstanci koje mogu da utiču na kvalitet vara. Posle svake serije zavarivanja metala treba ukloniti zguru. Za svaki pojedinačni slučaj treba odrediti najpovoljniji položaj za zavarivanje.
- Za sečenje čeličnih profila primenjuje se ručno autogeno sečenje. Testerisanje je takođe dozvoljeno.
- Dalju pripremu površina spoja i spojnih površina treba izvršiti brušenjem.
- Delove koje treba da se zavare treba postaviti tako da spojevi budu lako vidljivi i lako dostupni variocu.
- U cilju izvođenja vizuelnog pregleda treba sa svih varova ukloniti zguru.
- Nadzor nad zavarivanjem treba da izvodi odgovarajuće obučena osoba, koja treba da ima određeno iskustvo u proizvodnji. Nadzor nad zavarivanjem odgovoran je za sledeće dužnosti:
  - angažovanje varilaca ili kvalifikovanih radnika i nadzor nad njihovim radom,
  - izbor, upotrebu i skladištenje odgovarajućih metala za zavarivanje i pomoćnog materijala,
  - izbor i upotrebu odgovarajućeg aparata za varenje, postrojenja za varenje i pribora,
  - vizuelne provere i provere dimenzija varova, kao što je opisano u 12. alineji.
- Varioci su obavezni da polože prijemni ispit.
- Pre početka procesa zavarivanja, svaki varioc je obavezan da u uslovima redovnog postupka proizvodnje izvede tri probna zavarivanja. Pregled navedenih spojeva izvodi NADZOR.

- Rutinski pregled zavarenih spojeva izvodi NADZOR pregledom na licu mesta najmanje 10 procenata zavarenih spojeva u skladu sa 12. alineom.
- Ispitivanje za prijem vara i rutinsku inspekciju treba izvršiti u skladu sa kriterijumima navedenim u tabeli. Vidljivi nedostaci koji premašuju granice predstavljene u tabeli moraju da budu otklonjeni i zamenjeni na odgovarajući način.

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| varovi neodgovarajuće veličine  | 0,1 "a" dozvoljeno (10 %)                            |
| zasek                           | dozvoljeni do određene granice                       |
| vidljive pore                   | 10% po površini                                      |
| vidljivi ostaci zgure           | dozvoljeni do određene granice, ali ne neprekidno    |
| krateri                         | dozvoljena manja ulegnuća                            |
| nedostatak fuzije               | dozvoljen, ali ne na velikim površinama i neprekidno |
| pukotine                        | dozvoljene su pojedinačne manje lokalne pukotine     |
| prekomerna asimetričnost varova | bočni odnos < 1:0,6                                  |

### Postavljanje

- Čelične lukove treba postaviti u skladu sa kotama prikazanim na crtežima. Tačne kote iskopavanja određuje IZVOĐAČ u skladu sa svojom opremom i načinom izvođenja radova, naravno uz saglasnost NADZORA.
- Drveni pragovi od tvrdog drveta i klinovi se upotrebljavaju za postavljanje čeličnih lukova na određene kote. Za povezivanje luka sa susednim lukom, kao i za njegovo čvrsto postavljanje na mesto, upotrebljavaju se vezni elementi.
- Čelični lukovi moraju da budu okruženi mlaznim betonom da bi se ostvarila veza između stene i čeličnog luka preko čvrste ispune od mlaznog betona u sloju debljine najmanje 20 mm.
- Čelične lukove treba postaviti uspravno na osovinu tunela.

- Spojevi lukova moraju da budu takvi da može da se održi statička efikasnost poprečnog preseka.
- U slučaju TH - profila, otvor treba da bude okrenut prema tunelu da bi se omogućio prenos opterećenja i izbegla pojava šupljina iza čeličnog profila. Kontakt između terena i čelika treba ostvariti u skladu sa trećom povlakom.

### 2.8.5.6 Čelična koplja

Potporna koplja predstavljaju element probojne podgrade, koji je neophodan za izvođenje radova pri iskopavanju. Potporna koplja se primenjuju i za stenske mase i za tla kod kojih postoji tendencija pojave viška iskopavanja, obrušavanja ili odronjavanja materijala po završetku iskopavanja. Potporna koplja mogu da se izvedu lokalno ili sistematično, u zavisnosti od okolnosti, a u vezi sa bezbednošću na radu i sprečavanjem nadprofilnog iskopavanja, što je povezano sa postavljanjem čeličnih lukova. Dužina čeličnih cevi ili šipki treba da bude najmanje 1 m duža od predviđene dužine koraka iskopavanja.

#### 2.8.5.6.1 Koplja - injektirane čelične cevi

##### Materijal

Potporna koplja predstavljaju element probojne podgrade, koji je neophodan za izvođenje radova pri iskopavanju. Potporna koplja se primenjuju i za stenske mase i za tla kod kojih postoji tendencija pojave viška iskopavanja, obrušavanja ili odronjavanja materijala po završetku iskopa. Potporna koplja mogu da se izvedu lokalno ili sistematično, u zavisnosti od okolnosti, a u vezi sa bezbednošću na radu i sprečavanjem nadprofilnog iskopavanja, što je povezano sa postavljanjem čeličnih lukova. Dužina čeličnih cevi ili šipki treba da bude najmanje 1 m duža od predviđene dužine koraka iskopavanja.

Malter za zalivanje treba da bude u skladu sa poglavljem 2.8.4.6 ovih specifikacija.

##### Instalacija

- Podgrađivanje treba izvesti u skladu sa crtežima ili u skladu sa uputstvima NADZORA.
- Zalivanje cevi se izvodi kroz mlaznicu, odmah po završetku bušenja.
- Podgrada treba da ima odgovarajuće osiguranje od čeličnih lukova i mlaznog

betona, koje se postavlja iznad čeličnih lukova. Stoga, punjenje praznine između luka i stene u delovima podgrade treba izvesti po završetku postavljanja podgrade.

- Razmak između uzastopnih cevi za podupiranje ili šipki oko krune profila iskopa mora da bude u skladu sa razmakom koji je predstavljen na crtežima, ali mora da bude prilagođen prevladavajućim geološkim uslovima radnog čela tunela.

#### 2.8.5.6.2 Koplja od RA šipova

##### Materijal

Koplja od RA-a su čelične šipke, minimalne klase čelika St 37-3U (SRPS EN 10080) i minimalnog prečnika 26 mm. Koplja se postavljaju u malter u skladu sa poglavljem 2.8.5.6.

##### Postavljanje

- Podgrađivanje treba izvesti u skladu sa crtežima ili u skladu sa uputstvima NADZORA.
- U zabušene rupe potrebno je postaviti malter, od dna do vrha.
- Postavljanje koplja se vrši u zabušene rupe od površine pobijanja prema neiskopanom terenu.
- Podgrada treba da ima odgovarajući osiguranje od čeličnih lukova i mlaznog betona koje se postavlja iznad čeličnih lukova. Stoga, punjenje praznine između luka i stene u području koplja treba izvesti po završetku postavljanja koplja.
- Razmak između uzastopnih cevi za podupiranje ili šipki oko krune profila iskopavanja mora da bude u skladu sa razmakom koji je predstavljen na crtežima, ali mora da bude prilagođen prevladavajućim geološkim uslovima radnog čela tunela.

#### 2.8.5.6.3 Čelične talpe

Talpe treba upotrebljavati uglavnom na lošem, nekohezivnom terenu, radi sprečavanja obrušavanja materijala u toku i neposredno nakon iskopavanja. Upotreba talpi zahteva postavljanje čeličnih lukova.

##### Materijali



- Upotrebljavaju se čelične talpe debljine od 4 do 6 mm.
- Dužina se određuje u skladu sa dužinom iskopavanja i zahtevima koji se odnose na osiguranje iza radnog čela.
- Dužina čelične talpe iznosi od 1,5 do 2,0 m.
- Širina lima treba da iznosi između 180 mm i 225 mm.

### Postavljanje

- Postavljanje talpi se izvodi u skladu sa dužinama prikazanim na crtežima. Talpe treba pobiti u teren ispred iskopavanja određene kampade do dubine koja prelazi minimalnu dužinu od 0,8 metara iza radnog čela.
- Šupljine i otvore iza talpi treba ispuniti mlaznim betonom ili masom za injektiranje od cementnog maltera.

## 2.8.5.7 Sidra

### 2.8.5.7.1 Opšte

- Ovdje navedene odredbe primjenjuju se za sva sidra koja su postavljena lokalno ili sistemski na tavanicu, bočne zidove i podnožni svod tunela. Sidra predstavljaju deo primarne podgrade, čija je svrha da aktivira spregnutost okolne stene i mlaznog betona, doprinoseći na taj način nosivosti primarne tunelske obloge. Sidra koja su povremeno potrebna kao osiguranje radnog čela tunela takođe su obuhvaćena ovim odredbama.
- Postavljanje sidara treba izvršiti prema dužinama i rasporedu za postavljanje sidara, koji su predstavljeni na crtežima za svaki relevantni standardni sistem osiguranja, ukoliko predstavnicima IZVOĐAČA i NADZORA ne odrede drugačije prema klasifikaciji postojeće stenske mase.

### Definicije

- SN-sidra se izrađuju od rebraste armature. Cementnim malterom se vezuju za okolnu stenu. Pre postavljanja sidra vrši se zalivanje bušotine cementnim malterom. Skraćenica SN označava rudnik "Store Norfors" u kome su ova sidra prvi put primjenjena.
- PG - sidra (naknadno zalivena cementnim malterom – ili injekciona sidra) izrađena su od rebraste armature sa crevom za

utiskivanje mase za injektiranje. Zalivanje cementnim malterom se vrši kroz crevo nakon postavljanja sidra.

- IBO-sidra (injekciona samobušeća sidra) predstavljaju kombinovan sistem sidra i šipke za bušenje. Za vrijeme bušenja, sidro se upotrebljava kao šipka za bušenje fiksiranim dletom. Šipka i dleto ostaju u bušotini kao sidro, a u otvor se zatim kroz crevo utiskuje masa za injektiranje. Ako dođe do urušavanja bušotine, ovakav sistem omogućava postavljanje štapnih sidara.
- Swellex sidra (trenjem fiksirana štapna sidra) su mašinskim putem oblikovane čelične cevi. Pod dejstvom visokog pritiska vode koja se pri ugrađivanju upumpava, deformisani oblik cevi ekspanduje i naliježe na neravne zidove duž bušotine.

### Materijali

#### SN-sidra i PG-sidra

- Minimalni prečnik sidara iznosi 28 mm za vrstu čelika RA 400/500; B 500 A.
- Kritično opterećenje se odnosi i na maticu, sidrenu ploču i spojnicu, ukoliko postoji.
- Sidra treba da budu izrađena od rebraste armature (rebrasta šipka). Čelična rebra na čeličnoj šipki treba da imaju određenu rebrastu površinu ( $f_R$ ), u skladu sa DIN 488 Dio 3, između 0,02 i 0,03. Najčešće se primenjuju prečnici od 24 mm, a gore navedeni uslovi odnose se na udaljenost rebara od oko 25 mm do 50 mm, u zavisnosti od visine i nagiba rebra. Uzdužna rebra treba izbegavati. Sidra odobrava NADZOR.
- Na jedan kraj šipke treba postaviti odgovarajuću maticu na koju se postavlja sidrena ploča i maticu za fiksiranje.
- Radi osiguranje za sve vrste sidara treba upotrebljavati sidrene ploče, veličine 150 x 150 mm i debljine 8 mm, ukoliko PROJEKTANT ne odredi drugačije, a NADZOR se sa tim saglasi. Oblik sidra treba da omogućava ujednačeno naleganje, čak i ukoliko sidro nije postavljen potpuno uspravno na donju površinu.

- Podloške i matice treba da omoguće bezbedan prenos sidrene sile na sidrenu ploču.

#### *IBO-sidra (samobušeća sidra)*

- IBO-sidra treba da imaju minimalno kritično opterećenje od 250 kN.
- Kritično opterećenje se odnosi i na maticu, sidrno ploču i spojnicu.
- Čelične šipke treba da imaju talasastu površinu.

#### *Swellex i Super Swellex sidra*

- Super Swellex sidra za sistematske rasporede sidara treba da imaju minimalno kritično opterećenje od 200 kN.
- Za lokalno sidrenje i za sidrenje u fazama gradnje mogu da se upotrebe sidra sa kritičnim opterećenjem od 110 kN ("Standard" Swellex).
- Sidrene ploče se upotrebljavaju za prenos sidrene sile preko glave sidra na mlazni beton, čelični luk ili površinu stene.
- Za ubrizgavanje vode u sidra upotrebljava se oprema koja je preporučena od strane proizvođača sidara.

#### **Spojnice za sidra**

Spojnice treba da budu izrađene od istog materijala kao sidra ili čak od materijala boljeg kvaliteta. Prečnik spojnice treba da omogući zalivanje čitave dužine sidra od najdublje tačke bušotine.

#### **Zalivanje cementnim malterom**

- Injekcioni cement malter treba da se sastoji od peska, cementa i vode ili čistog cementa i vode.
- Upotrebljava se obični Portland cement.
- Pesak koji se upotrebljava za zalivanje mora da bude čist, mineralni pesak, ujednačenog kvaliteta i mora da potiče iz odobrenog izvora. Ovaj materijal mora da bude odobren od strane NADZORA.
- Voda mora da bude čista bez primesa ulja, kiseline, baza, organskih i drugih štetnih supstanci.

- Moguća je primena aditiva za poboljšanje ugradljivosti.

- Injekciona smesa od cementnog maltera mora da bude mešana mašinskim putem radi stvaranja ujednačene konzistencije.

- Obavezno treba dodati aditive za ekspanziju.

#### **Izvođenje**

##### *SN-Sidra*

- Bušotine za sva sidra treba izbušiti do dubina koje zahtijevaju dužine sidara, koja su određena kao osiguranje odgovarajućih vrsta stenske mase. Prečnici bušotina treba da obezbede najbolju ugradivost prilikom zalivanja, spajanja i postavljanja. Minimalni prečnik bušotina treba da bude za 10 mm veći od prečnika postavljenih sidara/spojnica.
- Bušotine treba očistiti od taloga bušenja, mulja i otpadaka. Postavljanje sidara treba da izvršiti u roku od 3 sata nakon bušenja i pripreme bušotine.
- Pre postavljanja sidra čitavu bušotinu treba ispuniti cementnim malterom. Ispunjavanje se izvodi tako što se crevo za utiskivanje injekcione mase uvlači do kraja dubine bušotine, a zatim se izvlači uz istovremeno utiskivanje maltera.
- Mlaznicu treba držati u cementnom malteru dok se vrši izvlačenje cevi, tako da se za vreme ispunjavanja otvora vrši istiskivanje vazduha. Sidro se zatim postavlja u bušotinu.
- Maticu zalivenog sidra treba stegnuti najkasnije 2 radna koraka iza radnog čela ili 12 časova nakon postavljanja da bi se na sidreni ploči postigla sila od oko 20 kN. Navedena sila se dostiže kalibrisanim moment ključem.
- U slučaju ograničenog radnog prostora i/ili dugih sidara dozvoljeno je sastavljanje. Broj sastavljenih delova treba da bude minimalan. Međutim, nosivost spojenih sidara ne sme da bude manja od nosivosti standardnog integralnog sidra. Posebnu pažnju treba obratiti na postupak zalivanja cementnim malterom da bi se postiglo potpuno naleganje sidra pri zalivanju cementnim malterom.

##### *PG – sidra*

- U slučaju primene spojenih sidara ili delimično obrušenih bušotina, zalivanje cementnim malterom može da se izvrši nakon postavljanja sidra. Zalivanje bušotine se zatim izvodi pomoću posebnog priključka kojim se izvodi zalivanje bušotine u toku utiskivanja cementnog maltera. Vazduh iz otvora se izvodi pomoću cevi, koja se postavlja na ugrađeno sidro, čitavom dužinom. Zatim se izvodi pumpanje cementnog maltera, tako da može da se vidi kako se otvor ispunjava. Otvor je pun kada cementni malter počne da izlazi na kraju cevi.
- Isto kao kod SN sidara izuzev 3.povlake

#### *IBO- sidra*

- IBO-sidra se primenjuju kada su uslovi terena takvi da nije moguće izvršiti efikasno postavljanje ostalih vrsta štapnih sidara.
- IBO-sidra se postavljaju bušenjem šipke u tlo, s tim da se ubušena šipka ne izvlači.
- IBO-sidra se zalivaju pomoću creva za utiskivanje injekcione mase i to odmah po završetku bušenja.
- IZVOĐAČ, u skladu sa određenim uslovima terena i uz saglasnost NADZORA određuje mešavinu cementnog maltera, kao i pritisak i količinu istog.

#### *Swellex sidra*

- Bušotine za postavljanje sidara treba izbušiti do potrebne dubine. Bušotine treba očistiti od taloga bušenja, mulja i ostale prljavštine.
- Postavljanje sidara treba izvršiti najkasnije dva sata nakon bušenja bušotine.
- Postavljanje sidara i ubrizgavanje vode treba izvršiti u skladu sa preporukama proizvođača. Ubrizgavanje vode treba izvršiti pomoću posebne pumpe za ubrizgavanje vode. Po završetku ubrizgavanja sidra je potrebno osušiti.

### **Ispitivanje**

#### *Cementni malter*

- Pre izvođenja ispitivanja prihvatljivosti sidara treba sprovesti ispitivanja raspoloživog cementa i pijeska da bi se

utvrdio odgovarajući projekat mešavine radi postizanja potrebne čvrstoće i odgovarajuće ugradljivosti u odnosu na opremu koja se upotrebljava za zalivanje.

- Radi poboljšanja ugradljivosti dozvoljena je upotreba aditiva. Uticaj aditiva na razvoj čvrstoće treba utvrditi na osnovu ispitivanja koja su opisana ovim članom.
- Ispitivanje cementnog maltera treba izvršiti pomoću kocki 5x5x5 cm. Negovanje kocki se izvodi u vodi.
- Za svako ispitivanje čvrstoće na pritisak treba pripremiti pet kocki. Rezultanta čvrstoće predstavlja prosek koji je utvrđen na osnovu tri preostale vrednosti, nakon eliminisanja najviše i najniže vrednosti.
- Uzorke kocki u toku izgradnje treba uzimati nedeljno. Uzorci se uzimaju na mlaznici creva za zalivanje i to na svakom petom postavljenom sidru.
- Zahtevana čvrstoća na pritisak cementnog maltera:
  - posle 24 časa 8 N/mm<sup>2</sup>
  - posle 28 dana 20 N/mm<sup>2</sup>
  - w/c = 0,25 – 0,30 čist cement
  - w/c = 0,50 – 0,60 mešavina cementa i peska (0-5 mm)

#### *Ispitivanje sidara čupanjem*

Ispitivanje snage kidanja se izvodi na osnovu ISRM Dok.2, Deo 1 "Predložene metode ispitivanja sidara".

- Dokazivanje upotrebljivosti  
Pre početka ispitivanja NADZOR treba da odobri detaljan program ispitivanja, koji je utvrđen na osnovu gore navedenog dokumenta.

Odstupanja od ISRM predloženog metoda mora da odobri NADZOR.

Izveštaj o ispitivanju treba objaviti odmah po završetku ispitivanja. Izveštaj treba dostaviti NADZORU.

Informacije za svaku vrstu sidra treba da obuhvataju:

- vrstu sidra opremu za ispitivanje, lokaciju i zapisnike o postavljanju,
- primenjena probna opterećenja i zapisnike o deformacijama,
- procenu rezultata dobijenih ispitivanjem, u skladu sa dokumentom ISRM,

- tumačenje i predložene aktivnosti u slučaju neuspešnog ispitivanja snage čupanja.

Dokazivanje upotrebljivosti treba sprovesti za sve vrste sidara koje su predviđene za upotrebu na ovom projektu, i to pre početka izgradnje tunela da bi se dokazao uticaj i kapacitet sidara na terenu.

Ispitivanja treba izvršiti pri uslovima koji su geološki slični terenu sa kojim će se IZVOĐAČ susresti prilikom probijanja tunela. NADZOR određuje lokaciju sidara čije će se ispitivanje vršiti.

Treba izvršiti ispitivanje najmanje pet sidara od svake vrste. U zavisnosti od postupka ispitivanja i rezultata dobijenih ispitivanjem, NADZOR može da zahteva dalje ispitivanje sidara.

Treba obezbediti odgovarajuću opremu za ispitivanje, u skladu sa gore navedenim ISRM dokumentom. Navedena oprema služi za registrovanje istezanja sidra, pomeranja sidra i sila zatezanja.

Maksimalno opterećenje koje se primenjuje iznosi 250 kN ili ako je drugačije odobreno.

- Ispitivanje u toku iskopa tunela NADZOR treba da izabere sidra za ispitivanje njihove proizvodnje. Od svake vrste sidara NADZOR treba da izabere pet komada od prvih 100 koji su ugrađeni u tunel. Od preostalih sidara treba na svakih 200 komada da izabere pet koji će se upotrebiti za ispitivanja. Sila koja se primenjuje u toku ispitivanja treba da iznosi najmanje 80% od kritičnog opterećenja sidra.

Sidra sa negativnim rezultatima ispitivanja ili iščupane sidra treba zamijeniti.

U slučaju negativnih rezultata ispitivanja, NADZOR može da zahteva ispitivanje ostalih sidara koja se nalaze u blizini neodgovarajućeg.

Ostalo je isto kao kod dokazivanja upotrebljivosti.

#### *Zapisnici o postavljanju*

IZVOĐAČ je obavezan da vodi zapisnike o detaljima postavljanja sidara tokom pobijanja, kao što je konzistencija cementnog maltera, dubina bušenja, dužina i vrsta sidara,

odstupanja od teorijskog položaja, vrsta i vreme zalivanja cementnim malterom, vreme zatezanja, posebna osmatranja, itd. IZVOĐAČ je obavezan da navedene zapisnike vodi za svaku seriju postavljana sidara, a osoblje NADZORA treba da potpiše iste. Kopije zapisnika dostavljaju se NADZORU.

#### **2.8.5.8 LSC - popuštajući elementi podgrade)**

##### **Opšte**

Da bi izdržala velike deformacije koje se javljaju u toku iskopavanja tunela u stenama sa nepovoljnim karakteristikama tunelska obloga se deli na segmente pomoću uzdužnih razmaka. Radi boljeg iskorišćenja nosivosti obloge u deformacione otvore se u kružnom smeru postavljaju stišljivi elementi izrađeni od mekog čelika.

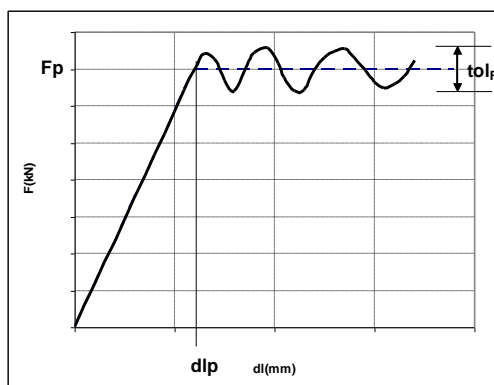
Popuštajući elementi za kontrolu napona u oblozi se upotrebljavaju za postizanje kontrolisane duktilnosti tunelske obloge. Ograničenjem razvoja normalnih napona sprečeno je preopterećivanje betonske obloge i time osiguran noseći kapacitet podgrade.

##### **Sistem**

Elementi za kontrolu napona u oblozi, koje se postavljaju između dve pritisne ploče postavljene bočno na njihovim krajevima, sastoje se od višestrukih koncentrično postavljenih čeličnih cevi.

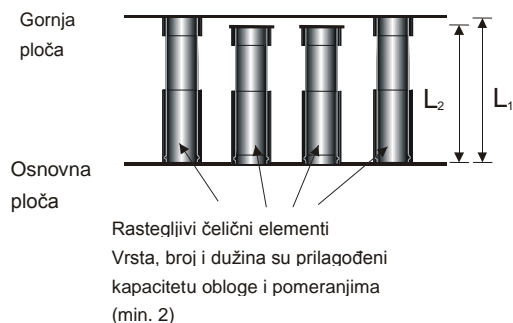
Radi ograničavanja izvijanja prema unutra i prema spolja cev opterećenja se koaksijalno postavlja između dve noseće cevi koje su kraće od cevi opterećenja. Da bi se izveo početni razvoj opterećenja treba predvideti posebne odredbe (slabljenje na krajevima cevi opterećenja). Minimalno skraćenje dlp radi dosezanja projektovanog opterećenja  $F_p$  iznosi 60 mm.

Odstupanja stvarnog opterećenja od projektovanog ( $tol_F$ ) ne smeju da prelaze +/- 15% projektovanog opterećenja  $F_p$ .



Slika 2.8.5: Linija opterećenja ćelija za kontrolu napona u oblozi. Iscrta linija predstavlja liniju projektovanog opterećenja, puna linija predstavlja liniju stvarnog opterećenja;  $F_p$  projektovano opterećenje;  $dlp$  skraćenje do projektovanog opterećenja;  $tol_F$  dozvoljeno odstupanje stvarnog opterećenja od projektovanog opterećenja

Da bi se optimalno iskoristila nosivost obloge, a naročito obloge od mlaznog betona, neophodna je primena višefaznog sistema. Višefazni sistem je jedinica koja se sastoji iz najmanje dve ćelije za kontrolu napona u oblozi koje su iste visine ( $L_1$ ) i jedne ili više kraćih jedinica ( $L_2$ ) koje se aktiviraju usled određenih deformacija. U ovom slučaju nosivost elemenata jedinice se postepeno povećava.



Slika 2.8.6: Grupa od 4 rastegljiva elementa; dva elementa iz ove grupe su kraća za kasnije aktiviranje

Izvodi se grupisanje pojedinačnih elemenata. Moguće su različite kombinacije vrsta ćelija za kontrolu napona u oblozi, kao i dužine elemenata, da bi se izvelo njihovo optimalno prilagođavanje pomeranjima i razvoju svojstava mlaznog betona.

U zavisnosti od neophodnosti projekta, mogu da se upotrebe sledeće kombinacije vrsta ćelija za kontrolu napona u oblozi ili kombinacije istih:

|           | $1 \cdot F_p$ (kN) | $tol_F$ (%) | $\Delta l^p$ min (mm) |
|-----------|--------------------|-------------|-----------------------|
| LSC A-I   | 200                | +/- 15      | 45                    |
| LSC A-II  | 550                | +/- 15      | 45                    |
| LSC A-III | 750                | +/- 15      | 40                    |
| LSC B-I   | 900                | +/- 15      | 45                    |
| LSC B-III | 1600               | +/- 15      | 55                    |

Dužina rastegljivih elemenata mora da bude projektovana u skladu sa zahtevima projekta. Uobičajene dužine iznose od 400 do 450 mm.

### Ugradnja

Svaka ćelija za kontrolu napona u oblozi sastoji se od kombinacije nekoliko ćelija za kontrolu napona u oblozi sa gornjom i donjom pločom. Postavljanje se vrši pre nanošenja mlaznog betona. Elementi su pričvršćeni za čelične lukove pomoću odgovarajućih uređaja za pričvršćavanje (kuke ili slično).

Posebnu pažnju treba posvetiti odgovarajućem postavljanju elemenata na oblogu. Montaža, prevoz i postavljanje ne smeju da utiču na funkcionalnost obloge.

Pre nanošenja mlaznog betona elemente na strani tunela treba prekriti daskama ili sličnim da bi se sprečilo prodiranje mlaznog betona u područje delovanja ćelija za kontrolu napona u oblozi.

Posle nanošenja mlaznog betona i obezbeđenja da funkcionalnost susjednih elemenata ne bude ugrožena nastavkom izvođenja radova, pokrivač od dasaka može da se ukloni.

### 2.8.5.9 Cevni štit (kišobran, pipe roof)

Cevni štit koji se sastoji od čeličnih cevi, postavlja se u slučaju vrlo niskog stenskog nadsloja (od 2 do 3 prečnika tunela) radi smanjenja sleganja i povećanja brzine iskopavanja i stabilnosti čela iskopavanja. Cevni štit se uglavnom primenjuje u slučaju tla i vrlo slabe stenske mase (raspadnute stene ili potpuno trošne).

U slučaju rastresitog terena ili tla, čelične cevi mogu da se upotrebe kao „manchette“ cevi, za injektiranje terena između i oko cevi pod pritiskom.

## Materijal

- Upotrebljavaju se perforirane čelične cevi, minimalne klase čelika St 37-3U (u skladu sa DIN 2448) (ENV 1993 – S 235 J0) sa minimalnim spoljašnjim prečnikom 114 mm.
- Debljina stene ne sme da bude manja od 6 mm.
- Čelične cevi se uglavnom postavljaju na dužini od 15 m. Preklapanje treba da bude 4 – 5 m.
- Cementni malter treba da bude u skladu sa poglavljem 2.8.5.6. ove specifikacije. Odnos vode i cementa mora da bude prilagođen zahtevima okolnih stena. Područje prstena i zapremina cevi moraju da budu zaliveni od najdubljeg područja bušotine injekcionom masom niskog pritiska (max. 10 bara).
- Cevi moraju da imaju parove otvora za injektiranje koji su postavljeni jedan naspram drugog na minimalnoj udaljenosti od 1m. Otvori za injektiranje treba da budu pomereni za 90 stepeni.

## Izvođenje

- Cevni krov treba da bude postavljen u skladu sa crtežima ili u skladu sa uputstvima NADZORA. Bušenje treba izvesti sa tačnošću od 1%.
- Čelične cevi se postavljaju u bušotine, od površine iskopavanja prema neiskopanom terenu. U slučaju nestabilnih bušotina, mogu da se pri bušenju upotrebe zaštitne čelične cevi.
- Razmak između čeličnih cevi u tavanici profila iskopavanja mora da bude u skladu sa razmakom koji je prikazan na crtežima, ali mora da bude prilagođen preovladavajućim geološkim uslovima radnog čela tunela.
- Posle bušenja čelične cevi treba očistiti komprimovanim vazduhom, a pre zalivanja pod niskom pritiskom.

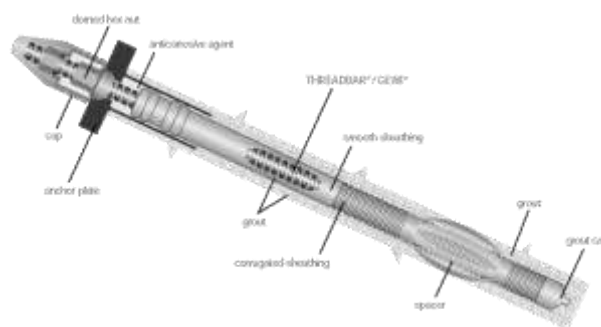
### 2.8.5.10 Getehničko štapno sidro

#### Opšte

- Ovaj deo specifikacija primenjuje se za nabavku i postavljanje prednapregnutih

štapnih sidara, koje su potrebne i koje se upotrebljavaju kao dodatno osiguranje.

- Radovi moraju da budu izvedeni u skladu sa standardom SIA 191 (1996).



Slika 2.8.7: Sidrene šipke

## Materijali

Sidra ne smeju da sadrže materijale koju nisu međusobno kompatibilni, kao ni one koji nisu kompatibilni sa okolinom.

### Prednapregnute šipke

- Prednapregnuto sidro se sastoji od prednapregnutih čeličnih šipki, u skladu sa ÖNORM B 4258. Razmak između šipke i plastične cevi mora da bude dovoljno veliki da obezbedi savršeno postavljanje u cement ili malter ili u trajno plastični materijal za zaštitu od korozije. Šipke moraju da budu izrađene od čelika velike čvrstoće pri istezanju.
- Mehanička svojstva i tehničke karakteristike moraju da budu u skladu sa:
  - čelične šipke st 835/1030 mpa
  - dvostruka zaštita od korozije

### Masa za injektiranje

- Masa za injektiranje se sastoji od Portland cementa, vode i aditiva, ako je potrebno. Cement (maseno) ne sme da sadrži više od 0,02% hlorida ili 0,10 % sulfida. Aditivi ne smeju da oštete svojstva šipki ili mase za injektiranje. Odnos vode i cementa mora da bude što je moguće niži. Nikako ne sme da prelazi 0,45. Masa za injektiranje ne sme da iscuri preko 0,5 procenata od zapremine, u roku od 3 sata nakon pripreme ili maksimalno 1 % pri merenju na 20° C u zatvorenom staklenom ili metalnom cilindru prečnika 100 mm, pri debljini mase za injektiranje od oko 100 mm.

- Prilikom prednaprezanja čvrstoća na pritisak mase za injektiranje treba da iznosi najmanje 20 N/mm<sup>2</sup>.

#### Zaštitne cevi

- Slobodna dužina šipki treba da bude obložena glatkom HDPE cevi. HDPE cev treba da bude homogena i bez šupljina. Nije dozvoljena upotreba recikliranog materijala. Debljina stene cevi treba da iznosi najmanje 3 mm.
- Vezna dužina šipki treba da bude obložena talasastom cevi, minimalne debljine zida 1 mm.

#### Glava sidra

Čvrstoća sidrene glave treba da bude najmanje jednaka čvrstoći šipke.

#### Zahtevi sistema

##### Zaštita od korozije

- Zaštitu sistema sidra od korozije treba izvesti u skladu sa SIA 191 (1996).
- Zaštita od korozije obuhvata sve delove kao što su: glava sidra, zaptivka, slobodna dužina sidra i vezna dužina šipke, kao i završetak (peta) sidra.
- Vezna dužina je u načelu zaštićena cementnom suspenzijom i talasastom HDPE cevi. Injektiranje cementne suspenzije se izvodi pre ili nakon postavljanja sidra, u zavisnosti od načina izvođenja.
- Vezna dužina se određuje na osnovu ispitivanja usaglašenosti.

##### Komponente sistema

- Sistem treba da bude projektovan tako da obezbedi graničnu nosivost ne manju od  $s \times P_w$  ( $P_w$  ..... radno opterećenje). Faktor bezbednosti u skladu sa SIA 191 (1996) određuje se na sledeći način:
  - od pucanja žice za prednaprezanje,
  - od rastegljivosti žice za prednaprezanje,
  - od ograničenog opterećenja otpuštanja,
  - od pucanja mase za injektiranje.
- Sidro mora da bude projektovan tako da je omogućen monitoring opterećenja (npr.

pomoću hidrauličkih elemenata opterećenja ili slično).

- Napregnutost sidara mora da bude projektovana tako da omogući oslobađanje opterećenja u slučaju kada je radno opterećenje znatno poraslo usled pomeranja terena.

#### Sidranje

##### Bušenje

- Dužina sidra treba da bude takva da je bušotine moguće izvesti pomoću standardnih površinskih garnitura za bušenje. Prečnik bušotina za sidra treba da iznosi 80 mm, u zavisnosti od kvaliteta stena, kao što je prikazano na crtežima.
- Ako postoji verovatnoća da dođe do urušavanja bušotine, stene za bušotine treba podupreti odgovarajućim obložnim cevima.
- Pre postavljanja sidra bušotinu treba dobro isprati.
- Geolog Izvođača je obavezan da za svaku bušotinu vodi zapisnik o bušenju, koji treba da sadrži sve relevantne podatke, kao što su: način bušenja, dubina bušotine, sredstvo za ispiranje, brzina bušenja, vrsta stene koja se buši, itd. Zapisnici moraju stalno da budu na raspolaganju NADZORU.

##### Ispitivanje pod pritiskom

- Ispitivanje pod pritiskom treba izvoditi u određenim bušotinama, samo u stenama koje nisu osjetljive na vodu. Prve tri bušotine u svakom tipičnom geološkom preseku treba da budu ispitane na 4 bara. Na osnovu podataka dobijenih ovim ispitivanjima NADZOR donosi odluku da li je potrebno nastaviti sa ispitivanjima pod pritiskom ili je ista ispitivanja moguće izostaviti za naredna sidra na svakoj od lokacija. Na svakoj 15-toj bušotini treba izvesti rutinsko ispitivanje.
- Ako gubitak vode premašuje 5 litara po minutu u periodu od 5 minuta na veznoj dužini sidra, pri pritisku od 3 do 4 bara na ispitnom delu, najpre je potrebno injektiranje. Zatim se ponovo izvodi bušenje i ispitivanje bušotine pod pritiskom.

- IZVOĐAČ je obavezan da vodi zapisnik o ispitivanja pod pritiskom, kao i da ga dostavi NADZORU.

#### *Ugradnja sidra*

- Sidro treba ugraditi što je moguće pre, a najkasnije u roku od 12 časova od završetka bušenja.
- U toku ugradnje sa sidrom treba pažljivo postupati. Sidro treba ugraditi pomoću injektione ventilacione cevi.
- Sidro treba postaviti u središte bušotine pomoću odstojnika, dok podložna ploča treba da bude postavljena vertikalno na osovinu bušotine. Radi postizanja postavljanja podložne ploče vertikalno na osovinu bušotine može da bude potrebno da se izvede zasecanje džepova u steni.

#### *Injektovanje*

- Postupak injektovanja treba izvesti tako da u području injektovanja nema vazdušnih ili vodenih džepova.
- Injektovanje treba izvesti polako i stabilno. Injektovanjem treba nastaviti sve dok masa za injektovanje, istog sastava i čvrstoće kao kada je smešana, ne počne da izlazi iz otvora ventilacione cevi, u trajanju od najmanje 1 minut.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi zapisnik u kome se navode svi detalji u vezi sa postupkom injektovanja svakog sidra.
- Injektovanje slobodne dužine sidra treba izvršiti nakon prednaprezanja sidra.

#### **Postupci ispitivanja sidra**

Postupci ispitivanja sidra treba da budu u skladu sa standardima SIA 191 (1996).

#### *Ispitivanje prikladnosti*

Ispitivanja prikladnosti se izvode na sidrima koji su izvedeni pod istim uslovima kao i radna sidra. Ova ispitivanja nagoveštavaju rezultate koje je moguće dobiti naknadno ispitivanjem radnih sidara, tj. izvođenjem rutinskog ispitivanja radi prijema. Znatne i značajne promene uslova za radna sidra, npr. geološki uslovi, zahtevaju izvođenje ispitivanja prikladnosti.

#### *Ispitivanje radi prijema sidra*

U toku ispitivanja koja se izvode radi prijema sidra svako sidro će biti napregnuto do relevantnog probnog opterećenja. Ako se radi o kohezivnom zemljištu treba utvrditi i vrednosti klizanja.

#### Program ispitivanja:

Ciklični postupak koji podrazumeva opterećenje, a zatim rasterećenje treba izvesti tako da se opterećenje od početnog povećava u svakom sledećem krugu za sledeću stepenicu opterećenja, sve dok se ne dostigne utvrđeno maksimalno opterećenje. Pri svakom povećanju opterećenja treba posmatrati pomeranje žica na siderni glavi u odnosu na fiksnu tačku u okolini, pri stalnom opterećenju u skladu sa utvrđenim rasporedom.

#### **2.8.5.11 Kabelska sidra**

##### **Opšte**

- Ovaj deo Odjeljka 3 primenjuje se za nabavku i postavljanje prednapregnutih kabljskih sidara, koji su potrebni i koji se upotrebljavaju kao dodatno osiguranje za bušene šipove u širokom iskopu.
- Radovi moraju da budu izvedeni u skladu sa standardom SIA 191 (1996).

##### **Materijali**

##### *Opšte*

Sidra ne smeju da sadrže materijale koju nisu međusobno kompatibilni, kao ni one koji nisu kompatibilni sa okolinom.

##### *Prednapregnuti kablovi*

- Prednapregnuti kablovi se sastoje od prednapregnutih čeličnih užadi (šipki), u skladu sa prEN 10138-3. Razmak između pojedinih žica mora da bude dovoljno veliki za savršeno postavljanje u cement ili malter ili u trajno plastični materijal za zaštitu od korozije. Žice moraju da budu izrađene od čelika visoke čvrstoće na izvlačenje.
- Mehanička svojstva i tehničke karakteristike moraju da budu u skladu sa standardom prEN 10138-3:
  - Čelična užad sa sedam žica u sastavu, zatezne čvrstoće 1570/1770,
  - Nominalni prečnici užadi su 15,2 i 16,0 mm.



### *Injektovanje*

- Masa za injektiranje se sastoji od Portland cementa, vode i aditiva, ako je potrebno. Cement (maseno) ne sme da sadrži više od 0,02% hlorida ili 0,10 % sulfida. Aditivi ne smeju da oštete svojstva šipki ili mase za injektiranje. Odnos vode i cementa mora da bude što je moguće niži. Nikako ne sme da pređe 0,45. Masa za injektiranje ne sme da iscure preko 0,5 procenata od zapremine, u roku od 3 sata nakon pripreme ili maksimalno 1 % pri merenju na 20° C u zatvorenom staklenom ili metalnom cilindru prečnika 100 mm, pri debljini mase za injektovanje od oko 100 mm.
- Prilikom prednaprezanja čvrstoća na pritisak mase za injektovanje treba da iznosi najmanje 20 N/mm<sup>2</sup>.

### *Zaštitne cevi*

- Slobodna dužina šipki treba da bude obložena glatkom HDPE-cevi. HDPE cev treba da bude homogena i bez šupljina. Nije dozvoljena upotreba recikliranog materijala. Debljina zida cevi treba da iznosi najmanje 3 mm.
- Vezna dužina šipki treba da bude obložena talasastom cevi, minimalne debljine zida 1 mm

### *Glava sidra*

Čvrstoća sidrene glave treba da bude najmanje jednaka čvrstoći žica.

### **Zahtevi sistema**

#### *Zaštita od korozije*

- Zaštitu sistema sidara od korozije treba izvesti u skladu sa SIA 191 (1996).
- Zaštita od korozije obuhvata sve delove kao što su: glava, sidro, zaptivka, slobodna dužina sidra, vezna dužina sidra i završetak sidra.
- Vezna dužina je u načelu zaštićena cementnom suspenzijom i talasastom HDPE cevi. Injektiranje cementne suspenzije se izvodi pre ili nakon postavljanja sidra u zavisnosti od načina izvođenja.
- Vezna dužina se određuje na osnovu ispitivanja prikladnosti.

### *Komponente sistema*

- Sistem treba da bude projektovan tako da obezbedi graničnu nosivost ne manju od  $s \times P_w$  ( $P_w$  ... stvarno opterećenje). Faktor bezbednosti u skladu sa SIA 191 (1996) određuje se u zavisnosti:
  - od pucanja žice za prednaprezanje
  - od rastegljivosti žice za prednaprezanje
  - od ograničenog opterećenja otpuštanja
  - od pucanja mase za injektiranje
- sidro mora da bude projektovano tako da bude omogućen monitoring opterećenja (npr. pomoću hidrauličkih elemenata opterećenja ili slično).
- Napregnutost sidra mora da bude projektovana tako da omogući oslobađanje opterećenja u slučaju kada je radno opterećenje znatno poraslo usled pomeranja terena.

### **Sidranje**

#### *Bušenje*

- Dužina sidra treba da bude takva da bušenje bušotina može da se izvede pomoću standardnih garnitura za površinsko bušenje. Prečnik bušotina za sidra treba da iznosi 130 mm, u zavisnosti od kvaliteta stena, kao što je prikazano na crtežima.
- Ukoliko postoji velika verovatnoća da dođe do urušavanja bušotina, stene sa bušotinama treba podupreti odgovarajućim obložnim cevima.
- Pre ugradnje sidra bušotinu treba dobro isprati.
- Geolog Izvođača je obavezan da za svaku bušotinu vodi zapisnik o bušenju, koji treba da sadrži sve relevantne podatke, kao što su: način bušenja, dubina bušotine, sredstvo za ispiranje, povraćaj pri ispiranju, brzina bušenja, vrsta stene koja se buši, itd. Zapisnici moraju stalno da budu na raspolaganju NADZORU.

#### *Ispitivanje pod pritiskom*

- Ispitivanja pod pritiskom treba izvoditi u određenim bušotinama, samo u stenama koje nisu osetljive na vodu. Prve tri bušotine u svakom tipičnom geološkom preseku treba da budu ispitane na 4 bara. Na osnovu podataka dobijenih ovim

ispitivanjima NADZOR donosi odluku da li je potrebno nastaviti sa ispitivanjima pod pritiskom ili je ista ispitivanja moguće izostaviti za naredne sidra na svakoj od lokacija. Na svakoj 15-toj bušotini treba izvršiti rutinsko ispitivanje.

- Ako gubitak vode premašuje 5 litara po minutu u periodu od 5 minuta na veznoj dužini sidra, pri pritisku od 3 do 4 bara na ispitnom delu, najprije je potrebno injektiranje. Zatim se ponovo izvodi bušenje i ispitivanje bušotine pod pritiskom.
- IZVOĐAČ je obavezan da vodi zapisnik o ispitivanjima pod pritiskom, kao i da ga dostavi NADZORU.

#### *Ugradnja sidara*

- Sidro treba ugraditi što pre a najkasnije u roku od 12 časova od završetka bušenja.
- U toku ugradnje sa sidrom treba pažljivo postupati. Sidro treba postaviti pomoću injektione i ventilacione cevi.
- Sidro treba postaviti u središte bušotine pomoću odstojnika, dok podložna ploča treba da bude postavljena vertikalno na osovini bušotine. U cilju postizanja postavljanja podložne ploče vertikalno na osovini bušotine može da bude potrebno izvođenje zasecanja džepova u steni.

#### *Injektovanje*

- Postupak injektovanja treba izvesti tako da u području injektovanja nema vazdušnih ili vodenih džepova.
- Injektovanje treba izvesti polako i stabilno. Zalivanje treba nastaviti sve dok masa za injektovanje, istog sastava i čvrstoće kao kada je smješana, ne počne da izlazi iz otvora ventilacione cevi, u trajanju od najmanje 1 minut.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi zapisnik u kome se navode svi detalji u vezi sa postupkom injektovanja svakog sidra.
- Injektovanje slobodne dužine sidra treba izvršiti nakon prednaprezanja sidra.

#### **Postupci ispitivanja sidara**

Postupci ispitivanja sidara treba da budu u skladu sa standardima SIA 191 (1996).

#### *Ispitivanje prikladnosti*

Ispitivanja prikladnosti se izvode na sidrima koji su izvedeni pod istim uslovima kao i radni sidra. Ova ispitivanja nagoveštavaju rezultate koje mogu da se dobiju naknadnim ispitivanjem radnih sidara, tj. izvođenjem rutinskog ispitivanja radi prijema. Znatne i značajne promene uslova za radne sidra npr. geološki uslovi, zahtevaju izvođenje ispitivanja prikladnosti.

#### *Ispitivanje radi prijema sidrama*

- U toku ispitivanja koja se izvode radi prijema sidara svako sidro će biti napregnut do relevantnog probnog opterećenja. Ako se radi o kohezivnom tlu treba utvrditi i vrednosti klizanja.
- Program ispitivanja:  
Ciklični postupak koji podrazumeva opterećenje, a zatim rasterećenje, treba izvesti tako da se opterećenje od početnog povećava u svakom sledećem krugu za sledeću stepenicu opterećenja, sve dok se ne dostigne utvrđeno maksimalno opterećenje. Pri svakom povećanju opterećenja treba posmatrati pomeranje žica na glavi sidra u odnosu na fiksnu tačku u okolini, pri stalnom opterećenju u skladu sa utvrđenim rasporedom.

#### **2.8.5.12 Sidrene grede**

##### **Opšte**

Za specifikaciju betonskih i armiračkih radova pogledati odeljak 2.8.8 – BETONIRANJE I ARMIRANJE.

#### **2.8.5.13 Merenje**

##### 2.8.5.13.1 Mlazni beton

- Obloga od mlaznog betona koja se postavlja u tunelima, parkirnim nišama, poprečnim prolazima za pešake i u drugim nišama meri se za svaku nominalnu debljinu u metrima kvadratnim duž "Linije 2 (u skladu sa slikom 2.8.2). Dužina tunela meri se duž središnje linije.
- Dodatne količine mlaznog betona koje su potrebne za ponovno ispunjavanje šupljina između cevni štitovala se ne mere za plaćanje.

- Dodatni radovi iskopavanja zbog proširenja profila u područjima u kojima je tavanica ojačana cevnom štitom (pipe roof) plaćaju se kao posebna stavka. Za iskopavanje i podupiranje kalote ispod cevnog štita se koristi posebna matrica. Navedeni uslovi plaćanja važe i za podupiranje odn. potporni tip ispod cevnog štita. To znači da važe računске površine, kao i „platne linije“ 1a i 2a koje ostaju nepromenjene.

Posebno treba naglasiti da veća količina potpornih elemenata (mlazni beton, armaturna mreža, čelični luk, ...) zbog promenljive geometrije primarne obloge tunela (kod cevnog štita nagib cevi je približno 5,20, a korišćena dužina cevnog štita 11,0 m, što je dužina testerastog profila), nije bila uzeta u obzir prilikom određivanja jedinice podupiranja. Potporni brojevi za slučaj korišćenja štita vrednovani su za „normalni“ poprečni presek i ne uzimaju u obzir proširenja preseka. Količine potpornih elemenata i iskopa se obračunavaju i naplaćuju prema srednjem preseku proširenja.

Veće količine za punjenje klina pod cevnim štitom nisu uzete u obzir u matrici, jer se punjenje klina neće nalaziti u neposrednom području napredovanja. Gore pomenuto važi i u slučaju kada IZVOĐAČ popuni klin 20 m iza čela iskopa zbog radnih razloga.

Veće količine, kao i mlazni beton za popunjavanje testerastog profila ispod cevnog štita, plaćaju se odvojeno pod sledećim uslovima, nezavisno od količina koje su više ili manje potrebne:

- uz stavku beton za „beton za unutrašnju oblogu“,
  - uz stavku „mlazni beton za popunjavanje“,
  - dalje mora da se odredi (ponudi) vremenski okvir za izvođenje cevnog štita (zajedno sa ubrizgavanjem i ostalim radovima).
- Dodatne količine mlaznog betona koje su potrebne za privremene temeljne stope mere se po metru dužnom temeljne stope.
  - Deformacioni otvori se mjere u metrima dužnim.

#### 2.8.5.13.2 Armaturna mreža

- Obloga od mlaznog betona koja se postavlja u tunelima, parkirnim nišama, poprečnim prolazima za pešake i u

drugim nišama mere se po težini duž "Linije 2" (u skladu sa Slikom 2.8.2). Dužina tunela meri se duž središnje linije. Ne vrši se merenje preklapanja, viška materijala, dodatnog materijala koji je neophodan za izvođenje privremenih temeljnih stopa i pomoćnog materijala za pričvršćavanje.

- Dodatne količine armature koje su neophodne za proširenja poprečnog preseka ispod cevnog štita ne mere se za plaćanje, pa stoga treba da budu uključene u odgovarajuće jedinične cene.

#### 2.8.5.13.3 Armaturne šipke

Armaturne šipke koje se upotrebljavaju kao osiguranje tunela, mere se prema težini.

#### 2.8.5.13.4 Čelični lukovi

Čelični lukovi za osiguranje tunela mere se prema težini duž "Linije 2" (u skladu sa slikom 2.8.2). Dodatni materijal, kao što su odstojnici između lukova, čelične ploče na spojevima, zavrtnji za povezivanje, itd. ne mere se za plaćanje.

#### 2.8.5.13.5 Potporna koplja

Cevi ili šipke probojne podgrade se mere po komadu za različite dužine. Bušenje se ne meri posebno.

#### *Injektirane cevi*

Jedinična cena treba da obuhvata bušenje, injektovanje mase do upotrebe čvrstog cementa od 10 kg po m.

#### *Koplja od RA šipova*

Jedinična cena treba da obuhvata bušenje, izradu vrha šipke i malter.

#### *Čelične talpe*

Merenje čeličnih talpi se vrši prema težini.

#### 2.8.5.13.6 Sidra

Sidra se mere "po komadu" za različite vrste i dužine. Bušenje, injektovanje i upumpavanje vode (Swelllex) ne meri se posebno. Dodatni materijal, kao što su sidrene ploče, matice, podloške i spojnice ne meri se za obračun.

#### 2.8.5.13.7 LSC (ćelije za kontrolu napona u oblozi)

LSC (ćelije za kontrolu napona u oblozi) mere se po "komadu" za različite vrste. Ne

izvodi se merenje prenosnih ploča za obračun. Deformacioni otvori su kao posebna stavka predviđeni Predmerom radova, pa se njihovo merenje izvodi po dužini.

#### 2.8.5.13.8 Cevni štiti

- Čelične cevi se mere po komadu. Bušenje i injektovanje pod niskim pritiskom ne meri se posebno.
- Upotreba dodatnog materijala, kao što su armaturne mreže, mlazni beton i hidroizolaciona membrana, prouzrokovana proširenjem sekcija cevnog krova, se ne mere i obračunavaju kao posebna stavka.

#### 2.8.5.13.9 Sidrene šipke

Sidrene šipke se mere po komadu za različite dužine, vrste i projektovana radna opterećenja. Nabavka i ugradnja materijala, kao što su sidrene ploče, spojnice i matice treba da bude uključena u jediničnu cenu.

#### 2.8.5.13.10 Kableska sidra

Kablovi za sidrenje se mere po komadu za različite dužine, vrste i projektovana radna opterećenja. Nabavka i ugradnja materijala, kao što su sidro ploče, spojnice i matice treba da bude uključena u jediničnu cenu.

#### 2.8.5.13.11 Sidrena greda

- Merenje betona se izvodi u kubnim metrima, u skladu sa odeljkom 2.8.8.6. Oplata za izgradnju betonskih greda nije obuhvaćena jediničnom cenom za beton.
- Armatura za betonske grede se meri po težini za stvarno postavljene količine (t), u skladu sa crtežima.

### 2.8.5.14 Plaćanje

#### 2.8.5.14.1 Opšte

Jedinična cena za različite obračunske stavke treba da obuhvata radnu snagu, opremu i materijale potrebne za završetak radova, uključujući osiguranje radnog čela, ispitivanje i kontrolu kvaliteta.

Plaćanje za postavljanje dodatnih elemenata podgrade, na udaljenosti većoj od 50 m iza pojedinačnog čela iskopa, izvodi se kao za posebnu obračunsku stavku, s tim da to ne obuhvata poprečne prolaze za pešake i niše.

#### 2.8.5.14.2 Potporna koplja

Cevi ili RA šipke probojne podgrade se mere po komadu za različite dužine. Bušenje se ne meri posebno.

#### *Injektirane cevi za podgrađivanje*

Jedinična cena treba da obuhvata bušenje, injektiranje mase do upotrebe čvrstog cementa od 10 kg po m.

#### *Koplja od RA šipova*

Jedinična cena treba da obuhvata bušenje, izradu vrha šipke i malter.

#### 2.8.5.14.3 Sidra

Jedinična cena za različite obračunske stavke treba da obuhvata radnu snagu, opremu i materijale potrebne za završetak radova, uključujući spajanje, zalivanje slobodne dužine sidra, prednaprezanje, kontrolu kvaliteta i ispitivanje. Bušenje i učvršćivanje sidrene dužine obračunava se posebno.

Jedinična cena za sidra čije se dužine razlikuju od određenih izračunava se na osnovu linearne interpolacije ili ekstrapolacije.

Bušenje sidara se plaća prema jediničnoj ceni po metru dužnom, uzimajući u obzir ukupnu dužinu bušotine.

Jedinična cena treba da obuhvata i postavljanje sidara pod nagibom.

#### 2.8.5.14.4 Sidrene grede

Jedinične cene za različite obračunske stavke treba da obuhvataju radnu snagu, opremu i materijal neophodne za izvođenje radova.

U skladu sa odeljkom 2.8.8 – Oplata i skela koje su neophodne za izvođenje sidrenih greda treba da budu obuhvaćene jediničnom cenom za beton.

#### 2.8.5.14.5 Cevni štiti

Merenje čeličnih cevi se izvodi po komadu. Bušenje i injektovanje pod niskim pritiskom ne meri se posebno.

Upotreba dodatnog materijala, kao što su armaturne mreže, mlazni beton i hidroizolaciona membrana, prouzrokovana

proširenjem sekcija cevnog štita, se ne bude mere i obračunaju kao posebna stavka.

Tabela 2.8.6: Ispitivanje prikladnosti-upotrebljivosti mlaznog betona

| predmet ispitivanja                                 | karakteristike   | metod ispitivanja  | uzorci  | starost uzoraka                   |
|---|--|--|---|-----------------------------------|
| mladi mlazni beton                                  | početne čvrstoće mladog betona   | penetracijska igla Kaindl-Meyco                                      | ispitni paneli  | 5', 15', 30', 1h, 3h, 6h, 9h, 24h |
| mlazni beton  | čvrstoća na pritisak   | jezgra uzoraka   | prečnik 100 mm, visina 100 mm, iz svakog panela 5 jezgara | 7 d, 28 d                         |
|   | permeabilnost  | ÖNORM 23303: 2010 09 01 maks. proboj vode 35 mm                      | 3 jezgra uzoraka prečnika 200 mm, visine 120 mm           | 28 d                              |
| cement  | specifična površina, početak vezivanja, kraj vezivanja, norma potrebe za vodom, čvrstoća na pritisak 1d, 28d | specifična površina (Blaine), Vicatova igla, ÖNORM 23303: 2010 09 01 | 2 kg  |                                   |
| agregati  | granulacijska kriva  | ÖNORM B131: 2010 08 01 (EN 12620)                                    | 10 kg   |                                   |
|   | sadržaj vlage  | ÖNORM B131: 2010 08 01 (EN 12620)                                    | 10 kg   |                                   |
| aditivi za ubrzivanje vezivanja (u prahu ili tečni) | sadržaj baza   | ovlašćena laboratorija   | 2l  |                                   |
|   | početak vezivanja  | Smernice za mlazni beton pog. 2; tč.1.2                              | 800 cm <sup>3</sup>                                       | >45 sec<br><180 sec               |
|   | pad čvrstoće na pritisak   | Smernice za mlazni beton pog. 2; tč.1.2                              | Uzorci u obliku prizme 4x4x416 cm od cementnog maltera    | 7 d                               |

Napomene:

- 1) zahtevi i specifikacije za ispitivanje prikladnosti mlaznog betona važe za upotrebu u tunelima i na kosinama
- 2) ispitivanja usaglašenosti moraju da budu izvedena u ovlašćenoj laboratoriji

Tabela 2.8.7: Ispitivanje prikladnosti-upotrebljivosti mlaznog betona

| predmet ispitivanja                  | karakteristike   | metod ispitivanja  | lokacija ispitivanja uzoraka                            | starost uzoraka                              | gustina uzimanja i ispitivanja                                   | tip ispitivanja |
|--------------------------------------|--|--|---|--|--|-----------------|
| mladi mlazni beton                   | početne čvrstoće mladog betona   | penetracijska igla Kaindl-Meyco                          | obloga od mlaznog betona                                | 5', 15', 30', 1h, 3h, 6h, 9h, 24h            | 1x /500m <sup>2</sup>  | A               |
| mlazni beton cement                  | čvrstoća na pritisak   | jezgro uzoraka   | prečnik 100 mm, visina 100 mm, obloga od mlaznog betona | 7d, 28d                                      | 1x /50m <sup>2</sup> ili 1x /250m <sup>2</sup> ili min. 3 uzorka | B               |
|                                      | Permeabilnost  | ÖNORM 23303: 2010 09 01                                  | 3 jezgra uzoraka prečnika 200 mm, visine 120 mm         | min. 28d                                     | 1 X mes.   | B               |
|                                      | deformacioni modul   | ÖNORM 23303: 2010 09 01                                  | prečnik 100 mm, visina 200 mm                           | 3d, 7d, 28d, 56d                             | 1 x za svaku mešavinu  | B               |
| mlazni beton bez ubrzivača vezivanja | čvrstoća na pritisak, redukcija čvrstoće na pritisak   | Austrijske Smernice za mlazni beton pog. 2; tč.2.2       |   | 28d  | 1 x 2 mes.   | B               |
| cement                               | specifična površina, početak vezivanja, kraj vezivanja, norma potrebe za vodom, čvrstoća na pritisak 1d, 28d | specifična površina (Blaine), Vicatova igla, ÖNORM B3310 | 5kg   | neposredno po uzimanju uzoraka na gradilištu | 1 x 250t   | B               |
| EF pepeo                             | specifična površina  | ÖNORM 23303: 2010 09 01                                  | 1kg   | neposredno po uzimanju uzoraka na gradilištu | 1 x 2 mes.   | B               |

## 2.8.6 PREDBUŠENJE I UČVRŠĆIVANJE

neodgovarajućih podataka dobijenih predbušenjem.

### 2.8.6.1 Predbušenje

Bušenje koje se izvodi ispred radnog čela tunela zbog izvođenja odvodnjavanja i ispitivanja terena naziva se „predbušenje“.

U svrhe odvodnjavanja, primenjuju se POSEBNI TEHNIČKI USLOVI, ukoliko u ovom Odjeljku nije određeno drugačije.

#### 2.8.6.1.1 Opšte

- U sekcijama tunela, u skladu sa "Geološkim i geotehničkim izvještajem" IZVOĐAČ je obavezan da uvek izvrši ispitivanja ispred radnog čela i to izvođenjem 20 do 30 m dugog predbušenja da bi dokazao ili ispitao teren sa kojim će se susresti, kao i da bi istražio postojanje izvora vode i gasa. Probna ispitivanja treba ponavljati i preklapati, tako da probno ispitivanje uvek bude izvedeno na najmanjoj udaljenosti od 10 m ispred radnog čela tunela.
- Broj probnih ispitivanja, njihov položaj i uglovi određuju se na osnovu vrste terena i raspoloživih podataka o ispitivanjima. Može da bude neophodno i izvođenje radijalnih probnih ispitivanja.
- Na lokacijama na kojima se očekuje ili na kojima se pojavi prekomerna količina podzemnih voda, predlaže se izvođenje predbušenja ispred radnog čela tunela radi smanjenja hidrostatičkog pritiska na radnom čelu tunela.

#### 2.8.6.1.2 Dokumentacija

- Sve detalje koji se odnose na probna ispitivanja treba da odredi i odobri NADZOR.
- Ukoliko se u toku iskopavanja tunela pojave neočekivani uslovi, kao što su podzemne vode, sumnjiva boja ili miris vode, rasedanje podloge, šupljine ili pojava gasa, neophodno je pažljivo osmatranje i dokumentovanje stanja ispred radnog čela. NADZOR mora o svemu da bude odmah obavješten.

#### 2.8.6.1.3 Izvođenje

IZVOĐAČ je odgovoran za ispravnost podataka koji su dobijeni predbušenjem, naročito sa aspekta dodatnih troškova koji mogu da se jave zbog netačnih i

### 2.8.6.2 Učvršćivanje

Ovaj odeljak treba tumačiti i primenjivati u skladu sa primenljivim delovima POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko u ovom odjeljku nije određeno drugačije.

#### 2.8.6.2.1 Opšte

- „Učvršćivanje slojeva“: Ovaj pojam se odnosi na injektiranje materijala pod pritiskom u slojeve stenske mase radi konsolidacije ispucalih stena ili ispunjavanja otvora i šupljina u stenama u okolini tunela. Učvršćivanje slojeva ne obuhvata učvršćivanje nevezanog tla.
- „Konsolidaciono učvršćivanje“: Ovaj pojam se odnosi na učvršćivanje rastresitog materijala bentonitom, cementnom ili hemijskom masom za zalivanje.

#### 2.8.6.2.2 Dokumentacija

- IZVOĐAČ je obavezan da pripremi detaljnu specifikaciju učvršćivanja, jer su radovi na učvršćivanju raznovrsni i primjenjuje se širok opseg metoda i tehnika za poboljšanje stanja terena radi prilagođavanja stvarnom stanju terena. Specifikacije učvršćivanja treba dostaviti NADZORU na odobrenje, ukoliko sa Nadzorom nije dogovoreno drugačije ili ukoliko Nadzor ne zahteva drugačije.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi detalje o predloženim postupcima učvršćivanja, uključujući detalje o opremi za učvršćivanje, lokaciji, dubini i orijentaciji otvora za učvršćivanje, načinima učvršćivanja, sastavu mešavine za učvršćivanje, pritisku učvršćivanja i programu vremenskog trajanja svakog sleda operacija učvršćivanja. Dubina i sredstva za učvršćivanje treba da budu takvi da otvori mogu da se postave tačno duž zona koje je potrebno učvrstiti.

#### 2.8.6.2.3 Potreba izvođenja bušotina u svrhu učvršćivanja

Potreba za dodatnim učvršćivanjem, pored učvršćivanja koje je prikazano na crtežima, zasniva se nakon konsultacija NADZORA i IZVOĐAČA na ispitivanju terena, probnim ispitivanjima, količini vode na radnom čelu ili

drugim naznakama koje ukazuju da je teren koji je potrebno iskopati mekan, ispucan ili vodonosiv, kao i podacima navedenim u ugovoru.

#### 2.8.6.2.4 Bušotine za učvršćivanje i bušotine za poboljšanje stene

Bušotine za izvođenje primarnog i sekundarnog učvršćivanja treba da budu izbušene na određenoj udaljenosti i prema rasporedu u području koje je potrebno obraditi i u koje je potrebno pod pritiskom injektirati masu za učvršćivanje, a u skladu sa odobrenjem NADZORA. Pored mesta injektiranja treba postaviti merače koji će se upotrebljavati za merenje pritiska učvršćivanja. Projektovani pritisak učvršćivanja, koji je predložen od strane IZVOĐAČA i odobren od strane NADZORA, ne sme da bude premašen bez prethodne saglasnosti NADZORA.

#### 2.8.6.3 Materijal

Materijal za zalivanje se sastoji od:

- hemijske mase za zalivanje,
- mase cementnog maltera (cement/pesak),
- cementne mase za učvršćivanje sa glinom ili bentonitom.
- Upotrebljava se obični Portland cement.
- Pesak koji se upotrebljava za učvršćivanje mora da bude čist, mineralni pesak, ujednačenog kvaliteta i mora da potiče iz odobrenog izvora.
- Voda mora da bude čista bez primesa ulja, kiselina, baza, organskih i drugih štetnih supstanci.
- Moguća je primena aditiva za poboljšanje karakteristika učvršćivanja.

#### 2.8.6.4 Izvođenje

##### 2.8.6.4.1 Ispitivanje

- IZVOĐAČ mora na zahtev NADZORA da izvede ispitivanje učvršćivanja radi utvrđivanja prihvatljivosti predloga za obradu. Navedena ispitivanja treba da budu projektovana tako da omogućavaju vizuelni pregled obrađene mase, kao i da dokažu da su postignuta zahtevana poboljšanja terena.
- U bušotinama treba pre postupka učvršćivanja izvesti ispitivanje apsorpcije

vode, u skladu sa zahtevima NADZORA i na način koji omogućava merenje zapremine vode pri različitim pritiscima.

- Po završetku učvršćivanja, učvršćeno područje treba ispitati primenom postupka sa kojim je saglasan NADZOR.

##### 2.8.6.4.2 Bušenje

- Bušotine za učvršćivanje treba izbušiti primenom udarno-rotacione bušilice ili rotacione bušilice.
- Prečnik dna bušotine za učvršćivanje ne sme da bude manji od 35 mm. Ukoliko se bušenje izvodi udarno-rotacionom bušilicom, prečnik dleta bušilice mora da bude najmanje 8 mm veći od prečnika spojnice koji se upotrebljavaju kod šipki za bušenje.
- Izvodi se samo suvi postupak bušenja, ukoliko NADZOR ne odredi drugačije. Sve bušotine treba detaljno očistiti odmah po završetku bušenja pomoću komprimovanog vazduha. Posebno čišćenja, silazne bušotine treba zatvoriti sve do početka učvršćivanja.

##### 2.8.6.4.3 Mešanje mase za učvršćivanje

- Sve mase za učvršćivanje treba pripremiti pomoću brzih miksera sa brzim smicanjem, za proizvodnju mase ujednačene homogene konzistencije.
- Ukoliko se prije pumpanja mešavina skladišti za kratko, istu je potrebno uskladištiti u namjenske rezervoare-mešalice.
- Ako se upotrebljavaju aditivi gline ili bentonita, za pripremu i mešanje treba obezbediti posebne rezervoare-mešalice.
- Za tačno merenje vode koja se upotrebljava pri pripremi mase treba koristiti vodomere. Tamo gde je to potrebno, na mikserima, mešalicama, pumpama i injekcionim crevima postavljaju se manometri, sigurnosni ventili, povratni ventili, itd.

#### 2.8.6.5 Izvođenje učvršćivanja

- Creva i cevi treba da budu malog prečnika da bi se obezbedile velike brzine protoka bez segregacije.



- Operacije učvršćivanja treba izvršiti bez većih prekida.
- Ukoliko dođe do prekida pre završetka učvršćivanja (kvar na postrojenju), bušotinu treba isprati čistom vodom.
- Sve dok se ne dođe do zadovoljavajućeg stanja terena, dalje izvođenje postupka učvršćivanja treba izvoditi veoma pažljivo. Sigurnosne ventile treba ispitati pre svake primene.
- Učvršćivanje u tunelima treba izvesti tako da se pritisak ravnomerno raspoređuje i da ne dođe do pojave preopterećenja osnovne obloge tunela.
- Ukoliko ne dođe do pojave pritiska prilikom upotrebe mešavine peska/cementa, učvršćivanje treba obustaviti, a otvor isprati. Posle nekoliko časova treba ponovno početi sa izvođenjem postupka učvršćivanje, primenom mase peska/cementa, sve do pojave željenog pritiska.
- Ukoliko postoji povezanost između bušotina, učvršćivanje treba vršiti istovremeno ili treba zatvoriti otvore na kojima masa za učvršćivanje prodire.
- Postupak učvršćivanja je završen ukoliko je zahtevani pritisak moguće održati neprekidno u trajanju od 10 minuta.
- IZVOĐAČ je obavezan da vodi zapisnike o svim detaljima učvršćivanja, kao što su lokacija, nagib, prečnik bušotina, vreme bušenja, upotrebljena oprema, izvođenje ispitivanja sa vodom pod tlakom, količina, pritisak učvršćivanja, posebni događaji u toku postupka učvršćivanja, itd. Navedeni zapisnik treba da potpiše osoblje Nadzora

na gradilištu i isti treba dostaviti NADZORU.

#### **2.8.6.6 Obezbeđivanje kvaliteta**

Kvalitet i kontrola kvaliteta učvršćivanja treba da bude u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.

#### **2.8.6.7 Merenje**

##### **2.8.6.7.1 Predbušenje**

Radovi na bušenju se mere u metrima dužnim s obzirom na stvarnu dužinu bušotina.

##### **2.8.6.7.2 Učvršćivanje**

Izvedeni radovi se mere u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.

#### **2.8.6.8 Plaćanje**

##### **2.8.6.8.1 Predbušenje**

- Predbušenje se plaća u skladu sa jediničnim cenama navedenim u Predmjeru i predračunu.
- Potrebna oprema, materijali i pomoćni radovi moraju da budu uključeni u jediničnu cenu, kao i ometanje izvođenja ostalih radova.

##### **2.8.6.8.2 Učvršćivanje**

Plaćanje izvedenih radova se obračunava u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.

## 2.8.7 HIDROIZOLACIJA I TRAJNO ODVODNJAVANJE PODZEMNIH VODA

### 2.8.7.1 Hidroizolacija i zaštitni filc

#### 2.8.7.1.1 Opšte

U ovom odeljku obrađena je hidroizolacija svih tunelskih konstrukcija neprekidnom hidroizolacionom membranom koja se postavlja sa spoljašnje strane završne betonske obloge. U ovom odeljku nisu navedene odredbe koje se odnose na ostale elemente, kao što su zaptivke u betonu, zalivanje spojeva, itd.

Hidroizolacija mora da omogući vodonepropusnost svih podzemnih konstrukcija. U slučaju prodiranja vode, potrebno je pripremiti odredbe za sanaciju.

Hidroizolacija za izvođenje u otvorenom objašnjena je u Tehničkim uslovima za građenje puteva u republici srbiji, Poglavlje 2.6 Zanatski radovi, Poglavlje 2.6.5 Hidroizolacije.

#### Opis

- Svrha hidroizolacione membrane na podzemnim objektima je sprečavanje prodiranja podzemnih voda ili stenskih voda u tunele, kao i zaštita završne betonske obloge od štetnih hemijskih uticaja. Hidroizolacija se postavlja na tavanicu i bočne zidove iznad stope temelja ili kote podnožnog svoda. Postavljanje hidroizolacione membrane uvek se vrši između podgrade od mlaznog betona i završne betonske obloge. S obzirom da se navedene podzemne konstrukcije ne nalaze u vodi ispod određenog nivoa podzemne vode, za podnožne svodove tunela nije potrebno predvideti hidroizolacionu membranu.
- Hidroizolacioni sistem se sastoji od dva sloja: prvi sloj se sastoji od zaštitnog filca koji se postavlja na površinu mlaznog betona; drugi sloj je hidroizolaciona membrana koja se pričvršćuje na poseban način prema preporuci proizvođača.
- Kako membrana ima funkciju zaptivke, treba postaviti sloj filca da bi se hidroizolaciona membrana zaštitila od oštećenja prilikom kontakta sa površinom mlaznog betona i da bi se sprečilo

povezivanje betona i mlaznog betona u slučaju neravnomernog pomeranja podgrade od mlaznog betona i završne obloge, kao i da bi se omogućilo da drenažni sloj odvodi podzemnu vodu u uzdužne bočne cevi za odvodnjavanje, sprečavajući na taj način pojavu hidrostatičkog pritiska u oblozi tunela.

- Ukoliko se pojave podzemne vode treba primeniti projektna rešenja koja predviđa NADZOR.

#### Dokumentacija koju je neophodno dostaviti

U skladu sa uslovima ugovora treba dostaviti sledeću dokumentaciju:

- Ateste da materijali zadovoljavaju zahteve iz specifikacije.
- Uputstva proizvođača za postavljanje filca i hidroizolacione membrane, uključujući postupke za pripremu, postavljanje, zavarivanje i spajanje, itd.
- Kvalifikacije proizvođača i osoblja koje će izvoditi postavljanje moraju da sadrže dokaze o iskustvu proizvođača i osoblja angažovanog na postavljanju, kao i biografije osoblja nadzora nad izvođenjem obloge.
- Uzorke, kao što je navedeno:
  - membrana: jedan kvadratni metar od svake vrste membrane,
  - zaštitni filc: jedan kvadratni metar od svake vrste filca,
  - zavareni spoj: 1 m zavarenog spoja membrane za svaku vrstu membrane,
  - sredstva za pričvršćavanje i postavljanje: 10 uzoraka iz različitih partija rondela i eksera,
  - 2 uzorka prirubnica za prolazak kroz membranu.
- Na odobrenje treba dostaviti i radioničke crteže, na kojima su prikazani svi neophodni detalji koji se odnose na postavljanje filca i hidroizolacione membrane, uključujući redosled postavljanja, položaj spojeva, povezivanje sa zaptivkama, povezivanje sa hidroizolacijom objekata u preduseku, lokalnu armaturu, itd.

**Obezbeđivanje kvaliteta***Opšte*

- Nabavka i postavljanje odgovarajućih proizvoda koji su projektovani i proizvedeni posebno za primenu u tunelima, pod uslovima koji su slični onima koji se očekuju za određeni projekat i koji su dokazani kao prihvatljivi.

*Kvalifikacije proizvođača*

Izabrati proizvođača (ili proizvođače) koji je (su) redovno angažovan za proizvodnju sličnih materijala za tunelske konstrukcije i čiji su se proizvodi pokazali uspešnim na najmanje pet projekata slične prirode.

*Nadzor i obuka*

- Predstavnik proizvođača mora da bude prisutan najmanje tokom prvih 10 radnih dana postavljanja, ali i kasnije kada je potrebno.
- Postavljanje i ispitivanje treba izvršiti pod direktnim nadzorom osobe koja ima dokazano (neprekidan rad i praćenje moderne tehnologije) iskustvo u postavljanju membrana na obloge tunela.
- Osoblje angažovano na postavljanju i ispitivanju obloge mora da prođe

odgovarajuću obuku pre početka izvođenja radova na oblozi.

- Zapisnici o postavljanju dostavljaju se NADZORU na odobrenje, sa svim relevantnim podacima koji se odnose na sve provere šavova. Navedeni zapisnici predstavljaju deo dokumentacije koju treba dostaviti radi dobijanja saglasnosti za nastavak izvođenja postavljanja unutrašnje betonske obloge, pogledati i odeljak 2.8.7 ovih specifikacija.

## 2.8.7.1.2 Materijali

**Zaštitni filc**

Zaštitni filc je geotekstil sa neprekidnim nepletenim poli-propilenskim vlaknima ujednačene debljine i površinske teksture, koji ispunjava zahtjeve navedene dalje u tekstu.

**Hidroizolaciona membrana**

- Hidroizolaciona membrana mora da bude izrađena od jednog od sledećih materijala, ili sličnih, i mora da ispunjava dole navedene zahteve.
- Na membranu se postavlja signalni sloj, tj. tanki sloj drugačije boje koji je pričvršćen sa jedne strane, a predviđen je za otkrivanje oštećenja.

| svoјstvo  | određena vrednost              | standard                  |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| jedinica težine                                 | min. 500 g/m <sup>2</sup>      | DIN 53854                 |
| debljina na 0,02 bara                           | min. 3,9 mm                    | DIN 53855/3               |
| debljina na 2,0 bara                            | min. 1,7 mm                    | DIN 53855/3               |
| čvrstoća na istezanje                           | 1000 N/50 mm                   | DIN 53857/2               |
| istezanje pri lomu                              | min. 70 %                      | DIN 53857/2               |
| istezanje na 30% čvrstoće na istezanje          | min. 20 %                      | DIN 53857/2               |
| vodopropustljivost u ravni:                     |                                |                           |
| na 0,02 bara                                    | min. 5 x 10 <sup>-1</sup> cm/s | *                         |
| na 2,00 bara                                    | min. 5 x 10 <sup>-2</sup> cm/s | *                         |
| otpornost na kisele i alkalne rastvore, pH 2-13 | gubitak čvrstoće maks. 10 %    | SN 640 550<br>DIN 53857/2 |
| otpornost na proboj                             | 2000 N                         | DIN 54307                 |

\* Ispitivanje u skladu sa Institutom Franzius, Hanover, SR Nemačka

**ECB Hidroizolaciona membrana (etilen-kopolimer bitumen)**

| <b>svojstvo</b>   | <b>određena vrijednost</b>                      | <b>standard</b> |
|---|---|-----------------|
| debljina  | min. 2,0 mm                                     | DIN 53370       |
| čvrstoća pri istezanju  | min. 10 N/mm <sup>2</sup>                       | DIN 53455       |
| istezanje pri kidanju   | min. 500 %                                      | DIN 53455       |
| čvrstoća na istezanje pri 20% deformacije                           | min. 2,5 N/mm <sup>2</sup> *                    | DIN 53454       |
| čvrstoća na kidanje   | min. 150 N/mm                                   | DIN 53363       |
| otpornost na hidrostatički pritisak                                 | vodonepropusna na 10 bara u trajanju od 10 sati | DIN 16726       |
| čvrstoća zavarenog šava   | min. 7,2 N/mm <sup>2</sup>                      | DIN 16726       |
| postojanost oblika pri ubrzanom starenju                            | maks. +/- 2 %                                   | DIN 16726       |
| karakteristike materijala tokom i nakon skladištenja na 80° C:      |   | DIN 16726       |
| - opšti izgled  | nema ispupčenja                                 |                 |
| - postojanost oblika, uzdužno i poprečno                            | < - 3 %   |                 |
| - promena čvrstoće na istezanje, uzdužno i poprečno                 | < ± 10 %  |                 |
| - promena izdužavanja pri kidanju, uzdužno i poprečno               | < ± 10 %  |                 |
| - savijanje pri temperaturi od 20° C                                | nema pukotina                                   |                 |
| - apsorpcija vode   | maks. 1 %                                       | DIN 53495       |
| - ponašanje nakon skladištenja u kiselim i/ili alkalnim rastvorima: |   | DIN 16726       |
| - promena čvrstoće na istezanje, uzdužno i poprečno                 | < ± 20 %  |                 |
| - promena izdužavanja pri kidanju, uzdužno i poprečno               | < ± 20 %  |                 |
| - savijanje pri temperaturi od - 20° C                              | nema pukotina                                   |                 |
| čvrstoća na smicanje spoja sa bitumenom                             | 100 N / 50 mm                                   | DIN 16726       |
| perforaciono ispitivanje  | nema perforacija pri padu sa visine 750 mm      | DIN 50014       |

\* uzorak oblika kocke, dužine stranice 10 mm.

**PVC Hidroizolaciona membrana (polivinilhlorid)**

| <b>svojstvo</b>   | <b>određena vrijednost</b>                      | <b>Standard</b> |
|---|---|-----------------|
| debljina  | min. 2,0 mm                                     | DIN 16726       |
| čvrstoća na istezanje   | min. 12 N/mm <sup>2</sup>                       | DIN 16726       |
| istezanje pri kidanju   | min. 250 %                                      | DIN 16726       |
| čvrstoća na pritisak pri 20% deformacije  | min. 2,5 N/mm <sup>2</sup> *                    | DIN 53454       |
| čvrstoća pri kidanju  | min. 100 N/mm                                   | DIN 53363       |
| otpornost na hidrostatički pritisak   | vodonepropusna na 10 bara u trajanju od 10 sati | DIN 16726       |
| čvrstoća pri istezanju zavarenog šava faktor zavarivanja (90 % vlačne čvrstoće) | min. 10,8 N/mm <sup>2</sup>                     | DIN 16726       |
| postojanost oblika nakon ubrzanog starenja                                      | maks. +/- 2 %                                   | DIN 16726       |
| karakteristike materijala tokom i nakon skladištenja na 80° C:                  |   | DIN 16726       |
| - opšti izgled  | nema ispučenja                                  |                 |
| - postojanost oblika, uzdužno i poprečno  | < - 3 %   |                 |
| - promena čvrstoće na istezanje, uzdužno i poprečno                             | < ± 20 %  |                 |
| - promena izduživanja pri kidanju, uzdužno i poprečno                           | < ± 20 %  |                 |
| - savijanje pri temperaturi od 20° C  | nema pukotina                                   |                 |
| - apsorpcija vode   | 1 % max   | DIN 53495       |
| - ponašanje nakon skladištenja u kiselim i/ili alkalnim rastvorima:             |   | DIN 16726       |
| - promena čvrstoće na istezanje, uzdužno i poprečno                             | < ± 20 %  |                 |
| - promena izduživanja pri kidanju, uzdužno i poprečno                           | < ± 20 %  |                 |
| - savijanje pri temperaturi od - 20° C  | nema pukotina                                   |                 |
| čvrstoća na smicanje spoja sa bitumenom   | 100 N / 50 mm                                   | DIN 16726       |
| perforaciono ispitivanje  | nema perforacija kod pada sa visine 750 mm      | DIN 50014       |
| ponašanje pri požaru  | B 1   | ÖNORM B 3800/1  |

\* uzorak oblika kocke, dužine stranice 10 mm.

**Pomoćni materijal**

Prema preporukama proizvođača membrane izrađuje se materijal za pričvršćavanje, armature za dilatacione spojnice, priрубnice, vrši se priprema uglova i tačkaka presecanja.

**2.8.7.1.3 Izvođenje****Priprema površine**

- Površine na koje se postavlja hidroizolacija moraju da budu očišćene, glatke, i na njima se ne smeju da se nalaze bilo kakvi otpadni materijali.

- Pre postavljanja hidroizolacije treba izvršiti sledeću obradu površine:
  - za ugradnju zaštitnog filca i hidroizolacione membrane neophodan je minimalan sloj mlaznog betona, debljine 3- 5 cm, koji se nanosi na stenu.
  - nepravilnosti površine obloge od mlaznog betona treba ispraviti dodatnim nanošenjem mlaznog betona. Odnos prečnika i dubine nepravilnosti ne sme da bude manji od 5:1 (videti Crtež 2.8.8). Minimalni poluprečnik zaobljavanja u području sidara treba da iznosi 0.3 m.
  - prelazi i secišta tunelskih profila treba da budu zaobljeni sa minimalnim radijusom 50 cm.
  - čelične šipke, žice, podmetače, cevi, itd. koji vire treba odseći ukoliko na njih neće da bude nanesen dodatni sloj mlaznog betona.
  - otkrivene čelične delove, kao što su npr. sidra, treba prekriti mlaznim betonom ukoliko ne treba da ostanu dostupni.
  - sve površine mlaznog betona treba na kraju izgladiti sitnozrnim veznim mlaznim betonom (zaobljeni agregati, veličina zrna 0 - 8 mm), koji se nanosi u sloju debljine 3 do 5 cm.

### Ugradnja

Pre postavljanja hidroizolacije, sve površine na koje je se postavlja hidroizolacija moraju da budu pregledane i odobrene od strane NADZORA.

Postavljanje mora da se izvode u skladu sa pismenim uputstvima proizvođača. Uglavnom, postupak je sledeći:

- Priprema  
Posebne pripreme su neophodne za postavljanje hidroizolacije na prelazima i secištima tunelskih profila, kao i za određene elemente koji probijaju membranu. Iste je potrebno izvesti u skladu sa preporukama proizvođača.
- Postavljanje filca  
Zaštitni filc se pričvršćuje za površinu mlaznog betona pomoću odgovarajućih sredstava za pričvršćavanje, koja određuje proizvođač. U zavisnosti od lokacije, po kvadratnom metru treba upotrebiti 2 do 4 elementa za pričvršćavanje. Filc treba postaviti dosta labavo da bi se izbeglo preopterećenje prilikom betoniranja. Susedne sekcije filca

treba preklopiti za oko 10 cm i spojiti tačkastim zavarivanjem ili drugim odgovarajućim postupkom. Duž podnožja tunelskih bočnih zidova filc treba da bude dovoljno dugačak da prekriva bočne kanale za odvodnjavanje, kao što je prikazano na crtežima.

- Postavljanje hidroizolacione membrane  
Hidroizolaciona membrana se postavlja tako da prekrije filc. Hidroizolaciona membrane se pričvršćuje za sredstva za fiksiranje membrane postupkom termičkog zavarivanja. Za potrebe postavljanja nije dozvoljeno nikakvo probijanje membrane. Hidroizolacionu membranu treba postaviti signalnim slojem prema unutrašnjosti, dovoljno labavo da bi se izbeglo preopterećenje prilikom betoniranja. Susedne hidroizolacione trake treba spojiti dvostrukim varom. Duž podnožja tunelskih bočnih zidova filc treba da bude dovoljno dugačak da prekriva bočne kanale za odvodnjavanje, kao što je prikazano na crtežima. Povezivanje hidroizolacionih membrana tunela i preduseka treba izvesti vodnim baržom u skladu sa crtežima koje obezbeđuje dobavljač.

### Mere zaštite

Treba voditi računa da se hidroizolaciona membrana ne ošteti za vreme i nakon postavljanja. Sva oštećenja koja se jave treba sanirati i ispitati pre ugradnje završne betonske obloge.

#### 2.8.7.1.4 Kontrola kvaliteta izvođenja

### Ispitivanje šavova

Svi šavovi moraju da budu ispitani, a IZVOĐAČ je obavezan da zapisnike o izvedenim ispitivanjima dostavi NADZORU.

#### *Ispitivanje šavova komprimovanim vazduhom*

Treba izvesti kontrolu ispravnosti šavova između susednih traka hidroizolacione membrane. Navedeno ispitivanje se izvodi upumpavanjem komprimovanog vazduha u probni kanal koji se stvara od dvostruko zavarenog spoja. Početna ispitivanja na pritisak treba da iznose 2 bara za probni period od 5 minuta ili 1,5 bar za probni period od 10 minuta. Spojevi se smatraju vodonepropusnim ukoliko gubitak pritiska vazduha u oba slučaja ne prelazi 20 %.

#### *Ispitivanje šavova vakuumskom opremom*

Za ispitivanje područja membrane ograničene veličine, kao što su posebne konfiguracije spojeva ili lokalne sanacije zakrpa, može da se upotrebi vakuumska oprema. Navedena oprema se sastoji od vakuumskog zvona, koje se nakon što se čvrsto postavi iznad površine koja se ispituje, prazni pumpanjem radi otkrivanja šupljina u membrani.

### 2.8.7.2 Trajno odvodnjavanje podzemnih voda

Ova stavka se odnosi na postavljanje i održavanje sistema za trajno odvodnjavanje podzemnih voda u tunelima. Ako u toku gradnje dođe do pojave podzemnih voda ispod projektovanog nivoa uzdužnog sistema za odvodnjavanje podzemnih voda, treba projektovati trajni sistem za odvodnjavanje.

#### 2.8.7.2.1 Opšte

- U ovom odjeljku obrađeni su zahtevi koji se odnose na sistem trajnog odvodnjavanja podzemnih voda u tunelima, a koji se sastoji od perforiranih cevi u obliku tunela ili okruglih, koje su postavljene sa obe strane iznad temelja, revizionih niša, kontrolnog šahta ispod kolovoza, priključnih cevi između revizionih niša i kontrolnih šahtova i glavne drenažne cevi tunela.
- Revizione niše i kontrolna šahtovi za glavnu drenažnu cev tunela treba postaviti na projektovanom razmaku.
- U tunelima treba izvesti razdvojene sisteme za odvodnjavanje podzemnih i otpadnih voda (sa kolovoza).
- Ovim odjeljkom nisu obuhvaćene odredbe koje se odnose na sistem odvodnjavanja puta i tretman otpadnih voda izvan tunela. Sistem odvodnjavanja puta u tunelu sastoji se od šupljih montažnih ivičnjaka. Armirano-betonski ivičnjaci se postavljaju u cementni malter i spajaju elastičnim silikonskim mastiksom.

#### 2.8.7.2.2 Materijali

- Uzdužna drenaža podzemnih voda se sastoji od PE-HD dvoslojnih rebrastih cevi, u skladu sa crtežima. Ukupna površina otvora za prijem vode treba da bude veća od 200 cm<sup>2</sup> po dužnom metru cevi, u zavisnosti od hidroloških uslova stenske mase.

- Porozni beton treba da se sastoji od običnog portland cementa i prirodnog agregata veličine 32 mm. Odnos agregata i cementa treba da iznosi 8:1 po zapremini ili 10:1 po masi.
- Poprečni spojevi treba da se sastoje od PE-HD dvoslojnih rebrastih neperforiranih cevi, minimalnog unutrašnjeg prečnika 200 mm.
- Glavni tunelski drenažni kanal treba da bude izveden od betonskih cevi (C 30/35), u skladu sa crtežima.
- Ivičnjaci za odvodnjavanje puta treba da budu prefabrikovani od betona (C 35/45), izrađeni čeličnom oplatom, armirani i ugrađeni vodonepropusno. Spajanje ivičnjaka se vrši elastičnim silikonskim mastiksom.

#### 2.8.7.2.3 Izvođenje

- Vodu koja se pojavljuje i/ili prikuplja iza hidroizolacione membrane treba trajno odvesti pomoću uzdužnih drenažnih cevi koje su postavljene na oba bočna zida tunela.
- Uzdužne drenažne cevi za odvodnjavanje podzemnih voda treba da budu prekrivene i zaštićene poroznim betonom, koji se postavlja između revizionih šahtova unutar tunela.
- Revizione niše se izvode na unutrašnjoj betonskoj oblozi radi trajnog održavanja (ispiranja) drenažnog sistema, kako je predstavljeno na crtežima.
- IZVOĐAČ je obavezan da osigura da se sistem za trajno odvodnjavanje podzemnih voda upotrebljava samo za kontrolu podzemnih voda. Tokom perioda gradnje i održavanja potrebno je vršiti redovne preglede i održavanje navedenog sistema.
- Drenažne cevi za kontrolu podzemnih voda treba postaviti u skladu sa kotama i nagibima predstavljenim na crtežima.
- Porozni beton treba mešati mašinskim putem ili ručno sve dok se ne postigne ujednačena boja i konzistencija pre ugrađivanja. Količina vode koja se upotrebljava ne smije preći količinu potrebnu za pokrivanje svih čestica agregata, a da se ne stvara višak mase.

- Zbijanje poroznog betona izvodi se isključivo ručno.

### 2.8.7.3 Merenje

#### 2.8.7.3.1 Hidroizolaciona membrana

- Hidroizolaciona membrana koja se postavlja u saobraćajnim tunelima, nišama za parkiranje i stazama za pešake meri se po metru kvadratnom duž "Linije 2" (kao što je predstavljeno na Crtežu 2.8.2). Dužina tunela se izračunava duž središnje linije.
- Neophodna povećanja poprečnih preseka tunela za manje niše (niše za hitne slučajeve, niše za električna postrojenja, protivpožarne niše, revizione niše, prostor ispod cevnog štita, itd.) ne mere se za hidroizolacionu membranu.
- Ugradnja hidroizolacione membrane u nišu za razvođenje vode se ne meri za obračun, pa treba da bude obuhvaćena relevantnom jediničnom cijenom.

#### 2.8.7.3.2 Uzdužno odvodnjavanje podzemnih voda

- Radovi na polaganju uzdužnih drenažnih cevi i cevi za poprečno povezivanje do

revizionih šahtova mere se po metru dužnom svake položene drenažne cevi. Zaštita uzdužnih drenažnih cevi poroznim betonom ne meri se posebno.

- Izgradnja revizionih šahtova sabirne drenaže se meri posebno.
- Glavni sistem odvodnjavanja stenske vode i vode sa kolovoza meri se u metrima (m<sup>1</sup>).

### 2.8.7.4 Plaćanje

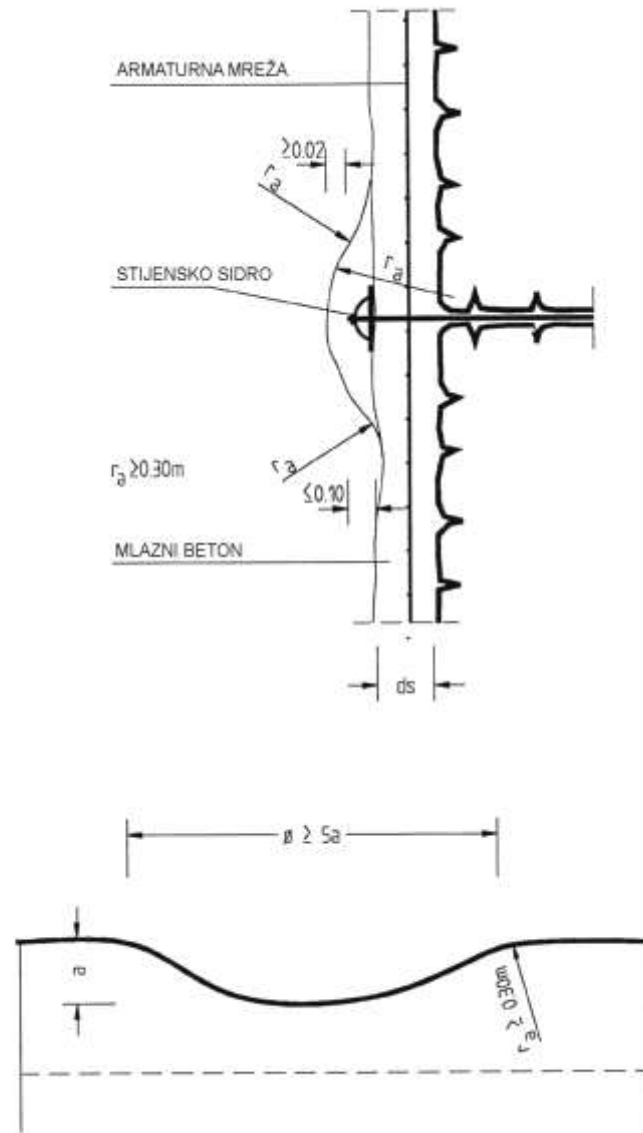
#### 2.8.7.4.1 Hidroizolaciona membrana

Jedinična cena za hidroizolacionu membranu treba da obuhvata radnu snagu, opremu i materijale neophodne za izvođenje radova, uključujući kontrolu kvaliteta i ispitivanje.

#### 2.8.7.4.2 Uzdužno odvodnjavanje podzemnih voda

Jedinična cena za sistem uzdužnog odvodnjavanja podzemnih voda treba da obuhvata radnu snagu, opremu i materijale neophodne za izvođenje radova.





Slika 2.8.8: Zahtevi za izravnavanje površine mlaznog betona

## 2.8.8 BETONIRANJE I ARMATURA

### 2.8.8.1 Opšte

Ovaj Odeljak sadrži specifikacije za izvođenje završne obloge tunela, temeljnih gređa, betonskog podnožnog svoda i prefabrikovanih betonskih komponenti, kao i za izvođenje betoniranja na deonicama tunela koje se izvode pokrivenim usekom (cut & cover), za betonski svod i potporne konstrukcije. Konstrukcije iskopanog tunela su uglavnom nearmirane, ali mogu da bude i armirane lokalno, u skladu sa projektom i odobrenjem NADZORA, dok su deonice tunela koje se izvode pokrivenim usekom, betonski svod i potporne konstrukcije uglavnom armirane.

#### 2.8.8.1.1 Opis

- Odeljak POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim Odeljkom nije određeno drugačije.
- Završna obloga tunela, na licu mesta ugrađena betonska obloga, povećava faktor bezbednosti sistema celokupne tunelske obloge, obezbeđuje ujednačenu unutrašnju površinu i poboljšava vodonepropusnost tunelske obloge. Glatka unutrašnja površina je potrebna da bi se omogućio protok vazduha, iz estetskih razloga, kao i u svrhe osvetljenja i održavanja.
- Temeljne gređe sačinjavaju oporce završne obloge tunela. Na uzdužne betonske gređe uglavnom se postavljaju kablovski kanali.
- Podnožni svod predstavlja zaokružen završetak tunelske obloge (tunelske cevi), mesta na kojima preovladavaju loši geološki uslovi.
- Oplate za temeljne gređe, podnožni svod i krovni luk predstavljaju potreban alat za izvođenje završne tunelske obloge. Oplata treba da bude projektovana i izvedena od čelika, tako da se dobiju oblik, dimenzije i površinska obrada betona, prema specifikacijama.
- Prefabrikovani betonski elementi predstavljaju bočne granice površine puta (ivičnjaci) i upotrebljavaju i za izgradnju kablovskih kanala.

- Kontaktno injektiranje predstavlja injektiranje materijala pod pritiskom u cilju ispunjavanja šupljina između na licu mesta izgrađene obloge i mlaznog betona ili membrane obloge (hidroizolacione membrane). Sistematično kontaktno injektiranje treba izvršiti u delu tavanice tunela posle stvrđavanja betonske obloge. U lučnoj krovnoj oplati treba predvideti način pričvršćavanja potrebnih cevi za kontaktno zalivanje. Pozicioniranje otvora za injektiranje odobrava NADZOR.
- Premaz betonske površine unutrašnje obloge je neophodan radi zaštite betona i za lakšeg čišćenja.
- Armirani betonski svod ugrađen na licu mesta predstavlja krov mešovitog modela tunela i metode pokrivenog useka. Betonski luk prenosi sile, indukovane zatrpavanjem, na bočnu nosivu stensku masu. Pod zaštitom betonskog svoda, tunel može da bude izveden primenom konvencionalnih metoda.

#### 2.8.8.1.2 Dokumentacija koju je potrebno dostaviti

- Treba dostaviti radne crteže na kojima je predstavljeno nadvišenje oplate neophodno za kompenzaciju ugibanja usled ugrađivanja betona.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi detaljne radioničke crteže oplate.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi na odobrenje posebne radioničke crteže za oplatu poprečnog preseka tunela, poprečnih prolaza za pešake, niše, betonski svod i pokriveni usek.
- Treba dostaviti izvještaje o ispitivanjima betona koji je predviđen za ugradnju, u skladu sa odeljkom POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.
- Pre proizvodnje prefabrikovanih betonskih komponenti, IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi reference proizvođača.
- Prije početka izvođenja betoniranja unutrašnje obloge, IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi metodologiju izvođenja radova, opis postrojenja i materijala za kontaktno injektiranje.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi izveštaje o ispitivanjima i uzorke

materijala za premazivanje betonskih površina.

#### 2.8.8.1.3 Uslovi za izvođenje radova

- Unutrašnja betonska obloga u tunelu ne može da bude postavljena sve dok stopa pomeranja, u bilo kojoj tački na obodu tunela i vertikalno na konturu, ne bude manja od 4 mm mesečno, ukoliko NADZOR ne odredi drugačije.
- Unutrašnja betonska obloga ne može da bude postavljena sve dok NADZOR ne prihvati i ne izda svoju saglasnost na rezultate reprofilinga.
- Unutrašnja betonska obloga u tunelu ne može da bude postavljena sve dok ugrađeni sistem hidroizolacije ne bude prihvaćen od strane NADZORA.
- Ugrađivanje prefabrikovanih betonskih komponenti ne može da započne pre dobijanja saglasnosti od strane NADZORA.
- Nije dozvoljeno premazivanje betonske površine sve dok NADZOR ne odobri površinu unutrašnje betonske obloge.

#### 2.8.8.2 Materijal

Materijali moraju da budu u skladu sa odeljkom POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije drugačije predviđeno.

##### 2.8.8.2.1 Oplata

- Pogledati - Odeljke POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.
- Oblik betonskog svoda treba modelirati pomoću čelične oplata ili treba upotreba bude materijal iz iskopa za izradu zemljanog oblika betonskog svoda.
- Oplata mora da bude dovoljno kruta da može da drži kalupe u odgovarajućem položaju, obliku i profilu, tako da završna betonska konstrukcija bude u dozvoljenim okvirima.
- Oplata za izradu tunelske obloge treba da bude izrađena od čelika i prikladna za kasniju ponovnu upotrebu.
- Oplata za izradu tunelske obloge treba da ima otvore duž svakog bočnog zida i na tavanici. Otvori treba da budu predviđeni

tako da omogućavaju upotrebu vibratora za zbijanje betona, izvođenje inspekcije betona u toku ugrađivanja, kao i inspekciju stvrdnute betonske površine, pre otpuštanja ili uklanjanja oplata. Veličina otvora treba da iznosi najmanje 600 mm kvadratnih. Otvori za ugradnju betona treba da budu na visinama koje sprečavaju segregaciju betona. Spojevi na oplati treba da budu dobro zategnuti da bi sprečili curenje cementnog mleka i vode iz betona.

- Kalupe stalno treba održavati u ispravnom stanju kako bi uvek mogla da se garantuje tačnost oblika, čvrstoća, krutost, vodonepropusnost i glatkost površine. Kalupi treba da budu čisti, bez korozije i u dobrom stanju.
- U gornjem sektoru oplata za izradu obloge potrebno je postaviti dodatke za montiranje spoljašnjih vibratora na jednakim intervalima, kako bi se obezbedio ujednačen stepen zbijenosti lučnog svoda.
- Čelična oplata treba da bude opremljena odgovarajućim elementima, koji omogućavaju izvođenje žljeba po spoljašnjoj ivici segmenta sekundarne obloge. Ovime se postiže jednobrazan izgled sekundarne obloge i u području na kome tunel skreće.

##### 2.8.8.2.2 Beton

- Odeljak POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.
- Marka betona za tunelsku oblogu, temelje, luk podnožnog svoda, betonski svod i pokriveni usek treba da bude C 25/30.
- Maksimalna veličina agregata treba da bude u skladu sa POSEBNIM TEHNIČKIM USLOVIMA.
- Čvrstoću mešavine treba odrediti tako da bude moguća ugradnja betona pumpanjem.
- U cilju poboljšanja tečenja i mogućnost zguščavanja betonske mešavine moguće je dodavati plastifikatore. Detaljne podatke o takvim aditivima treba, pre njihove upotrebe, dostaviti NADZORU, koji daje saglasnost za upotrebu.

### 2.8.8.2.3 Prefabrikovane betonske komponente

- Odeljak POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim Odeljkom nije određeno drugačije.
- Klasa betona za prefabrikovane betonske komponente je C 35/45 (C 30/37).
- Prefabrikovani betonski elementi treba da budu proizvedeni sa dozvoljenim odstupanjima dimenzija od  $\pm 2$  mm.

### 2.8.8.2.4 Masa za kontaktno injektiranje

- Injekciona masa se zasniva na mešavini cementnih materijala i vode, ali može da sadrži i aditive za poboljšanje karakteristika, u skladu sa odobrenjem NADZORA. Svi izvori vode koji će se upotrebljavati sa cementom moraju da budu odobreni od strane NADZORA. Ukoliko u bilo koje vreme u toku izgradnje, voda iz odobrenog izvora postane nezadovoljavajuća, IZVOĐAČ je obavezan da iz drugih izvora obezbedi vodu zadovoljavajućeg kvaliteta.
- Cement mora da bude u skladu sa važećim standardima. Injekciona masa treba da bude ujednačena mešavina čija čvrstoća treba da bude dovoljno tečna, kako bi injekciona masa mogla pod pritiskom da uđe u sve delove šupljina.
- Injekciona masa treba da ima nisku ili nikakvu sposobnost curenja i malo smanjenje zapremine prilikom stvrdnjavanja. Injekciona masa nakon stvrdnjavanja treba da ima najmanju moguću propusnost.

### 2.8.8.2.5 Armatura

Za izvođenje unutrašnje betonske obloge armatura je neophodna u područjima visokih napona, kao što su dionice pokrivenih useka, sekcije koje se nalaze ispod kuća i plitkog nadsloja, površine portala, niše, spojeva tunela i poprečnih prolaza za pešake, u zavisnosti od uslova lokalnog terena, a u skladu sa crtežima iz projekta. Štaviše, unutrašnja betonska obloga može da bude armirana u područjima na kojima se unutar tunela nalaze teške instalacije, na primer, na mestima na kojima su postavljeni ventilatori.

Armatura je potrebna za betonski svod, kao i za prefabrikovane betonske elemente.

### Materijali za armaturnu mrežu

- Armaturna mreža treba da bude u skladu sa odredbama Odeljka POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.
- Armaturna mreža treba da bude izrađena od čelika kvaliteta MA 500/560.

### Materijali za armaturne šipke

- Armaturne šipke treba da budu u skladu sa odredbama odeljka POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.
- Armaturne šipke treba da budu izrađene od čelika RA 400/500; B 500 A.

### 2.8.8.2.6 Premazivanje

- Kvalitet materijala za premaz treba da bude u skladu sa važećim odredbama u sklopu austrijske odredbe RVS 8.29.4.
- Ispitivanja izvodi ovlašćeni institut.
- Materijal se sastoji od dvokomponentne mešavine koja se zasniva na epoksidnoj smoli.
- Vrednost adhezije koja se ispituje sečenjem mreže 5 mm x 5 mm (u skladu sa RVS 8.29.4) treba da iznosi najmanje 85 %.

### 2.8.8.3 Betoniranje

Izvođenje betoniranja treba da bude u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.

#### 2.8.8.3.1 Priprema oplata pre betoniranja

- POSEBNI TEHNIČKI USLOVI, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.
- Unutrašnja površina oplata treba da bude premazana odobrenim uljem koje ne ostavlja mrlje, u cilju sprečavanja adhezije betona.
- Agensi za oslobađanje se upotrebljavaju strogo u skladu sa uputstvima proizvođača, i ne smeju da dođu u dodir sa armaturom.

- Sastav agenasa za oslobađanje mora da bude takav da se agensi ne mešaju sa naknadnom obradom površine.
- Pre početka betoniranja sve površine je potrebno dobro očistiti. Površine oplata koje su u kontaktu sa betonom moraju da budu čiste, bez stranih čestica, eksera i slično, pukotina i drugih oštećenja.
- Oplata mora da bude postavljena i učvršćena tako da zadrži svoj oblik i položaj u toku izvođenja betoniranja, kao i da mogu da se izbegnu površinske nepravilnosti u betonu.
- Oplatu treba postaviti do nivoa kojim se nadoknađuje predviđeno ugibanje oplata pod opterećenjem.
- Ukoliko se za izvođenje betonskog svoda upotrebljava zemljanu oplatu, pre postavljanja armature zemljanu oplatu treba prekriti razdelnom membranom da bi se izbeglo povezivanje zemlje i betona.

do pojave segregacije betona. Pumpa za beton treba da proizvodi neprekidan tok betona bez pojave vazдушnih džepova.

- Izlivanje temeljnih greda i konstrukcije podnožnog svoda treba izvesti u odvojenim fazama, a pre izvođenja luka unutrašnje obloge tunela. Način ugradnje betona u podnožni svod mora da odobri NADZOR.
- Betonski temelji sa svake strane upotrebljavaju se kao podloga za šinu koja je potrebna za pomeranje tunelske oplata. Betonske temelje treba ugraditi najmanje 7 dana pre postavljanja oplata za izvođenje luka unutrašnje obloge.
- Upumpavanje betona u oplatu izvodi se kroz odgovarajuće otvore.
- Beton u zidovima i tavanici tunela ugrađuje se u horizontalnim slojevima, koji ne prelaze 50 cm, i koji su ujednačeno raspoređeni preko betonirane sekcije.

#### 2.8.8.3.2 Priprema za ugradnju betona

Pre ugradnje betonske obloge tunela IZVOĐAČ mora dobro da očisti podnožni svod, strane i tavanicu iskopa od rastresitog materijala, ostataka nezdravih stena, mulja, otpada, stajaćih voda, ulja i drugih stranih supstanci.

#### 2.8.8.3.3 Ugradnja betona

- Odeljak POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.
- IZVOĐAČ je obavezan da dostavi detalje o predloženom načinu ugradnje betona u tunelu, uključujući i opis opreme koja će se upotrebljavati.
- Način prevoza i ugradnje betona treba da odobri NADZOR. Beton se prevozi i ugrađuje tako da se spreči pojava zagađenja, segregacije ili gubitka sastavnih materijala.
- Ugradnja betona nije dozvoljena ni u jedan deo konstrukcije, sve dok NADZOR to ne odobri.
- Ugradnja betona se izvodi pomoću potisne pumpe ili primenom sličnog postupka, u skladu sa odobrenjem NADZORA. Način ugradnje betona treba da bude takav da se beton ne uvodi u oplatu velikom brzinom, kao i da ne dođe

- Maksimalne razlike u visini ne smeju da pređu vrednosti koje je odredio proizvođač oplata.
- Nije dozvoljeno upumpavanje betona u tavanicu luka niti njegovo slivanje u zidove i podnožni svod. Stoga, nije dozvoljeno pumpanje betona utavanicu sve dok nivo betona ne dostigne visinu otvora u oplati. Beton treba da uđe u sve nepravilnosti u steni ili površini osnovne podgrade pomoću potopnog vibratora, kako bi se ispunile šupljine između navedene površine i oplata.
- Posebnu pažnju treba obratiti na obezbeđivanje kompletne ispunjenosti tavanice luka tunela. IZVOĐAČ je obavezan da pored detalja koji se odnose na metod ugradnje betona navede i predloge za ispunjavanje ovog zahteva. Tamo gde je potrebno vazdušni džepovi u tavanici tunela treba da budu rasterećeni ventilacionim crevima iza relevantne provizorne oplata.
- Kada je to moguće u završnoj oblozi treba izbegavati izvođenje radnih spojeva. U toku izvođenja betoniranja treba obezbediti rezervnu pumpu za beton. Ako je postupak neprekidne ugradnje prekinut kvarom na opremi, do kojeg je došlo iz bilo kojeg razloga, IZVOĐAČ je obavezan da dok je beton još plastičan izvrši

njegovo zbijanje na spojevima, postizujući tako ujednačen i stabilan nagib. Beton koji ostane nezbijen potrebno je ukloniti.

- Završna obloga tunela treba da bude ugrađena u sekcijama maksimalne dužine 12 metara, mereno duž osovine tunela. Svaka sekcija mora da bude ugrađena u sklopu jedne neprekidne operacije, bez prekida i bez radnih spojeva. Svi spojevi na krajevima sekcija moraju da budu vertikalni na konturu.
- Za betoniranje pri toplim i hladnim vremenskim uslovima pogledati POSEBNE TEHNIČKE USLOVE.

#### 2.8.8.3.4 Zbijanje betona za završnu oblogu

- Beton je treba da bude da bi se stvorila gusta homogena masa.
- Zbijanje betona je potrebno izvršiti pomoću vibratora koji su postavljeni na oplatu, kao i pomoću pervibratora kojima se rukuje kroz revizione otvore u oplati.
- Vibratori ne smeju da deluju na armaturu. Ukoliko se koriste pervibratori, treba izbegavati kontakt sa armaturom.
- Vreme rada oplatnih vibratora treba da bude kratko, u cilju sprečavanja pojave segregacije.
- Beton ne sme da bude podvrgnut vibracijama 4 sata nakon izlivanja.

#### 2.8.8.3.5 Uklanjanje oplata

- Odeljak POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.
- NADZOR mora da bude unapred obavešten o datumu kada IZVOĐAČ namjerava da ukloni oplatu.
- Vreme uklanjanja oplata predstavlja odgovornost IZVOĐAČA.
- Oplata mora da bude projektovana tako da može lako da se ukloni, bez udaranja čekićem ili polugom o površinu betona, kao i bez opasnosti od oštećenja betona.
- IZVOĐAČ je obavezan da otkloni svako oštećenje nastalo uklanjanjem oplata.
- Sa uklanjanjem oplata ne sme da se otpočne sve dok beton ne dobije odgovarajuću čvrstoću, tako da ni

najnepovoljniji uslovi opterećenja ne mogu da prouzrokuju oštećenja konstrukcije. Čvrstoću konstrukcije treba tavanici tunela. Minimalna čvrstoća za uklanjanje oplata mora da zadovoljava konstrukcione zahteve koji se odnose na "sopstveno opterećenje" obloge. Navedena čvrstoća se proverava pomoću Schmidt čekića sa klatnom, ili sličnog, dok se za slabiju čvrstoću betona primenjuje klip prečnika 40 mm.

Treba upotreba bude sledeću opremu, ili sličnu:

Proizvođač: Wykeham Farrance, Slough, Engleska Model br.: WF 53932.

#### 2.8.8.3.6 Nega betona

- Odeljci POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA, ukoliko ovim odeljkom nije određeno drugačije.
- Odmah nakon ugrađivanja beton je potrebno zaštititi najmanje 7 dana od štetnih vremenskih uticaja, uključujući kišu, nagle promene temperature, mraz i isušivanje. Primenjene metode podležu odobrenju NADZORA.
- Primenjeni način negovanja betona treba da smanji gubitak vlažnosti betona.
- Agens za zaptivanje ne sme da se meša sa vezivom zbog eventuelne kasnije obrade površine.
- Negovanje može da se izostavi, ako se merenjem dokaže da mere negovanja nemaju više uticaja na vlažnost i skupljanje.
- IZVOĐAČ je odgovoran za izbegavanje ili za smanjenje pojava pukotina usled skupljanja, pa stoga radove treba da izvodi veoma pažljivo i da ispravno primenjuje metode i tehnike. Kod armiranih betonskih obloga, širina šupljina nastalih skupljanjem je ograničena na 0,3 mm. Šire pukotine treba ispuniti smolom ili malterom. Pukotine nastale skupljanjem u nearmiranim oblogama, čija širina prelazi 1,0 mm, treba ispuniti malterom ili smolom, ili obraditi u skladu sa uputstvima NADZORA.

#### 2.8.8.3.7 Sanaciona obrada površina

- Svaka sanaciona obrada površine mora da bude izvedena u dogovoru sa NADZOROM, nakon izvedene inspekcije

posle uklanjanja oplata i treba da bude izvedena bez odlaganja.

- Beton, čija je površina obrađena prije inspekcije koju vrši NADZOR, podliježe odbijanju.

#### 2.8.8.3.8 Prefabrikovani betonski elementi

- Prefabrikovani betonski elementi treba da budu postavljeni sa dozvoljenim odstupanjem  $\pm 10$  mm, u odnosu na teorijski položaj.
- Prefabrikovani betonski elementi se postavljaju u malter minimalne debljine 30 mm.
- Standardna dužina prefabrikovanih betonskih elemenata treba da iznosi 100 cm (npr. ploče kablovskih kanala, ivičnjaci)
- Armatura za prefabrikovane betonske elemente, koji se upotrebljavaju za ploče kablovskih kanala, treba da iznosi najmanje 5 kg/m.
- Spojevi između prefabrikovanih betonskih elemenata treba da budu zaliveni (primenom trajno elastičnog materijala).

#### 2.8.8.3.9 Kontaktno injektiranje

- Pre početka izvođenja radova na unutrašnjoj oblozi, IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi detalje o načinu izvođenja radova i opremi koja će se koristiti.
- IZVOĐAČ je odgovoran da obezbedi da se postupak injektiranja izvodi pod direktnom kontrolom kvalifikovanog i iskusnog operativnog osoblja. Maksimalan pritisak koji se primjenjuje mora da bude odobren od strane NADZORA.
- Cevi za injektiranje i ventilacione cevi moraju da budu postavljene pre početka betoniranja.
- Po završetku injektiranja, IZVOĐAČ treba da odseče višak dužine cevi.
- IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi zapisnike o injektiranim površinama, pritiscima injektiranja, potrošnji mase za injektiranje i detaljima o mešavini, koje NADZOR može da zahteva.

- NADZOR zahteva sprovođenje ispitivanja kojima se potvrđuje da li su mešavina za injektiranje i njeni sastavni materijali u skladu sa specifikacijom. IZVOĐAČ je obavezan da sprovede navedena ispitivanja i da na zahtev dostavi NADZORU rezultate ispitivanja.

- Ukoliko se upotrebljavaju suve prethodno pripremljene mase za injektiranje proizvedene od strane priznatog proizvođača, navedene mešavine treba da budu pomešane u odnosu koji je preporučio proizvođač – odnos vode i čvrste supstance. Sve mase za injektiranje se pripremaju pomoću brzih mešalica, brzim mešanjem.

- IZVOĐAČ može da predloži metod betoniranja u cilju izostavljanja kontaktnog injektiranja tunelske obloge.

#### 2.8.8.3.10 Izvođenje zaštitnog premaza

- Izvođenje radova na premazivanju treba da bude u skladu sa odredbama austrijske direktive RVS 8.29.4, ukoliko ovim odjeljkom nije određeno drugačije.
- Pre početka izvođenja radova na premazivanju betonsku površinu je potrebno izglacati i očistiti.
- Pukotine usled skupljanja treba ispuniti sintetički modifikovanim malterom.
- Premaz betonske površine treba izvesti u dva sloja. Prvi sloj može da se nanese prskanjem, dok je drugi sloj potrebno uvaljati.
- Treba ukloniti zagađenja prouzrokovana radovima pri premazivanju.

### 2.8.8.4 Armiranje

#### 2.8.8.4.1 Armaturna mreža

- Armaturnu mrežu treba postaviti u najvećoj mogućoj dužini. Preklapanje armaturnih mreža treba da iznosi minimalno dva polja (okca) u poprečnom pravcu i jedno polje (okce) u uzdužnom pravcu.
- Armaturnu mrežu treba postaviti tako da obezbedi minimalno 4,0 cm prekrivenosti armature.
- IZVOĐAČ je obavezan da u toku izvođenja armiranja obrati najveću

moguću pažnju da ne bi došlo do oštećenja hidroizolacione membrane.

#### 2.8.8.4.2 Armaturne šipke

Armaturne šipke se postavljaju na prethodno postavljenu armaturnu mrežu. Preklapanja treba izvesti u skladu sa relevantnim crtežima.

#### 2.8.8.5 Obezbeđenje kvaliteta

- Kvalitet i kontrola kvaliteta betoniranja treba da bude u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.
- Kvalitet i kontrola kvaliteta oplata treba da bude u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.
- Kvalitet i kontrola kvaliteta armature treba da bude u skladu sa odredbama POSEBNIH TEHNIČKIH USLOVA.
- Kvalitet i kontrola kvaliteta prefabrikovanih betonskih komponenti treba da bude u skladu sa odredbama navedenim u POSEBNIM TEHNIČKIH USLOVIMA.
- Kvalitet i kontrola kvaliteta materijala za prevlačenje i radova treba da bude u skladu sa odredbama austrijske direktive RVS 8.29.4.

#### 2.8.8.6 Merenje

Radovi navedeni u ovom odeljku mere se na sledeći način:

- Unutrašnja betonska obloga u tunelu meri se u metrima kubnim, uključujući teorijsku debljinu unutrašnje obloge ( $d_i$ ) unutar "Linije 3", kao što je prikazano na slici 2.8.9. Količine za unutrašnju betonsku oblogu izvan "Linije 4" se ne mere, izuzev za ispunjavanje prekomernog viška iskopavanja usled nepovoljnih geoloških uslova.
- U slučaju kada je prosečna vrednost stvarne deformacije određene sekcije manja od dozvoljenog odstupanja deformacija, merenja za dodatnu unutrašnju betonsku oblogu vrše se u metrima kubnim, ukoliko je razlika "c" veća od 10 cm. Količina dodatnog betona se izračunava između "Linije 3" i "Linije 4". Stvarne prosečne deformacije se izvode na osnovu geotehničkih merenja.

- Ispunjavanje prekomernog viška iskopavanja unutrašnjom betonskom oblogom meri se na licu mesta prema stvarnim količinama, ukoliko zahtevana količina betona prelazi 2 metra kubna (u skladu sa slikom 2.8.9).

- Unutrašnja betonska obloga niše se meri u metrima kubnim, kao što je prikazano na slici 2.8.11.

- Unutrašnja betonska obloga u luku podnožnog svoda i temeljnim gredama se meri u metrima kubnim unutar „Linije 2,, u skladu sa slikom 2.8.11.

- Dodatne količine betona za betonsku oblogu, usled proširenja poprečnog preseka ispod cevnog štita, ne mere se za plaćanje.

- Armaturna mreža i armaturne šipke koje se postavljaju u betonsku oblogu tunela, poprečnih prolaza za pešake, niša, tunela koji se izvode pokrivenim usekom i u potporne konstrukcije mere se prema masi, u skladu sa stvarnim količinama. Pomoćni materijal za pričvršćavanje ne mere se za plaćanje.

- Ometanja usled postavljanja zaštite za hidroizolacionu membranu u toku ugradnje armature ne meri se posebno, pa stoga treba da budu obuhvaćena relevantnim jediničnim cenama.

- Negovanje betona (npr. ponovno ispunjavanje pukotina) ne meri se za plaćanje, te stoga treba da bude obuhvaćeno relevantnom jediničnom cenom.

- Prefabrikovane betonske komponente se mjere u metrima dužnim.

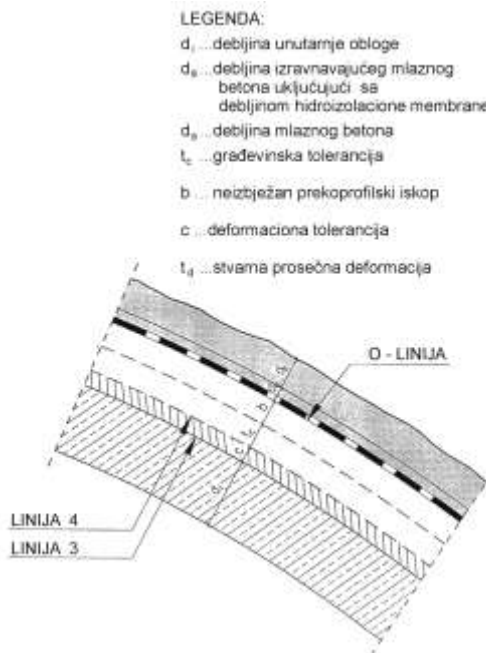
- Priprema i premaz betonske površine se meri u metrima kvadratnim duž unutrašnje površine obloge. U jediničnu cenu treba uključiti čišćenje površine.

#### 2.8.8.7 Plaćanje

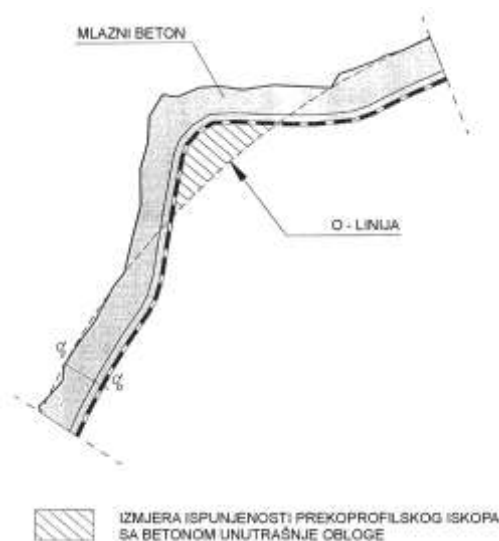
- Jedinične cene za različite obračunske stavke treba da uključuju radnu snagu, opremu i materijale potrebne za završetak izvođenja radova, uključujući uzimanje uzoraka, ispitivanje i kontrolu kvaliteta. Oplata i skela treba da budu uključene u jedinične cene relevantnih obračunskih stavki.



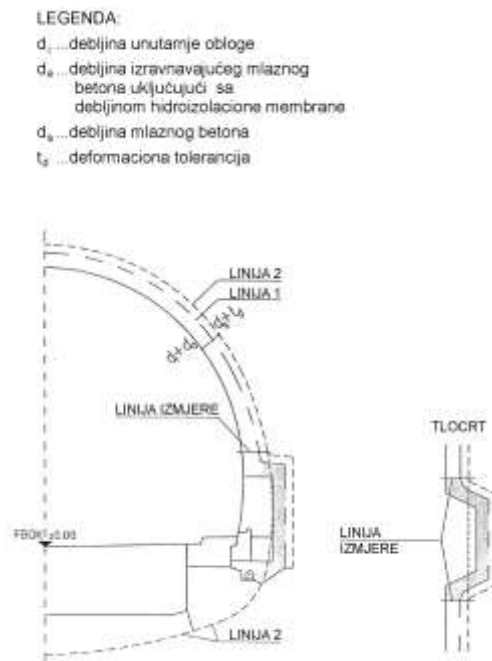
- Ukoliko se u toku iskopavanja tunela u procednim vodama pojave agresivne komponente, unutrašnja betonska obloga u tim deonicama tunela mora da bude izvedena kao beton "otporan na sulfate". Radna snaga, oprema i materijali moraju da budu uključeni u dodatno plaćanje za beton "otporan na sulfate".
- Jedinična cena za prefabrikovane elemente treba da obuhvata radnu snagu, opremu i materijale potrebne za završetak radova, uključujući armature, zaptivanje spojeva, kao i transport na gradilište.
- Jedinična cena za premaz treba da uključuje radnu snagu, opremu i materijale potrebne za završetak izvođenja radova.



Slika 2.8.9: Linije za merenje i obračun unutrašnje betonske obloge



Slika 2.8.10: Linije za merenje i obračun ispunjavanja viška iskopavanja sa unutrašnjom betonskom oblogom



Slika 2.8.11: Linije za merenje betona u nišama

## 2.8.9 UZEMLJENJE U TUNELU

### 2.8.9.1 Opšte

- U ovom odjeljku određeni su materijali i instalacije glavnih čeličnih provodnika za uzemljenje, koje se postavljaju u temelje tunela, njihovo povezivanje ispod luka podnožnog svoda i povezivanje sa kablovima za uzemljenje u kabelovskim kanalima i sa armaturom obloge od mlaznog betona.
- U vezi sa detaljima o postavljanju i povezivanju provodnika za uzemljenje treba pogledati relevantne crteže.
- Ovaj Odeljak se ne odnosi na sistem uzemljenja područja portala, niti na razvodne objekte koji su obuhvaćeni specifikacijama za radove na električnoj instalaciji.
- IZVOĐAČ je odgovoran za povezivanje sistema uzemljenja tunela, kao i za ispitivanje i funkcionisanje uređaja za uzemljenje. IZVOĐAČ je obavezan da NADZORU dostavi sveobuhvatan program ispitivanja, kao i zapisnike o dobijenim rezultatima.

### 2.8.9.2 Materijali

- Glavni provodnici za uzemljenje u tunelskim cevima, uzdužni i poprečni provodnici, treba da se sastoje od 25 x 4 mm FE-Zn traka.
- Potrebna povezivanja provodnika za uzemljenje treba izvesti pomoću 2 zavrtnja M8 sa odgovarajućim navrtkama i maticama, od mesinga.

### 2.8.9.3 Izvođenje

- Glavne uzdužne provodnike za uzemljenje treba postaviti u temeljima tunela, sa svake strane, i zaliti na licu mesta ovim konstruktivnim elementom.
- Između oba uzdužna provodnika za uzemljenje potrebno je postaviti poprečne provodnike. Navedene poprečne

provodnike treba postaviti u betonski podnožni svod ili donji noseći sloj kolovoza. Na poprečnim spojevima provodnici za uzemljenje treba da budu povezani armaturom mlaznog betona. Razmak između poprečnih provodnika treba da iznosi oko 50 m.

- Na svakoj tački spoja uzdužnih i poprečnih provodnika za uzemljenje u temelju tunela, potrebno je izvesti vertikalnu šipku, od istog materijala, koja mora da viri iz temelja i tako omogućava povezivanje provodnika uzemljenja kablovskog kanala, koji je postavljen u prefabrikovanom kanalu sa glavnim provodnicima za uzemljenje. Dužina vertikalnih provodnika treba da iznosi najmanje 80 cm.
- U skladu sa raspoloživom dužinom ravnih Fe-Zn provodnika, IZVOĐAČ je obavezan da obezbedi potrebnu količinu elemenata za povezivanje, koji su navedeni u 2. Poglavlju 2.8.9.2, kako bi se izvelo povezivanje poprečnih i uzdužnih provodnika.
- Na svakoj završnoj stacionaži portala obe tunelske cevi, glavni uzdužni provodnici za uzemljenje koji se nalaze u temeljima tunela, kako je navedeno gore u tekstu, treba da se završavaju. U skladu sa ovom tačkom potrebno je povezati vertikalne šipke, kako je navedeno u treći poglavlju čime se garantuje dalje povezivanje sistema uzemljenja tunela sa razvodnim objektima preko kablova za uzemljenje u području portala.

### 2.8.9.4 Merenje

Merenje uzdužnih i poprečnih ravnih traka i vertikalne šipke se vrši u dužnim metrima.

### 2.8.9.5 Plaćanje

Plaćanje za ravne trake se vrši prema jediničnoj ceni po dužnom metru. Radna snaga, oprema i materijali potrebni za postavljanje ravnih šipki treba da budu uključeni u jediničnu cenu.