

Poročilo

Predor Karavanke – Varnostno-tehnična
nadgradnja



iC

Naročnik

ÖBB Infrastruktur AG / DRI

Naslov dokumenta Predor Karavanke, varnostno-tehnična nadgradnja

Vibracijsko-tehnično poročilo

Datum dokumenta

31.10.2019

Revizija: 0

 **consulenter** | a member of iC group

iC consulenter Zivltechniker GesmbH
Schönbrunner Straße 297, 1120 Dunaj, Avstrija
T +43 1 521 69-0, F +43 1 521 69-180
office@ic-group.org, www.ic-group.org
FN 137252 t

EN ISO 9001

KONTROLNI LIST ZA DOKUMENTE**ŠTEVILKA PROJEKTA:** 13x190342**IZDELAL:** **iC consulenten Ziviltechniker GesmbH**
Schönbrunner Straße 297, A-1120 Dunaj
Tel.: +43 1 521 69 0
Faks: +43 1 521 69 180
E-pošta: office@ic-group.org**IZDELANO ZA:** **ÖBB Infrastruktur AG / DRI**
Upravljanje prog in razvoj naprav
Oddelek za gradbeno tehnologijo / gradnjo predorov
Weiserstrasse 7, 5020 Salzburg
Tel.: ++43 664 6173235
E-pošta: christian.seywald@oebb.atRepublika Slovenija
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI)
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana
Tel.: ++386 2 65 44 190
E-pošta: karmen.kosuta@dri.si**DATUM:** 31.10.2019**OBDELOVALEC:** iC - UNTERBERGER Wolfgang

Datum	Revizija št.	Obdelovalec	Preveril	Odobril	Podpis
31.10.2019	Rev. 0	Uw	Om	Uw	
	Rev. 1				
	Rev. 2				

VSEBINA

1.	Na zahtevo	1
2.	Osnove za načrtovanje	1
2.1.	Standardi in smernice.....	1
2.2.	Literatura in nepristranska mnenja	1
2.3.	Projektna dokumentacija	1
3.	Opis projekta	2
3.1.	Uvodna opomba	2
3.2.	Splošne informacije o projektu	2
3.3.	komore in tehnični prostori.....	2
3.4.	Glavni predor.....	3
3.5.	Varstvo kulturne dediščine.....	3
3.6.	Geologija.....	3
3.7.	Objekti tretjih oseb.....	4
3.7.1.	Sosednji objekti	4
3.7.2.	Avtocestni predor	4
3.7.3.	Predor Kollmer	5
4.	Faktorji vpliva in značilnosti	6
5.	Mejne vrednosti vibracij	7
5.1.	Standard ÖNorm S 9020.....	7
5.2.	Drugi standardi	11
5.3.	Obravnava spomeniškega varstva.....	11
6.	Napovedi vibracij / Izkušnje	12
6.1.	Izgradnja prečnega jaška avtocestnega predora.....	12
6.2.	Vplivi avtocestnega predora na železniški predor.....	14
6.3.	Vplivi železniškega predora na predor Kollmer	14
6.4.	Povzetek	15
7.	Presoja vplivov na okolje v Sloveniji	15
8.	Ukrepi in spremljanje.....	16
8.1.	Ukrepi v postopku gradnje	16
8.2.	TEHNIČNA NAVODILA ZA MINIRANJE.....	16
8.3.	Meroslovní NADZOR.....	16
8.4.	GRADBENO ZAVAROVANJE dokazov	17

DODATKI**TABELE**

Tabela 1: Klasifikacija gradbenih objektov v nizki gradnji po razredu občutljivosti.....	8
Tabela 2: Klasifikacija gradbenih objektov v visoki gradnji po razredu občutljivosti	8
Tabela 3: Razredi pogostosti	9
Tabela 4: Razredi po trajanju dogodka	9
Tabela 5: Faktor razreda občutljivosti.....	10
Tabela 6: Zmanjševalni faktor A_f za frekvence do 10 Hz.....	10
Tabela 7: Referenčne vrednosti za vpliv vibracij zaradi miniranja	11
Tabela 8: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ04 v obliki tabele.....	12
Tabela 9: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ05 v obliki tabele.....	13

SLIKE

Slika 1: Geologischer Längenschnitt des Karavanketunnels / Geološki vzdolžni prerez predora Karavanke [6].....	4
Slika 2: Avtocestni predor Karavanke (os železniškega predora črtkana).....	5
Slika 3: Prečkanje predor Kollmer skozi avtocestni predor.....	6
Slika 4: Predor Kollmer v prečnem prerezu.....	6
Slika 5: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ04 v obliki grafa.....	13
Slika 6: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ05 v obliki grafa.....	13
Slika 7: Merske vrednosti vibracij predor Kollmer, Vir: STCE [2].....	14
Slika 8 : Merilni položaji v obstoječem predoru	17

1. **NA ZAHTEVO**

V okviru varnostno-tehnične nadgradnje železniškega predora Karavanke se bodo obstoječe komore (niše) razširile na tehnične prostore. Za to je potrebno miniranje v neposredni bližini obstoječe notranje obloge predora.

iC consulenten je bil angažiran za pripravo vibracijsko-tehničnega poročila, ki določa meje in opisuje sistem spremljanja gradbene faze. Nadalje je treba omeniti priporočila oz. zahteve za izvajanje gradbenih del.

2. **OSNOVE ZA NAČRTOVANJE**

2.1. **STANDARDI IN SMERNICE**

ÖNorm S 9020 (2015/12): "Zaščita pred vibracijami za nadzemne in podzemne naprave" (AT)

SN 640 312 a (1992/04): "Vibracije - vibracijski učinki na grajene objekte" (CH)

DIN 4150-3 (2016/11): "Vibracije v gradbeništvu - 3. del: Vplivi na gradbene objekte". (DE)

2.2. **LITERATURA IN NEPRISTRANSKA MNENJA**

[1] iC consulenten ZT GmbH, karavanška avtocesta A 11, predor Karavanke 2. cev / Tehnično poročilo o miniranju, oktober 2017

[2] STCE, karavanška avtocesta A 11, varnostna nadgradnja predora Karavanke / poročilo o meritvah Stollen Kollmer, julij 2019

[3] Koch, HW (1958): O možnosti razmejnitve količine naboja pri miniranju kamnolomov po ugotovljenih intenzivnostih vibracij. Nobel Issue 24, strani 92 - 96

[4] Lüdeling, R.; Hinzen, K.G. (1986): Prognoza vibracij in kataster vibracij - Raziskave na območju vibracij zaradi miniranja. Nobelhefte, od aprila do septembra 1986, str. 105-123

2.3. **PROJEKTA DOKUMENTACIJA**

[5] Geoconsult / Geoportal / Bernard (2019): Geotehnično poročilo (tehnični prostori, odseki z anhidritom, odseki RQ-III) / geotehnično poročilo (tehnični prostori, odseki z anhidritom, odseki s KPPIII)

[6] 3G (2019): Inspektion der Tunnelauskleidung / Pregled predorske obloge

3. OPIS PROJEKTA

3.1. UVODNA OPOMBA

Opis projekta je narejen kot en sam dokument zaradi lažjega branja tehničnega poročila o vibracijah. Navedbe so bile privzete iz ustreznih projektnih dokumentov projektantov (Geoconsult / Geoportal / Bernard [5] in 3G [6]) in skrajšane, tako da so opisani predvsem tehnični vidiki projekta, ki se nanašajo na vibracije. V primeru nasprotij veljajo navedbe poročil in načrtov projektantov.

3.2. SPLOŠNE INFORMACIJE O PROJEKTU

Dvotirni enocevni predor Karavanke, dolžine 7.976m leži med železniškima postajama Rosenbach (AUT) in Jesenice (SI) in zajema tako avstrijsko kot slovensko državno ozemlje. Stacionaža narašča od železniške postaje Rosenbach do državne meje, od državne meje stacionaža spet upada. Stacionaža državne meje na obstoječi km 53 + 635 na avstrijski strani ustreza obstoječim km 637 + 265 na slovenski strani.

V smislu predorogradnje so v projekt vključene naslednje bistvene točke:

- izpolnitev zahtev EisbAV in posameznih ukrepov TSI-SRT
- rekonstrukcija z ukinitvijo dveh tirov in izgradnje enega tira
- zagotovitev svetlega profila LPR 1 za AUT in po dogovoru, tudi za SLO
- sanacija notranje obloge predora oz. lokalnih notranjih oblog iz brizganega betona
- izboljšava sistema za odvodnjavanje
- obnova voznega voda (konec življenjske dobe)
- ukrepi na področju signalizacije, telekomunikacij in sistemov oskrbe z energijo (SVTK in EE) v predorih

Gradbeni ukrepi so namenjeni podaljšanju življenjske dobe za 30 let.

3.3. KOMORE IN TEHNIČNI PROSTORI

V predoru Karavanke je skupno 152 niš, 5 "majhnih komor" in 2 "veliki komori", ki so delno podprte s tehnično opremo. Velike in majhne komore so razporejene ob strani proge 2 in imajo medsebojno razdaljo približno 920 - 1.060 m. Velike komore ležijo, merjeno od portalov, približno 3.045 - 3.060 m znotraj predora.

Odstavne niše so med seboj oddaljene najmanj 70 m do največje razdalje 125 m, pri čemer znaša standardna razdalja približno 90 - 110 m. Obloga niš in komor je potekala z zidaki in lomljenci.

Za opremo SFE je treba tehnične prostore urediti v razdaljah približno 1000 m. To ustreza medsebojni razdalji obstoječih velikih in majhnih komor. Za namestitev tehničnih prostorov je na splošno predvidena uporaba teh komor, vendar obstoječi prostor glede višine, širine in globine ni dovolj za pokritje potrebnih potreb po prostoru. Zaradi tega je treba te komore razširiti tako, da se v njih uredijo naslednji prostori:

- MSP prostor
- Trafo prostor
- NSP prostor

- Prostor za napravo za stabilizacijo trdote

Namestitev prihodnjih tehničnih prostorov / sedanjih komor je naslednja (MS pomeni "majhna komora", "VS" pa "velika komora"):

- Tehnični prostor 1 - MS1 ÖBB-obstoječi-km: 50 + 259
- Tehnični prostor 2 - MS2 ÖBB-obstoječi-km: 51 + 264
- Tehnični prostor 3 - VS1 ÖBB-obstoječi-km: 52 + 322
- Tehnični prostor 4 - MS3 ÖBB-obstoječi-km: 53 + 259
- Tehnični prostor 5 - VS2 SŽ-obstoječi-km: 636 + 707
- Tehnični prostor 6 - MS4 SŽ-obstoječi-km: 635 + 681
- Tehnični prostor 7 - MS5 SŽ-obstoječi-km: 634 + 664

Tehnični prostori so zasnovani kot dvojne cevi za izpust vode pod pritiskom s krovnim tesnilom (krovno tesnilo tudi na območju obstoječega). Dvojna izgradnja je sestavljena iz zunanje lupine iz armiranega brizganega betona in notranje lupine iz brizganega betona.

3.4. GLAVNI PREDOR

Na območjih, kjer se bodo obstoječe majhne in velike komore razširile v tehnične prostore, bo glavni predor zavarovan s 15 cm armiranega brizganega betona, ojačanega z jekleno mrežo. Vzdržna razširitev te zaščite iz brizganega betona je bila izbrana v skladu z zahtevami glede skladnosti z mejnimi vrednostmi vibracij (podpoglavje 5.1). Na območju VS2 (bodoči tehnični prostor 5) je bil obstoječi predor poškodovan in že zavarovan s sidriščem.

Na naslednjih mestih stanje obstoječega predora zahteva okrepljeno sanacijo ("RQ III") s 40 cm ojačanim brizganim betonom, pri čemer je dolžina odseka vedno nekoliko večja od površine, ki jo je treba sanirati:

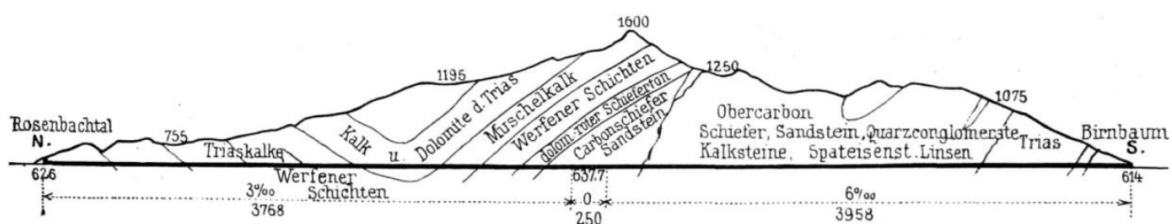
SŽ-obstoječi-km: 636+330,0 - 636+318,0 - 389 m oddaljenost od VS2
SŽ-obstoječi-km: 636+004,0 - 635+994,0 - 313 m oddaljenost do MS4
SŽ-obstoječi-km: 635+616,0 - 635+594,0 - 65 m oddaljenost do MS4
SŽ-obstoječi-km: 634+727,0 - 634+703,0 - 39 m oddaljenost do MS5

3.5. VARSTVO KULTURNE DEDIŠČINE

Na avstrijski strani je portal železniškega predora pod spomeniškim varstvom, na slovenski strani celotna gradbena izvedba tunela (glej tudi poglavje 5.3).

3.6. GEOLOGIJA

Iz časa gradnje do državne meje Triaskalk so dokumentirane plasti Werfenerja, apnenec in dolomit iz triasov, lupinarski apnenec, ogljikov skrilavc in peščenjak. Od državne meje so bili dokumentirani ogljični skrilavci, peščenjaki, zgornji karbon, kremenovi konglomerati [5].



Slika 1: Geologischer Längenschnitt des Karavanketunnels / Geološki vzdolžni prerez predora Karavanke [6].

3.7. OBJEKTI TRETJIH OSEB

3.7.1. Sosednji objekti

Na območju, kjer se bo izvajalo miniranje, nad tunelom ni sosednjih objektov.

Na slovenski strani so sosednje zgradbe na območju portala, vendar ne neposredno nad tunelom. Med portalom in postajo Jesenice so na obeh straneh poti različne stanovanjske in gospodarske stavbe.

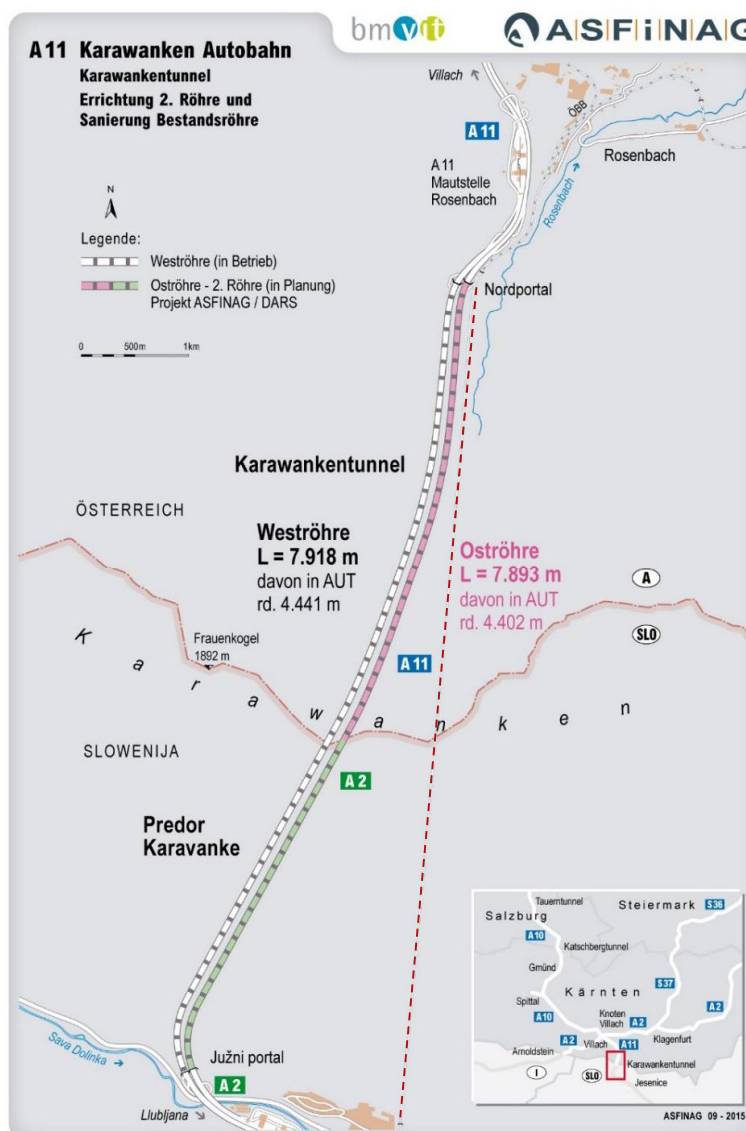
3.7.2. Avtocestni predor

Avtocestni predor Karavanke poteka zahodno od železniškega predora. Na severnem portalu (Avstrija) je od železniškega predora oddaljen približno 150 m in leži 30 m višje. Proti jugu se avtocestni predor vse bolj odmika od železniškega predora. Trenutno (2019 - 2021) se na avstrijski in slovenski strani gradi druga predorska cev (vzhodno od obstoječe cevi).

Na območju severnega portala so tudi mostovi in portali avtoceste na razdalji približno 150 m do železniških objektov.

V okviru načrtovanja avtocestnega predora so bile določene mejne vrednosti vibracij za vplive na železniški predor, med gradnjo pa so bile izvedene meritve vibracij v železniškem predoru [1].

Med gradbenimi deli za prečnike so bile na avstrijski strani izvedene tudi vibracijske meritve v obstoječih ceveh avtoceste, katerih rezultate je mogoče delno uporabiti.

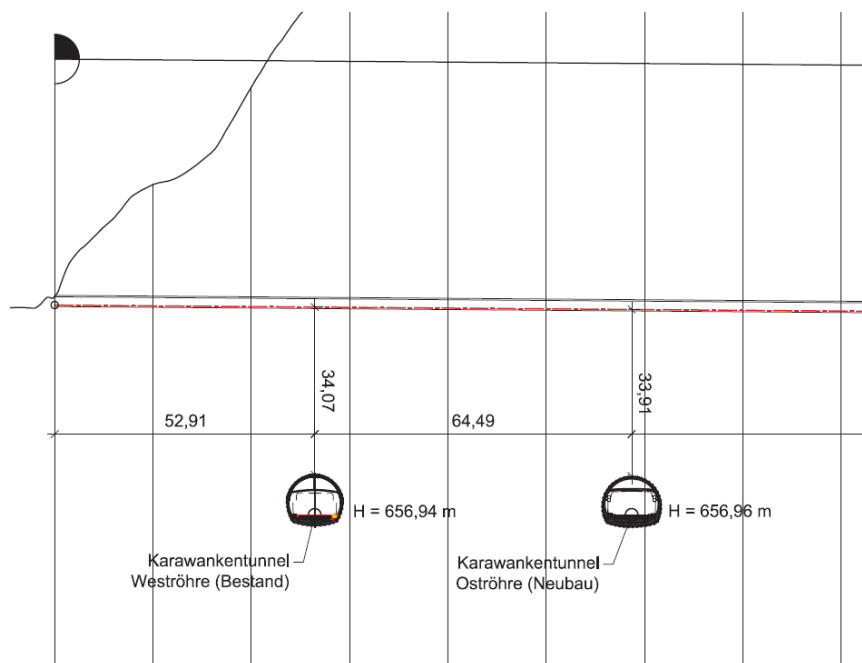


Slika 2: Avtocestni predor Karavanke (os železniškega predora črtkana).

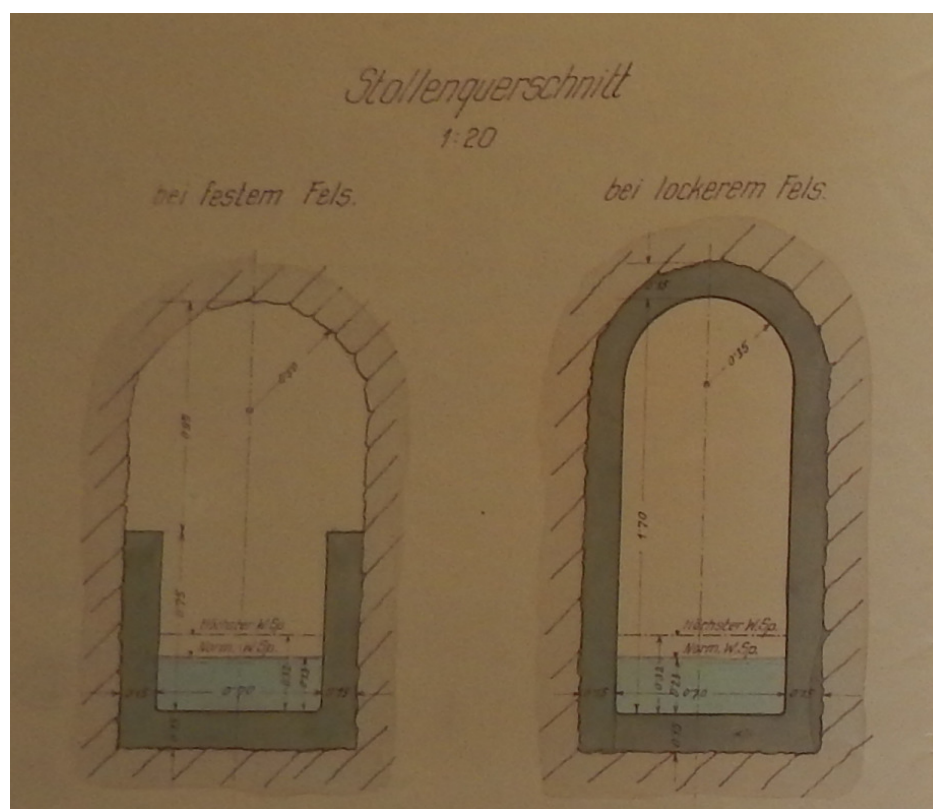
3.7.3. Predor Kollmer

Na približno 49,9 km, železniški predor prečka predor hidroelektrarne Kollmer. Tehnični prostor 1/MS1 se nahaja pri km 50 + 259, torej več kot 350 m razdalje. Vertikalna razdalja med predorom in cevjo tunela znaša približno 60 m. Sam predor je zasnovan kot prostostoječ predor. Glede na razpoložljive dokumente je predor na spodnjem delu obložen v "trdni skali" kot pravokoten kanal in popolnoma obložen v "netrdni skali" (Slika 4).

Med gradnjo druge cevi avtocestnega predora Karavanke, ki poteka pod predorom s 34 m vertikalne razdalje, so bile v predoru izvedene meritve vibracij [2].



Slika 3: Prečkanje predor Kollmer skozi avtocestni predor



Slika 4: Predor Kollmer v prečnem prerezu

4. FAKTORJI VPLIVA IN ZNAČILNOSTI

Pri vibracijsko-tehničnem pregledu je treba upoštevati naslednje vplive oz. značilnosti:

Zaščita obstoječih gradbenih objektov

Glavno zaščito predstavlja obstoječ predor. Treba je opozoriti, da bo med miniranjem predor zaprt za železniški promet, razna oprema, kot sta infrastruktura in vozna mreža, pa se odstrani ali ne bo delovala.

Varstvo pri delu

Med gradnjo mora biti osebje, ki dela v predoru, zaščiteno pred nevarnostjo. Zahteve za to v veliki meri ustrezajo zahtevam za zaščito obstoječe gradnje (preprečevanje padanja opek).

Zaščita sosednjih in drugih objektov pred poškodbami:

V območju vpliva miniranja ni sosednjih objektov. Tunel prečka predor hidroelektrarne "Kollmer" na razdalji > 350 m od bližnjih razstreljevalnih del. Avtocestni predor Karavanke se nahaja vsaj 150 m zahodno od železniškega predora. Pri tehničnem prostoru 1 / MS1 znaša razdalja med zadnjo steno tehničnega prostora in bočno stranico notranje obloge predora avtocestnega predora 153 m, osna razdalja med obema predoroma znaša tam 180 m.

Strokovno mnenje o zahtevani presoji vplivov na okolje na slovenski strani:

Na slovenski strani je treba pri Ministrstvu za okolje in prostor zaprositi za potrditev, da presoja vplivov na okolje ni potrebna. Za to je v zvezi z miniranjem potrebna ocena hitrosti vibracij na slovenskem portalu.

5. MEJNE VREDNOSTI VIBRACIJ

5.1. STANDARD ÖNORM S 9020

"Stari" standard ÖNorm S 9020 (1986/08) je navajal razmeroma nizke referenčne vrednosti za škodo na zgradbah, kar je zlasti pri gradnji tunela privedlo do nerealnih omejitev škodljivih vplivov vibracij.

15. decembra 2015 je bil izdan novi standard ÖNorm S 9020 "Zaščita pred vibracijami za nad- in podzemne objekte", ki nadomešča doslej veljavni standard ÖNorm S 9020 (1986/08) "Stavbne vibracije, vibracije zaradi miniranja in podobni impulzni vplivi". Nov ÖNorm vključuje obsežne praktične izkušnje v zadnjih treh desetletjih, poleg tega pa je razširil tudi področje uporabe na infrastrukturo in zajema veliko večje število vplivov zaradi vibracij kot prej.

V splošnem standard izrecno določa, da je treba vibracije, katerih največja hitrost vibriranja ne presega 2,5 mm/s, šteti za gradbeno-tehnično nepomembne.

Gradbeni objekti se, ločeno na nizke gradnje in visoke gradnje, razvrščajo glede na njihovo občutljivost.

Razred občutljivosti	Opis	Primeri iz nizke gradnje
0	malo občutljivo	<ul style="list-style-type: none"> - prometna infrastruktura - podporne konstrukcije iz betona, armiranega betona ali masivnega zidu - jame, jaški in predori v gradbeni izvedbi iz armiranega betona - temelji žerjavov in strojev - podzemno položeni cevovodi iz jekla - vmesni stropi v tunelih
1	manj občutljivo	<ul style="list-style-type: none"> - jame, jaški in predori v drugih gradbenih izvedbah kot iz armiranega betona - podzemne garaže - podzemni cevovodi iz betona - suhi zidovi
2	normalno občutljivo	<ul style="list-style-type: none"> - zajem izvirov, rezervoarji - neizdelani votli prostori oz. votli prostori v slabem stanju ohranjenosti - zidani kanali
3	povišano občutljivo	<ul style="list-style-type: none"> - cevovodi iz litega železa - srednje in visokonapetostni kabli (do 110 kV)
4	zelo občutljivo	<ul style="list-style-type: none"> - zelo visokonapetostni kabel (380 kV)

Tabela 1: Klasifikacija gradbenih objektov v nizki gradnji po razredu občutljivosti.

Razred občutljivosti	Opis	Primeri iz visoke gradnje
0	zelo malo občutljivo	Inženirske lesene konstrukcije Zgradbe težke industrije Mostovi iz armiranega betona ali jekla Odprti položeni cevovodi
1	manj občutljivo	Industrijske in poslovne stavbe iz armiranega betona ali v jekleni konstrukciji - praviloma brez maltnih ometov Silosi, stolpi in visoki dimniki v jekleni konstrukciji ali masivni obliki gradnje brez maltnih ometov Predalčni stebri Suhi zidovi
2	normalno občutljivo	Stanovanjske stavbe, poslovne stavbe, šolske stavbe, bolnišnice in cerkve iz armiranega betona, zidanih ali umetnih gradbenih blokov z maltnimi ometi in trdnim betonom ali montažnimi stropi Gradnje iz lesenih okvirjev
3	povišano občutljivo	Stavbe z nizko togostjo okvirja Hiše s stropom iz ometa ali zidarske opeke, strop iz lesenih tramov Hiše iz plinastega betona, gradnje iz opeke (glinene zgradbe) Zidane konstrukcije
4	zelo občutljivo	Spomeniško varovane stavbe, ki so posebej dovzetne za vibracije glede na svojo gradnjo ali stanje (npr. ruševine)

Tabela 2: Klasifikacija gradbenih objektov v visoki gradnji po razredu občutljivosti.

Standard ÖNorm S 9020 upošteva kot spomeniško varovane stavbe samo tiste na področju gradnje stavb z lastnim razredom občutljivosti, ki so razvrščene z izrecnim sklicevanjem na "ruševine" in so zaradi posebne dovzetnosti na vibracije zaradi svojega gradbenega stanja razvrščene v razred občutljivosti 4. Za nizke gradnje ni določen ločen

razred občutljivosti za spomeniško varovane stavbe, ki so razvrščene glede na njihovo stanje gradnje v primeren razred občutljivosti.

Kot del ocene vibracij avtocestnega predora so bili obstoječi objekti ASFINAG (notranja obloga predora, vmesni strop, portali, mostovi na območja portala) dodeljeni razredu občutljivosti 0. To se ohranja tudi za predmetna dela. Predor elektrarne Kollmer bo razvrščen, kot delno neizdelan oz. pod določenimi pogoji v slabem stanju ohranjenosti, v razred občutljivosti 2.

Železniški predor je bil za določanje mejnih vrednosti za miniranja v avtocestnem predoru, ker je zgrajen ne pa izdelan iz armiranega betona in deloma v slabem stanju, dodeljen razredu občutljivosti 2. Za predmetna dela se določi dodelitev področij v območju tehničnih prostorov, ki so zavarovani z brizganimi betonom, v razred občutljivosti 1 in za ne posebej zavarovana območja v razred občutljivosti 2. Odseki z obstoječim brizganim betonom ali podobnim so enačeni z nezavarovanimi zidovi.

Vibracijski vplivi se označujejo glede na njihovo pogostost. Pri ugotavljanju pogostosti se upoštevajo samo dogodki, pri katerih največja hitrost vibracij doseže najmanj 2,5 mm/s.

Razred	Vzrok / karakterizacija vibracij
redko	Pospeševalna in pridobitna miniranja Vibracijsko intenzivno rušenje ali gradbena dela, ki trajajo do enega tedna Ponavljajoči se negativni vplivi vibracij do 5 minut dnevno Resonance zagona in zaustavitve trajno delujočih strojev Do 1000 dogodkov na leto iz drugih virov vibracij
ponavljajoče	Železniške proge z letnim povprečjem do 150 vlakov na dan Vibracijsko intenzivno rušenje ali gradbena dela, ki trajajo več kot en teden
pogosto	Železniške proge z letnim povprečjem do 150 vlakov na dan Notranji železniški promet (ÖPNV poti) Proizvodni stroji Ponavljajoče se vibracije, ki trajajo več kot 4 ure na dan Več kot 100.000 dogodkov na leto iz drugih virov vibracij

Tabela 3: Razredi pogostosti

Poleg tega so učinki vibracij karakterizirani glede na njihovo trajanje.

Razred	Opis
v obliki impulzov	do 2 sekundi
kratkoročno	daljši od 2 sekund in krajši od 180 sekund
neprekinjeno	daljši od 180 sekund

Tabela 4: Razredi po trajanju dogodka

Določitev referenčne vrednosti v_{RW} poteka v skladu z naslednjo enačbo:

$$v_{RW} = v_B \cdot E_F \cdot A$$

wo: v_B ... Osnovna referenčna vrednost = 9 mm / s

E_F ... Faktor razreda občutljivosti

A_F ... Faktor zmanjšanja za frekvence do 10 Hz

Faktor razreda občutljivosti je naslednji:

Razred občutljivosti	Faktor E_F
0	15,0
1	8,0
2	3,5
3	1,8
4	1,0

Tabela 5: Faktor razreda občutljivosti.

Faktor zmanjšanja za frekvenco je 1,0 Hz od 40 Hz, pod 10 Hz pa faktorji Tabela 6, interpoliranje vmes.

Trajanje	v obliki impulzov	kratkoročno	Neprekinjeno
Pogostost			
redko	1,00	0,75	0,60
ponavljajoče	0,75	0,60	0,50
Pogosto	0,60	0,50	0,45

Tabela 6: Zmanjševalni faktor A_F za frekvence do 10 Hz.

Za miniranja pri gradnji velja, da so po dolžini "impulzna" in ponavljajoča se po pogostosti. Ker pa gre, posebej v bližini, za visokofrekvenčne dogodke z značilnimi frekvencami nad 40 Hz, za ugotavljanje referenčne vrednosti na gradbeni konstrukciji predora odpade zmanjševalni faktor A_F in ta postane 1,0.

Za razvrstitev železniškega predora Karavanke v razrede občutljivosti se opredeli sledeče. V razred občutljivosti 1 so razvrščena območja, v katerih se v okviru predvidenih del za podporo obstoječemu zidu (RQ II in RQ III) nanese najmanj 15 cm armiranega brizganega betona. Vsa druga območja so razvrščena v razred občutljivosti 2, tudi če so med prejšnjimi sanacijami uporabili brizgani beton za različne namene.

Izjema je območje tehničnega prostora 5 / velika komora 2. Zaradi tukajšnjih s sidri saniranimi poškodbami predora tu velja 20% znižane mejne vrednosti ("razredi občutljivosti 1a oz. 2a").

Razred občutljivosti	Objekti v projektu	Formula	v_{RW}
0	Grajeni objekti ASFINAG (notranja obloga predora in vmesni strop, mostovi na območju portala)	$9 \cdot 15,0 \cdot 1,0$	135 mm/s
1	Zidana notranja obloga železniškega predora Karavanke, zavarovana s 15 cm armiranim brizganim betonom	$9 \cdot 8,0 \cdot 1,0$	72 mm/s
1a	Zidana notranja obloga železniškega predora Karavanke, zavarovana s 15 cm armiranim brizganim betonom, pri tehničnem prostoru 5/VS2	$9 \cdot 8,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8$	58 mm/s
2	Druge notranje zidane obloge železniškega predora Karavanke, predor Kollmer	$9 \cdot 3,5 \cdot 1,0$	31,5 mm / s
2a	Druge notranje zidane obloge železniškega predora Karavanke pri tehničnem prostoru 5 / VS2	$9 \cdot 3,5 \cdot 1,0 \cdot 0,8$	25 mm/s

Tabela 7: Referenčne vrednosti za vpliv vibracij zaradi miniranja.

5.2. DRUGI STANDARDI

Švicarski standard SN 640 312a je nekoliko drugačen. Predori, kaverne in jaški v kamninah ali dobro utrjeni zemljini - kot tudi betonski, armiranobetonski ali zidane nosilne konstrukcije - so dodeljeni v razred občutljivosti "zelo malo občutljivi". Za "občasne" vplive, kot je miniranje, se pridobijo mejne vrednosti za nastalo hitrost vibracij v_R med 60 (30 - 60 Hz) in 90 (> 60 Hz) mm/s.

DIN 4150-3 določa mejno vrednost 60 mm/s za podzemne votle prostore iz betona in naravnega kamna ter 80 mm/s za železobetonski in brizgani beton, vendar za največjo komponento hitrosti vibracij. Nastala hitrost vibracij je vedno večja ali enaka največji komponenti.

Tako SN 640 312a kot DIN 4150-3 uvajata svoj lasten gradbeni razred za spomeniško varovane stavbe samo v visoki gradnji.

Primerjava standardov DACH kaže, da ÖNorm S 9020 zagotavlja vrednosti, ki so primerljive z izjavami drugih standardov. Ker standard vključuje avstrijske izkušnje zadnjih 15 let z izvajanjem izkopov bližje obstoječim tunelom, omogoča nekoliko višje vrednosti kot drugi standardi območja DACH.

5.3. OBRAVNAVA SPOMENIŠKEGA VARSTVA

Iz standardov je razvidno, da podzemni spomeniško varovani objekti ne sodijo v povečan razred občutljivosti in s tem k znižanim mejnim vrednostim. Vendar bi bilo treba stanje, ki je dovzetno za vibracije, vključiti v opredelitev mejnih vrednosti spomeniško varovanega objekta. To se stori preko Tabela 7, preko razvrstitve odseka predora, ki ni zaščiten z brizganim betonom, v razred občutljivosti 2 in posebej dovzetnega območja pri tehničnem prostoru 5/VS 2 v posebej določen razred občutljivosti 2a.

6. NAPOVEDI VIBRACIJ / IZKUŠNJE**6.1. IZGRADNJA PREČNEGA JAŠKA AVTOCESTNEGA PREDORA**

Pri oceni predvidenih vibracij zaradi miniranja med gradnjo tehničnih prostorov je mogoče uporabiti izkušnje gradnje druge cevi in prečnikov avtocestnega predora.

V času pisanja tega poročila je bilo narejenih pet prečnikov. Trije so bili za nadaljnjo oceno izločeni: napredek GQ 01 je bil izveden strojno, GQ 02 se nahaja v geoloških pogojih, ki ne sovpadajo z nobeno od velikih in majhnih komor, EQ 03 pa ima prevelik prerez kot prečnik, po katerem se lahko vozijo intervencijska vozila. Tako ostaneta GQ 04 in GQ 05. Z avtocesto TM približno 1.105 in približno 1.380 sta oba prečnika med tehničnim prostorom 1 / MS1 in 2 / MS2.

Naslednje tabele in slike prikazujejo izmerjene vrednosti bočne stranice notranje obloge predora, ko se približujete obstoječemu predoru. "Razdalja do obstoječega" ustreza razdalji med delovno površino pred izkopom in odprtino predora, "razdalja do merilne točke" je vedno nekoliko večja, saj je bila merilna točka ob strani prereza prečnega jaška.

Pri razlagi meritev je treba upoštevati naslednje:

- Pri avtocestnem predoru je bilo treba upoštevati mejno vrednost 135 mm/s na notranji steni. Zasnova sheme miniranja je sledila temu cilju.
- Tu se miniranja premaknejo do merilne točke / stene predora in vpliv miniranja je neposredno v smeri stene predora. Vpliv bo torej večji kot v primeru železniškega predora, kjer so miniranja usmerjena stran od stene predora proti hribu.

GQ 04 TM 1104,96				
Trigger-Zeitpunkt	Dauer	Abstand zu Bestand [m]	Abstand zu Messpunkt [m]	Vektorsumme [mm/s]
05.08.2019 05:42	15,2	1,3	3,27	53,9
04.08.2019 16:40	17,6	3,9	4,92	56,3
04.08.2019 09:47	18,7	5,2	6,00	73,5
04.08.2019 02:30	18,6	6,5	7,16	59,8
03.08.2019 23:05	15,1	7,8	8,36	57,0
03.08.2019 04:15	15,2	10,4	10,82	50,6

Tabela 8: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ04 v obliki tabele.

Legenda (velja tudi za spodnje tabele):

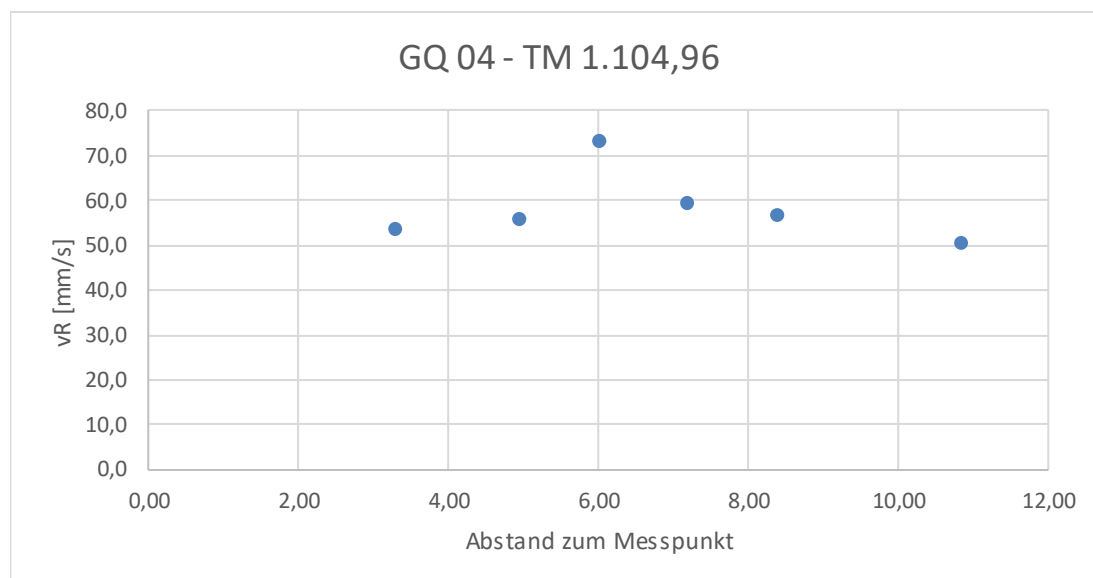
Trigger-Zeitpunkt = čas sprožitve

Dauer = trajanje

Abstand zu Bestand = razdalja do obstoječega

Abstand zu Messpunkt = razdalja do merilne točke

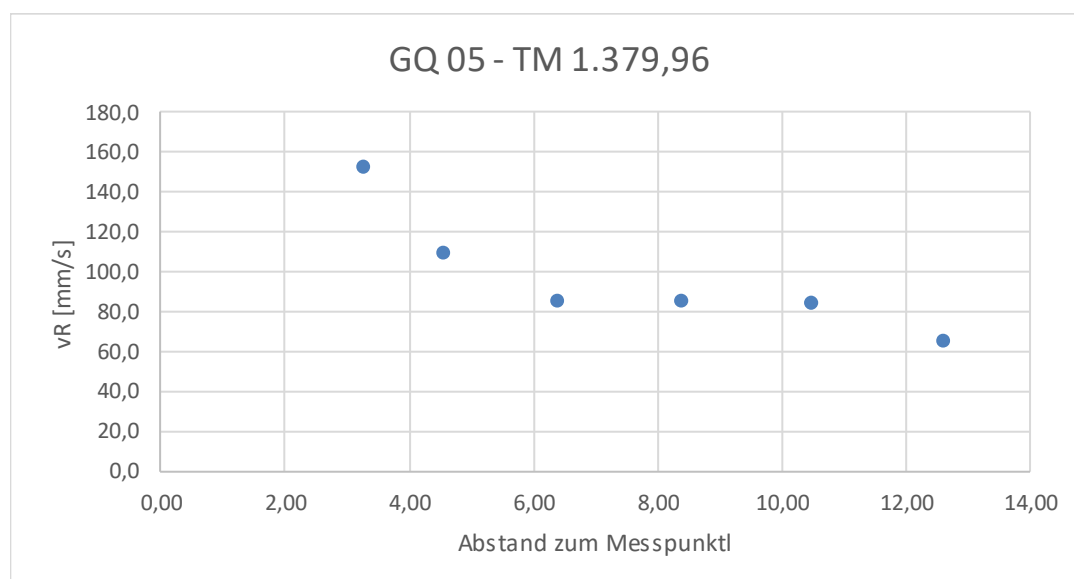
Vektorsumme = vektorska vsota



Slika 5: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ04 v obliki grafa.

GQ 05 TM 1379,96				
Trigger-Zeitpunkt	Dauer	Abstand zu Bestand [m]	Abstand zu Messpunkt [m]	Vektorsumme [mm/s]
14.09.2019 15:46	23,7	1,2	3,23	153,3
14.09.2019 08:45	23,2	3,4	4,53	109,8
13.09.2019 17:36	22,1	5,6	6,35	86,2
13.09.2019 12:59	16,9	7,8	8,36	86,2
13.09.2019 05:57	15,7	10	10,44	85,2
12.09.2019 23:32	15,1	12,2	12,56	66,3

Tabela 9: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ05 v obliki tabele.



Slika 6: Vrednosti izmerjenih vibracij avtocestni predor, GQ05 v obliki grafa.

Rezultati meritev iz avtocestnega predora, zlasti tisti iz GQ 04, kažejo, da se lahko ob ustrezni izbiri sheme razstreljevanja mejne vrednosti dosežejo na steni železniškega predora, obloženi z brizganim betonom.

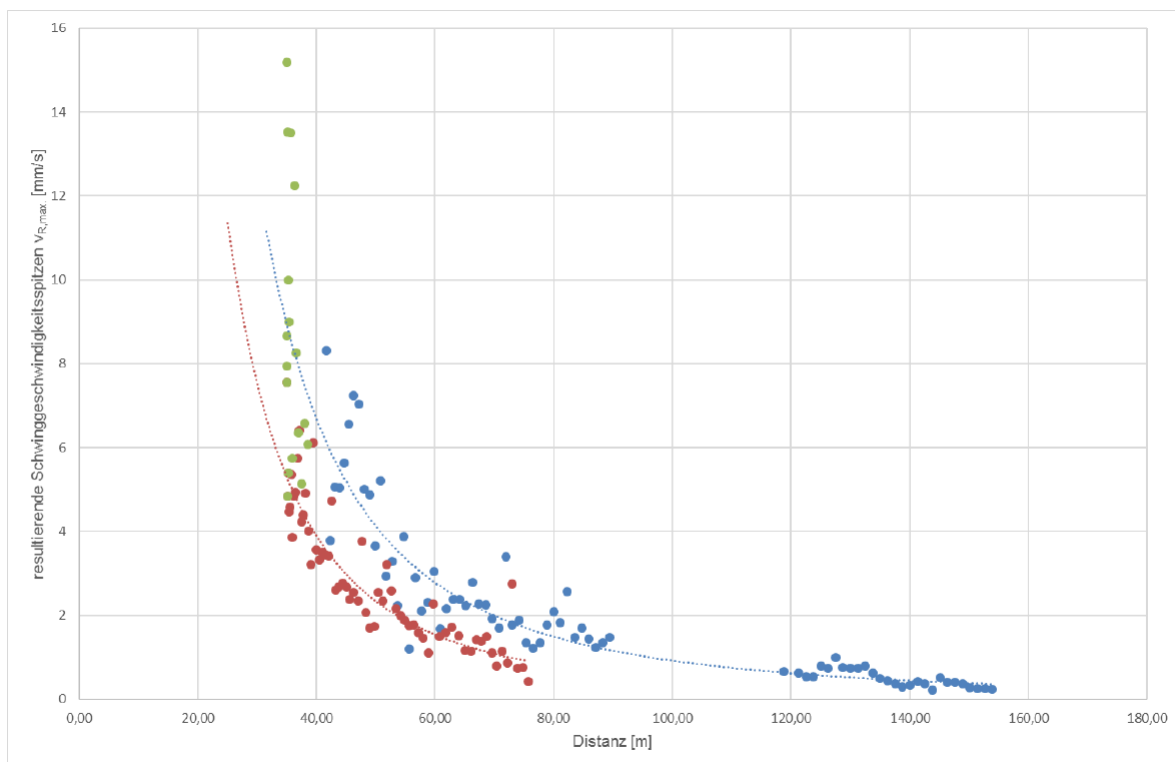
6.2. VPLIVI AVTOCESTNEGA PREDORA NA ŽELEZNIŠKI PREDOR

V začetni fazi gradnje druge cevi avtocestnega predora Karavanke so bile izvedene meritve vibracij v nišah blizu portala (niša 1 in niša 2) železniškega predora. Izmerjene vrednosti so ostale pod 5 mm/s, pri čemer je bila mejna vrednost za železniški predor 31,5 mm/s bistveno nižja od ustrezne mejne rednosti za avtocestni predor.

Zato se, nasprotno, lahko imisije pri tehničnih prostorih avtocestnega predora in drugih gradenj ASFINAG-a izključijo. Na slovenskem delu obeh predorov je razdalja bistveno večja kot na avstrijskem delu, zato so vplivi, ki se nanašajo na oceno, prav tako izključeni.

6.3. VPLIVI ŽELEZNIŠKEGA PREDORA NA PREDOR KOLLMER

Med podvozom predora Kollmer skozi drugo cev avtocestnega predora Karavanke (vertikalna razdalja 34 m) so bile v predoru izvedene spremljevalne vibracijske meritve. Poročilo o meritvah [2] kaže, da so bile upoštewane mejne vrednosti.



Slika 7: Merske vrednosti vibracij predor Kollmer, Vir: STCE [2]

Diagram prikazuje z rdečo barvo vpliv med približevanjem predoru Kollmer, z zeleno vplive na podvozu in z modro barvo vplive med odstranitvijo gradnje.

Pri opazno daljših razmikih razstreljevanja v železniškem predoru je relevantne vplive mogoče izključiti.

6.4. POVZETEK

Izmerjene vrednosti, dobljene med gradnjo prečnikov avtocestnega predora, kažejo, da je mejno vrednost 73 mm/s na z brizganim betonom varovano zidano notranjo oblogo železniškega predora Karavanke možno uporabiti. To dosežemo z minimalno razdaljo 3 m (3 m ali več) z ustrezno izbiro sheme in določitvijo največje količine eksploziva na enoto vžiga.

Meritve v železniškem predoru in v predoru Kollmer med gradnjo druge cevi avtocestnega predora kažejo, da med razstreljevanjem za tehnične prostore v železniškem predoru Karavanke na teh gradnjah ni pričakovati relevantnih imisij vibracij. Zato v teh gradnjah niso potrebni nobeni gradbeni dokazi ali spremljajoče meritve.

7. PRESOJA VPLIVOV NA OKOLJE V SLOVENIJI

Ker je od Ministrstva za okolje in prostor potrebno zahtevati potrditev, da presoja vplivov na okolje ni potrebna, se tukaj podrobneje obravnavajo vplivi vibracij na območju portala in širše.

Razstreljevanje, ki je najbližje portalu, poteka v tehničnem prostoru 7 / MS5 na SŽ-obstoječi-km 634+664. Južni portal se nahaja na SŽ-obstoječi-km 633+664 in je tako natančno 1000 m oddaljen od miniranja.

Meritve v železniškem predoru med miniranjem za gradnjo avtocestnega predora (glej poglavje 6.2) so za razdaljo > 150 m nanese vrednosti vibracij <5 mm/s. Vibracije razstreljevanja v območju portala se izračunajo po naslednji formuli:

$$v = v_0 \cdot \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-m}$$

Wo: $v_0 = 5 \text{ mm/s}$
 $r_0 = 150 \text{ m}$
 $r = 1.000 \text{ m}$
 $m = 1,52$

ocenjeno na <0,28 mm/s. Koeficient širjenja $m = 1,52$ je koeficient materiala, primeren za apnenec [4].

Tako določena vrednost je daleč pod mejnimi vrednostmi vibracij, ki veljajo za stanovanjske in poslovne stavbe različnih razredov občutljivosti. Zato ni pričakovati, da bodo ogrozile takšne gradnje.

Prav tako lahko domnevamo, da bodo takšne vibracije v stavbah komaj opazne. Število miniranj je, zaradi utesnjenih razmer v predorih, verjetno omejeno na največ dve na dan.

Preostala dela na prostem med južnim portalom železniškega predora in postajo Jesenice (odstranitev drugega tira, delo na zgornjih vodih in signalih) so imisijsko-tehnično ocenjene kot nizke in ustrezajo drugim vrstam vzdrževanja, ki jih na železniških progah redno izvajajo v večletnih presledkih. Delo se izvaja izključno ob delavnikih, med

6. in 22. uro, kar pomeni, da delo na samo spanje prebivalcev ne bo vplivalo in jih med nočnim spanjem ne bo motilo.

8. UKREPI IN SPREMLJANJE

8.1. UKREPI V POSTOPKU GRADNJE

Zaradi bližine območij RQ III na SŽ obstoječih km: 635+600 do tehničnega prostora 6 / MS4 in SŽ obstoječih km: 634 +715 do tehničnega prostora 7 / MS5 (podpoglavje 3.3), je treba sanacijska dela (zlasti 40 cm armirano betonsko oblogo) na teh območjih zaključiti, preden se začne izkop ustreznih tehničnih prostorov.

Prav tako je treba pred začetkom del na tehničnem prostoru zaključiti varovalna dela v glavnem predoru v začetnem območju tehničnega prostora (15-centimetrski armirani obloga iz brizganega betona) in končati varovanja, ki so potrebna za ustrezno obstoječo komoro.

Dela na tehničnem prostoru se lahko začnejo šele, ko je sistem za nadzor vibracij naročnika nameščen in pripravljen za merjenje.

8.2. TEHNIČNA NAVODILA ZA MINIRANJE

Zaradi dovoljenih omejitev in stanja obstoječega železniškega predora mora izvajalec pri načrtovanju sheme miniranja posebno pozornost nameniti čimbolj blagemu in nizko vibracijskemu miniranju. Rezultate meritev na sistemu za spremljanje vibracij izvajalca je treba stalno upoštevati in pri gradnji je treba izvesti ustrezne ukrepe.

Zlasti je treba paziti na zasnovu udara (zruška), npr. s praznimi izvrtinami večjega premera, in najmanjšo možno količino eksploziva na stopnjo vžiga.

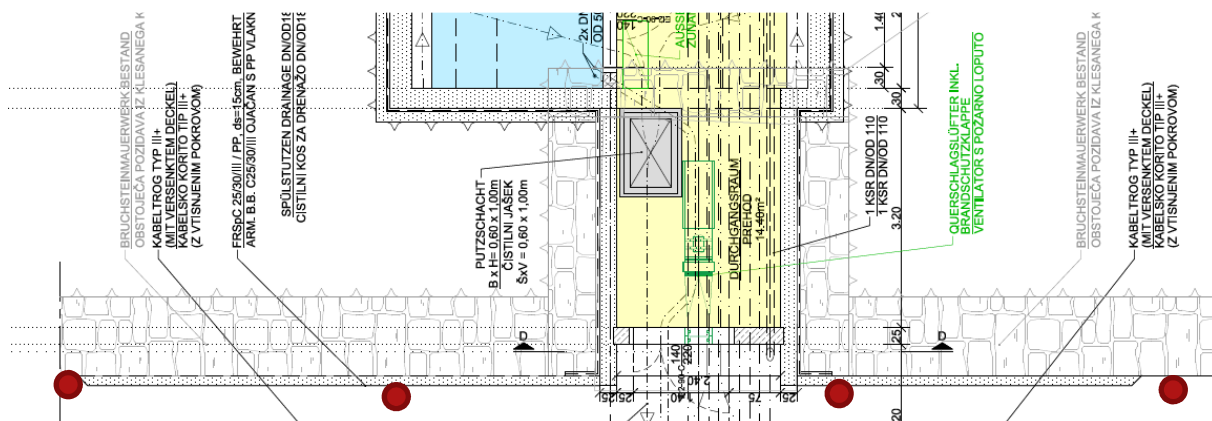
8.3. MEROSLOVNI NADZOR

Spremljanje vibracij izvajajo neposredni pooblaščenca naročnika. Izvajalec prejme pravočasen dostop do rezultatov meritev, saj so zlasti njegovi predstavniki vključeni v verigo alarmov (SMS sporočila), v primeru prekoračitve mejnih in opozorilnih vrednosti.

Izvajalec mora zagotoviti naslednje storitve:

- Merilne položaje je treba držati proste za namestitev konzol, merilnih naprav in ustreznih kablov.
- Izvajalec mora na merilnih mestih zagotoviti napajanje (230 V)
- V tunelu mora izvajalec zagotoviti mobilni sprejem podatkov ali primerljivo podatkovno povezavo za prenos merilnih podatkov.

Meritve se izvajajo na odseku predora, ki je obrnjen proti tehničnem prostoru. Tu sta na vsaki strani dostopa do tehničnega prostora (obstoječa komora) na voljo dve merilni napravi. Merilna naprava se postavi na območje, zaščiteno z brizganim betonom, s čim krajšo razdaljo do mesta miniranja, eno takoj (približno 1 m) po koncu zaščite iz brizganega betona v notranji oblogi železniškega predora.



Slika 8 : Merilni položaji v obstoječem predoru

Senzorji so nameščeni na nosilcih, ki jih je treba močnostno pritrčiti na brizgani beton oz. na zidanonotranjo oblogo. Pri izbiri konzol mora biti zagotovljena zadostna togost, da se prepreči samo vibriranje konzol v ustreznem frekvenčnem območju od približno 1Hz do 400Hz. Pritrditev sprejemnika na konzole mora biti tudi zelo togo. Pri izbiri pritrdilnih elementov je treba biti pozoren na tveganje, da bi se pritrdilni elementi senzorjev zaradi večkratne obremenitve, ki jo povzroči miniranje, zrahljali. Dovoljeni so vijaki in vpenjalni spoji ter zatezani napenjalni trakovi. Izrecno nedovoljeni so ekspanderji ali objemke za kable.

Senzorji morajo zagotavljati beleženje merilnih podatkov v skladu z ÖNorm S 9020. Merilno območje mora zajemati frekvenčno območje od 1 do 315 Hz, hitrosti vibracij do 200 mm/s pa je treba zaznati brez prekrmiljenja.

Naprave morajo imeti daljinski nadzor, ki omogoča:

- Spremembo nastavitve naprave brez dostopa do naprave
- Pošiljanje opozorilnih sporočil (SMS ali e-pošta), ko so presežene mejne ali opozorilne vrednosti za poljubno število udeležencev na gradbišču
- Samodejni prenos merilnih podatkov na platformo merilnih podatkov, do katere lahko dostopajo udeleženci spletnega mesta. Na tej platformi morajo biti izmerjene vrednosti sčasoma prikazane grafično. Uporabnik mora imeti možnost, da enostavno izbere različna časovna obdobja in skaliranje izmerjenih vrednosti
- Branje podatkov iz naprave brez dostopa do naprave z namenom izdelave poglobljenih ocen (frekvenčne analize itd.)

Naročnik si pridržuje pravico, da nadzorni sistem zmanjša na dva sprejemnika, če so prve meritve bistveno nižje od mejnih vrednosti.

8.4. GRADBENO ZAVAROVANJE DOKAZOV

Po končanem nanosu zaščite iz brizganega betona v glavnem predoru in v opornikih dostopa na območju prihodnjih tehničnih prostorov, je treba na površinah z brizganim

betonom in zidano notranjo oblogo zagotoviti dokaze v zvezi z obstoječimi poškodbami in razpokami.

Po vsakem miniranju v tehničnem prostoru je treba pred začetkom nadaljnjih del vizualno preveriti, če so nastale razpoke, če je prišlo do luščenja ali drugih poškodb.