



SUNDAGÖNG

KOSTNAÐARÁÆTLUN
OG ÁHÆTTUGREINING



TITILBLAÐ

Skýrsla nr: VH 2007-115	Útgáfudags.: (mán/ár) nóvember 2007	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Sundagöng. Kostnaðaráætlun og áhættugreining		Upplag: 25
		Fjöldi síðna: 29
Höfundur/ar: Matthías Loftsson og Guðni Ingi Pálsson		Verkefnisstjóri: Matthías Loftsson
		Verknúmer: 1 020 215
<p>Útdráttur:</p> <p>Kostnaður við gerð Sundaganga án allra vegtenginga utan ganganmunna er áætlaður um 19,6 milljarðar króna á verðlagi í október 2007, Lausleg óvissugreining á kostnaði gefur 90 % líkur á að kostnaður verði á bilinu 17-22 milljarðar.</p> <p>Kostnaðarmat miðast við legu Sundaganga milli Laugarness og Gufuness, með öllum tengi-göngum, eins og gangaleiðinni er lýst í “Skýrslu um Sundagöng” frá nóvember 2006. Áætlað magn styrkinga er byggt á niðurstöðum jarðfræðirannsóknna, sem gerðar voru sumarið 2007, með hliðsjón af reynslutölum frá jarðgangaframkvæmdum héraendis. Fyrir mat á umferðar- og öryggisbúnaði í göngunum var leitað aðstoðar aðila bæði í Svíþjóð og Noregi.</p> <p>Áhætta vegfaranda um Sundagöng er innan þolanlegra marka eða inn á svonefndum ALARP-viðmunarmörkum (As Low As Reasonably Practicable) samkvæmt áhættumatslíkani frá OECD (Efnahags- og framfarastofnuninni) og PIARC (Alþjóða vegasambandinu)</p>		
Verkkaupi: Vegagerðin	Tengiliður verkkaupa: Hreinn Haraldsson	
Samstarfsaðilar:		
Efnisorð: Sundagöng, jarðgöng, kostnaðaráætlun, áhættugreining,	ISBN:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirfarið af:	

SAMANTEKT

Að beiðni Vegagerðarinnar og Reykjavíkurborgar hefur VGK-Hönnun áætlað kostnað fyrir Sundagöng milli Laugarness og Gufuness og gert áhættugreiningu fyrir göngin. Í kostnaðarmati er miðað við jarðgöng með öllum tengigöngum við Sæbraut og Klettagarða eins og þeirri gangaleið er lýst í “Skýrslu um Sundagöng” frá nóvember 2006. Miðað er við er hæðarlegu ganga, þversnið og lengdir gangahluta og vegskála eins og þar er kynnt.

Áætlað magn styrkinga er byggt á niðurstöðum jarðfræðirannsókna, sem gerðar voru sumarið 2007, þar sem berggæði til jarðgangagerðar voru metin af borkjörnum. Ennfremur eru hafðar til hliðsjónar reynslutölur frá fyrri jarðgangaframkvæmdum hérlendis.

Til að fá sem nákvæmast kostnaðarmat fyrir búnað í göngunum var meðal annars leitað aðstoðar aðila bæði í Svíþjóð og Noregi.

Í “Skýrslu um Sundagöng”, er tilvísun í Södra Länken göngin í Stokkhólmi. Leitað var því aðstoðar fyrirtækisins Swepro í Svíþjóð um kostnaðarmat fyrir tæknilegan búnað í göngin. Swepro vann við hönnun búnaðar í Södra Länken göngin í Stokkhólmi og er nú að vinna að hönnun búnaðar í Nörra Länken göngin þar. Jafnframt var farin sérstök ferð til Stokkhólms til að skoða göngin og leita fanga.

Hérlendis hefur að mestu verið stuðst við norska veggangastaðalinn “Håndbok 021” við hönnun vegganga hérlendis. Í desember 2006 kom ný útgáfa af þeim staðli þar sem tekið er tillit til krafna Evrópusambandsins um lágmarks öryggis- og umferðarbúnað í veggöngum í Evrópska vegakerfinu. Þar sem óljóst var hversu víðtæk áhrif þessar breytingar hafa á kostnað við ný göng í gangaflokki Sundaganga, var farin ferð til Bergen og Ósló gagnert til að leita gagna hjá starfsmönnum norsku vegagerðarinnar þar, en í Bergen er verið að grafa jarðgöng sem svipar mjög til Sundaganga og eru í sama gangaflokki.

Kostnaður fyrir Sundagöng með vegskálum er áætlaður 19,6 milljarðar króna á verðlagi í október 2007. Lausleg óvissugreining á kostnaði gefur 90 % líkur á að kostnaður verði á bilinu 17-22 milljarðar.

Kostnaðaráætlun nær aðeins til jarðganga og forskála en ekki til tenginga, landakaupa og annars kostnaðar utan ganga. Í “Skýrslu um Sundagöng” frá nóvember 2006 var sá kostnaður áætlaður 4 milljarðar króna, sem er um 4,3 milljarðar á verðlagi í október 2007. Heildarkostnaður við jarðgangavalkost Sundabrautar, með vegtengingu að Geldinganesi, er því áætlaður tæpir 24 milljarðar króna.

Ef umferðar- og öryggisbúnaður í Sundagöngum væri í samræmi við búnað í Södra Länken göngunum í Stokkhólmi, og nú er fyrirhugað fyrir Nörra Länken göngin þar, yrði kostnaður ganganna, án allra vegtenginga, um 22,5 - 23 milljarðar. Í báðum tilfellum er umferð mun meiri en áætlað er í Sundagöngum.

Til að athuga hvort öryggi vegfarenda um Sundagöng væri fullnægjandi var áhætta greind samkvæmt áhættumatslíkani frá OECD og PIARC (OECD stendur fyrir Efnahags- og framfarastofnunin og PIARC er Alþjóða vegasambandið). Niðurstaða greiningar er að áhætta vegfaranda um Sundagöng eru innan “þolanlegra marka” eða inn á svonefndum ALARP-viðmunarmörkum (As Low As Reasonably Practicable). Í stuttu máli þýðir það að finna skal leiðir til að lágmarka áhættuna eins og kostur er án þess þó að kostnaður verði meiri en áætlaður ábati.

EFNISYFIRLIT

1	INNGANGUR	3
2	FORSENDUR FYRIR KOSTNAÐARÁÆTLUN	5
2.1	UNDIRBÚNINGUR OG AÐSTÖÐUSKÖPUN	5
2.2	GRÖFTUR	5
2.2.1	Gröftur forskeringa	5
2.2.2	Jarðgangagröftur	6
2.3	BERGSTYRKINGAR	7
2.3.1	Sprautusteypa.....	7
2.3.2	Bergboltar	8
2.3.3	Bergþétting	8
2.4	VATNS OG FROSTVARNIR.....	9
2.4.1	Forsteyptir veggir.....	9
2.4.2	Vatnslæðningar	11
2.5	VEGSKÁLAR, TÆKNI- OG NEYÐARRÝMI	12
2.5.1	Vegskálar	12
2.5.2	Spennistöðvar og tæknirými	12
2.5.3	neyðargöng	12
2.6	VEGUR Í GÖNGUNUM.....	13
2.7	VATNSLAGNIR OG DÆLUR	14
2.8	UMFERÐAR-, EFTIRLITS- OG ÖRYGGISBÚNAÐUR	14
2.8.1	LoftræsiBÚNAÐUR	15
2.8.2	Spennar og rafbúnaður.....	15
2.8.3	Ljós og Ljósaskilti	16
2.8.4	Brunaviðvörunar og slökkvikerfi.....	16
2.8.5	Síma-, útvarps og fjarskiptakerfi	16
2.8.6	Breytanleg umferðar- og upplýsingaskilti	17
2.8.7	Vöktunarkerfi og myndbandseftirlit	17
2.8.8	Mælibúnaður og mengunar söfnun.....	18
3	KOSTNAÐARÁÆTLUN	19
4	ÁHÆTTUGREINING	21
4.1	AÐFERÐAFRÆÐI.....	21
4.2	VIÐMIÐUNARMÖRK	21
4.3	ÚTREIKNINGAR Í OECD/PIARC MÓDELI	21
4.3.1	Dreifing umferðar	21
4.3.2	Tilfelli	22
4.3.3	Samfélagsáætta	24
4.3.4	Vatnsúðakerfi.....	25
5	NIÐURSTÖÐUR	27
	HEIMILDIR	29

1 INNGANGUR

Í nóvember 2006 var gefin út “Skýrsla um Sundagöng”¹ þar sem lagt er til að þvera Elliðavog í neðansjávarveggöngum frá Laugarnesi að Gufunesi. Göngin eru áætluð sem tvenn samhliða göng, með tveimur akreinum í hvora átt. Í göngin liggja einnig tengigöng fyrir, annars vegar, tengivegi inn á Sæbraut og, hins vegar, inn á hafnarsvæði við Klettagarða. Lega fyrirhugaðra ganga er sýnd á mynd 1.



Mynd 1. Tillaga að Sundagöngum¹

Fram kemur í skýrslunni að gert er ráð fyrir að frágangur ganga verði vandaðri en í öðrum göngum hérlendis og að tekið yrði mið af tilskipun Evrópusambandsins um frágang og búnað í göngunum. Þá er vísað í tilskipun EU 2004/54/EF um lánmarksöryggi fyrir veggöng í sameiginlegu vegakerfi Evrópu².

Í október 2007 var gefin út íslensk reglugerð, nr 992, um öryggiskröfur fyrir jarðgöng³, sem gildir fyrir veggöng hér á landi sem tilheyra samevrópska vegakerfinu og önnur veggöng hérlendis, sem eru lengri en 1000 m og með meiri umferðarþunga en 2000 ökutæki á akrein á dag að meðaltali. Reglugerðin er innleiðing á tilskipun Evrópusambandsins.

Hingað til hefur norski veggangastaðallinn Handbók 021 (Hb 021) verið notaður sem viðmið fyrir veggöng hérlendis enda talið að gangagerð hér og vegtengingar um jarðgöng ætti meira sammerkt með aðstæðum og umferð í Noregi en í mið-Evrópu. Í nýrri útgáfu af

¹ Skýrsla um Sundagöng. Línuhönnun, nóvember 2006

² Directive EU/2004/54 on minimum requirements for safety in the Trans European Road Network, apríl 2004

³ Nr 992. Reglugerð um öryggiskröfur fyrir jarðgöng, 23 október 2007

Hb-021⁴, sem kom út um síðustu áramót, hefur vegstaðallinn verið samræmdur að kröfum Evrópusambandsins um öryggisbúnað og staðallinn því talsvert breyttur frá fyrri útgáfum.

Samkvæmt Hb-021 skal miða hönnun ganganna við áætlaða umferð 20 árum eftir að þau eru tekin í notkun. Samkvæmt “Skýrslu um Sundagöng” er áætluð umferð 33.000 bílar árið 2027. Veggöngin falla því undir hæsta flokk í Hb 021, gangaflokk F. Hönnun ganganna skal því miðast við þann gangaflokk og búnaður ekki vera minni en þar er tilgreint. Í magn- og kostnaðaráætlun er tekið mið af því.

Í “Skýrslu um Sundagöng” er einnig vísað til Södra Länken vegganganna í Stokkhólmi og tekið fram að litið hafi verið til þeirra ganga hvað ýmsan frágang og búnað varðar. Leitað var því til aðila í Svíþjóð, sem komu að þeirri framkvæmd, um aðstoð til að áætla nauðsynlegan öryggis- og tæknibúnað í Sundagöng og mat á kostnaði fyrir þann búnað.

Kostnaðaráætlun er skipt upp í eftirfarandi verkþætti :

- Undirbúningur og aðstöðusköpun
- Gröftur forskeringa og jarðganga
- Bergstyrkingar, þ.e. bergboltun, sprautusteypa og bergþétting
- Vatns- og frostvarnir
- Vegskálar og önnur steipt mannvirki
- Vegur í göngum og vatnsræsing
- Umferðar-, eftirlits- og öryggisbúnaður
 - Loftræsing
 - Rafkerfi
 - Ljós og ljósaskilti
 - Síma-, útvarps- og fjarskiptakerfi
 - Brunaviðvörðunarkerfi og slökkvikerfi
 - Umferðar og upplýsingaskilti
 - Vöktunarkerfi
 - Mælibúnaður o.fl.

Ekki er áætlaður kostnaður fyrir stjórnstöð, né viðhalds- og rekstrarkostnað, en samkvæmt upplýsingum frá Speli var viðhalds og rekstrarkostnaður Hvalfjarðarganga um 180 mkr árið 2006 (rekstur á tollskýli meðtalinn). Rekstrar- og viðhaldskostnaður Södra Länken ganganna var hins vegar um 70 milljónir SEK árið 2006 (660 mkr ISK) og vegur þar drjúgt fyrirbyggjandi viðhald. Þar er stefnt að því að lækka þann kostnað verulega á næstu árum.

⁴ Vegtunneler, Normaler Håndbok 021, desember 2006

2 FORSENDUR FYRIR KOSTNAÐARÁÆTLUN

Hönnun Sundaganga eins og hún er kynnt í “Skýrslu um Sundagöng” er höfð til viðmiðunar fyrir magnáætlun fyrir jarðgangagröft, vegi, lagnir og fleiri byggingamannvirki. Miðað er við legu ganga og lengdir gangahluta og vegskála eins og þar er kynnt. Þversnið ganga, útskot og tengigöng eru í samræmi við Hb 021 og miðað við gangaflokk F.

Áætluð styrkingaþörf fyrir göngin og magn styrkinga er byggt á niðurstöðum jarðfræðirannsóknna, sem gerðar voru sumarið 2007, þar sem berggæði til jarðgangagerðar voru metin af borkjörnum⁵. Ennfremur eru hafðar til hliðsjónar reynslutölur fyrir nýleg jarðgöng hérlendis.

Varðandi kostnað fyrir ýmsan búnað í göngin er stuðst við norska vegstaðalinn Hb-021, byggt á upplýsingum frá fyrirtækjunum Ramböll og Swepro í Svíþjóð⁶ og einnig upplýsingum frá starfsmönnum norsku vegagerðarinnar. Swepro kom að hönnun Södra Länken ganganna í Stokkhólmi, sem tekin voru í notkun árið 2004, og er nú að vinna við hönnun búnaðar í Nörra Länken göngin, þar sem framkvæmdir eru þegar hafnar.

2.1 UNDIRBÚNINGUR OG AÐSTÖÐUSKÖPUN

Undir þennan lið fellur undirbúningsvinna verktaka, aðstöðusköpun, vatnsvarnir á byggingatíma og tiltekt eftir verklök. Hér er þessi kostnaður áætlaður um 4% af verkkostnaði. Fyrir virkjanaframkvæmdir og veggangagerð út í landi er þessi tala oft milli 6 - 7%. Þá þarf að setja upp vinnubúðir og svefnskála á staðnum fyrir fjölda manna, en það yrði í mun minna mæli fyrir framkvæmd hér á höfuðborgarsvæðinu.

2.2 GRÖFTUR

2.2.1 GRÖFTUR FORSKERINGA

Forskeringar þarf fyrir vegskálum og að munnum bergganga áður en gangagerð getur hafist. Forskeringar eru mismiklar að umfangi, en lengd forskeringa fyrir hvern munna er ákvörðuð út frá teikningum í “Skýrslu um Sundagöng”. Botnbreidd er háð þvermáli ganga, bili milli ganga, hér áætlað 15 m, og nauðsynlegu rými utan við vegskála, hér áætlað 3 m hvorum megin.

Heildarmagn reiknast vera um 276.000 m³, en áætlað magn fyrir hverja skeringu er mjög mismunandi háð aðstæðum og lengd skeringa.

⁵ Sundagöng. Rannsóknir á jarðgangaleið Sundabrautar 2007, Áfangaskýrsla, ágúst 2007.

⁶ Sunda Tunnel Risk and Satety Report. „Safety Concept and Cost Estimation. Risk assessment Concerning Dangerous Goods. Swepro, August 2007.

2.2.2 JARÐGANGAGRÖFTUR

Lengd jarðganga var metin út frá frumhönnunarteikningum og þeim veghalla sem þar er sýndur. Aðalgöngin eru tvönn tvíbreið samhliða göng, um 3785 m hvor í bergi. Bil milli gangaleggja er áætlað um 15 m. Göng fyrir aðreinar og fráreinar eru fern, tvönn göng, 910m og 980 m löng í bergi, að Sæbraut og tvönn göng, 305m og 480 m löng, að Klettagörðum.

Lágmarksþversnið aðaljarðganga er í samræmi við T9,5-þversniðið í Hb-021. Sprengt þversniðið er áætlað um 67,5 m² með lagnaskurði. Tengigöng fyrir frárein frá Sundagöngum að Sæbraut eru áætluð með T9,5-þversniði en önnur tengigöng eru áætluð með T7-þversniði, um 48,5 m².

Útvíkkun er þar sem aðreinar og fráreinar koma inn í aðalgöngin og útskot eru með 500 m millibili. Þvergöng eða neyðargöng verða að vera milli aðalganga með 250 m millibili samkvæmt Hb-021. Heildarmagn gangagraftar er áætlað um 700.000 m³.

Auk jarðganga þarf að sprengja út rými fyrir dæluþró eins og gert var fyrir Hvalfjarðargöng. Dæluþróin verður að rúma a.m.k. 24 tíma innrennsli í göngin. Þar sem ekki er gert ráð fyrir miklum leka í göngunum er áætlað magn graftar fyrir dæluþró um 7.500 m³. Dæluþró yrði þá af svipaðri stærð og í Hvalfjarðargöngum.

Tafla 1. Helstu magntölur graftar :

Aðalgöng með útskotum	523.000 m ³
Rampar með útvíkkun	171.000 m ³
Neyðar- og tengigöng	5.000 m ³
Dæluþró	7.500 m ³

Í vegstaðli Hb 021 eru ákvæði um að aðeins sé hægt að samþykkja <50 m þykkt jarðlaga yfir neðansjávangöngum ef fyrir liggur að aðstæður til jarðgangagerðar eru hagstæðar. Þá eru menn einkum að slá varnagla ef misgengi eða sprungur kunna að leynast í berggrunni undir sjó.

Þó ekkert hafi komið fram í jarðfræðirannsóknnum, sem benti til veikleika í berglögum, er ekki hægt að útiloka að sprungur leynist í berggrunnum. Þó er talið óhætt að hafa <50 m bergþekju yfir göngunum, en spurning hvort auka eigi bergþekju frá innan við 20 m í t.d. 30 m, þar sem göngin liggja dýpst. Í Hb-021 er leyfilegur hámarkshalli 6% fyrir neðansjávangöng, svo hugsanlega má auka halla ganganna að hluta til að komast hjá magnaukningu vegna dýpri ganga. Í nýrri íslenskri reglugerð um öryggiskröfur fyrir jarðgöng segir, hins vegar, að lengdarhalli skuli ekki vera meiri en 5% nema landfræðilegir þættir útiloki aðra lausn.

Skoða þarf betur í frekari hönnun ganganna hvort ástæða er til að hafa göngin heldur dýpra undir sjó, á kafla, og hvernig megi leysa það án þess að kostnaður aukist verulega. Í kostnaðaráætlun er ekki tekin afstaða til þessa og áætlunin miðuð við legu ganga eins og hún er kynnt í “Skýrslu um Sundagöng”.

Í kostnaðaráætlun er gert ráð fyrir að stærsti hluti efnis verði haugsett í nágrenni við munna eða sett í fylling, innan vinnusvæðis.

2.3 BERGSTYRKINGAR

Gert er ráð fyrir að bergstyrkingar verði aðallega með steypuásprautun og bergboltum, en þéttleiki bergboltunar og þykkt steypu er háð aðstæðum í göngunum. Við mat á bergstyrkingum er tekið mið af niðurstöðum rannsóknarborana sem gerðar voru nú í sumar og reynslutölum fyrir styrkingar í jarðgöngum hérlandis í sambærilegu bergi.

Einnig er tekið tillit til þess að göngin eru háumferðargöng og víða eru þvergöng sem kalla á auknar styrkingar á gangamótum. Á móti kemur að göngin liggja tiltölulega grunnt og ekki er reiknað með vandræðum vegna bergspenna.

Eins og fram kemur í eftirfarandi undirköflum eru áætlaðar styrkingar heldur meiri en í Hvalfjarðargöngum, Fáskrúðsfjarðargöngum og göngum undir Almannaskarð. Það eru einkum tvö atriði sem ráða því. Annars vegar er þversnið ganganna stærra og flækjustuðull meiri vegna margra gangamóta og hins vegar eru meðalberggæði, áætluð út frá skoðun á borkjörnum, heldur lakari en var til dæmis í Hvalfjarðargöngum.

Í töflu 2 er sýnd áætluð skipting bergs á gangaleið Sundaganga í styrkingaflokka (Rock Support Class), byggt á bergtæknimati. Til samanburðar er einnig sýnd skipting í Hvalfjarðargöngum.

Tafla 2. Áætluð skipting bergs á gangaleið Sundaganga í styrkingarflokka og samanburður við skiptingu í Hvalfjarðargöngum :

Styrkingarflokkar	Sundagöng	Hvalfjarðargöng
RSC 1	10 %	11 %
RSC 2	60 %	82 %
RSC 3	25 %	6 %
RSC 4	5 %	1 %

2.3.1 SPRAUTUSTEYPA

Gert er ráð fyrir að göngin verði öll sprautusteypt. Áætlað magn sprautusteypu er um 34.500 m³ í jarðgöng eða um 3,3 m³/m og að auki um 500 m³ í skeringar, aðallega til að tryggja öruggt vinnuumhverfi við munna meðan á gangagerð stendur. Til samanburðar voru ásprautaðir um 2,3 m³/m í Fáskrúðsfjarðar og Almannaskarðsgöngum og 2,1 m³/m í tvíbreiða hluta Hvalfjarðarganga, í öllum tilfellum er þversniðið töluvert minna, en um 2,5 m³/m í þríbreiða hluta ganganna. Þá er í dag almennt lagt til að nota meira af stáltrefjum í steypuna til að auka seiglu og beygjufól.

Tafla 3. Helstu áætlaðar magntölur fyrir sprautusteypu :

Sprautusteypa í forskeringar	500	m ³
Sprautusteypa í jarðgöng	34.500	m ³
Stáltrefjar í sprautusteypu	1.300.000	kg

2.3.2 BERGBOLTAR

Gert er ráð fyrir að bergboltar verði settir kerfisbundið í bergið og er áætlað magn bergbolta tæplega 47.000 stk eða um 4,5 stk/m. Þar meðtalið eru bergboltar í forskeringar við munna ganganna. Bergboltun var 2,8 – 3,4 stk/m í Hvalfjarðar-, Fáskrúðsfjarðar- og Almannaskarðsgöngum. Ástæða aukningar hér eru stærra meðalþversnið ganganna, mörg gangamót og heldur lakari berggæði til jarðgangagerðar eins og að framan er getið.

Tafla 4. Helstu áætlaðar magntölur fyrir bergboltun:

3,0 m bergboltar, D=20 mm	14.000	stk
4,0 m bergboltar, D=20 mm	32.000	stk
5 - 6 bergboltar, D=25 mm	800	stk

2.3.3 BERGPÉTTING

Gert er ráð fyrir að boraðar verði, á sama hátt og gert var í Hvalfjarðargöngum, kerfisbundið fjórar könnunarholur 25 til 30 m fram fyrir stafn ganganna á graftartíma, við þriðju eða fjórðu hverja sprengifæru, til að kanna hvort veik berglög og vatnsleki sé framundan. Ef vatnsleki er yfir viðmiðunarmörkum verði bergþétt á þeim kafla.

Til að auka styrk í lofti ganganna og minnka leka þarf enn fremur að gera ráð fyrir að kerfisbundið verði bergþétt þar sem bergþekja er minnst, svo sem við munna ganganna og þar sem rampar fara yfir megingöngin.

Í kostnaðaráætlun er því hvort tveggja reiknað með bergþéttingu til að draga úr leka og til að styrkja bergið. Þetta þýðir talsvert miklar könnunarboranir og boranir til þéttingar. Hins vegar benda rannsóknir til þess að berg sé tiltölulega þétt og því er efjutaka áætluð hlutfallslega lítil, miðað við magn borunar, eða að jafnaði um 30 kg/m holu.

Viðmiðunarmörk fyrir bergþéttingu eru breytileg eftir aðstæðum. Í útboðslýsingu fyrir Hvalfjarðargöng voru mörkin 10 l/min/holu við stafn eða 300 l/min/km. Þau mörk voru á framkvæmdartíma lækkuð í 5 l/mín/holu eða 10 l/mín/4 holur, miðað við 24 m langar holur. Ekki er gert ráð fyrir strangari kröfum um þéttingar vegna hugsanlegra áhrifa gangagerðar til lækkunar grunnvatnsborðs eins og oft er gert erlendis. Grunnvatnsborð á leið Sundaganga er víðast hvar lægra en klapparborð á svæðinu og því lítil hætta talin á að lækkað grunnvatnsborð hafi áhrif á mannvirki á yfirborði.

Magntölur í töflu 5, fyrir borun og bergþéttingu, er áætlað samkvæmt ofangreindu.

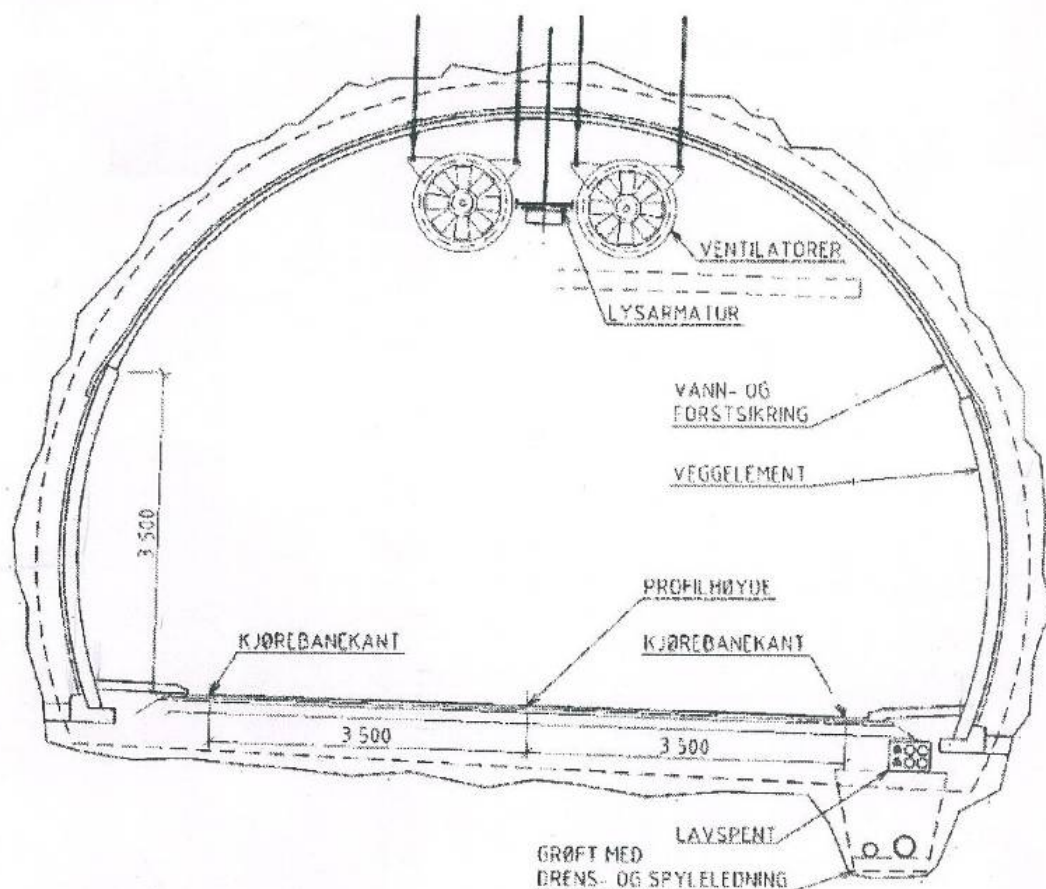
Tafla 5: Helstu áætlaðar magntölur fyrir bergþéttingu

Borun könnunarhola	48.000	m
Borun bergþéttingarhola	40.000	m
Kjarnaborun	200	m
Blöndun, hrærsla og ídæl. sementsefju	1600	m ³
Sement í sementsefju	1.200	tonn

2.4 VATNS OG FROSTVARNIR

2.4.1 FORSTEYPTIR VEGGIR

Samkvæmt norska veggangastaðlinum þurfa að vera 3,5 m steypar veggeiningar í gegnum öll göngin í gangaflokki F. Form veggeininga er áætlað eins og í nýjum göngum í Noregi í þessum gangaflokki, en í Södra Länken göngunum eru þessar veggeiningar lægri eða um 1,5 til 1,7 m að hæð. Á mynd 2 er sýnd hvar veggeiningar eru settar í dæmigerðu T9,5 gangaþversniði og á mynd 3 er sýnd veggeining við útskot í göngum í Bergen í Noregi. Í veggeiningum væri úrtak með 125 m millibili fyrir neyðarsíma og slökkvitæki, sjá mynd 4.



Mynd 2. Dæmigerðt snið fyrir T9,5 göng með 3,5m háum forsteypum veggeiningum.



Mynd 3. Forsteypt veggir í veggöngum í Bergen.



Mynd 4. Forsteypt veggeining með úrtaki fyrir neyðarsíma og slökkvitæki (á 125 m bili).

Þessar einingar eru að jafnaði um 5 metra langar og eru festar með tveimur boltum í bergvegg og boltaðar niður í botn ganga og brunaheld fúga á milli eininga. Þykkt veggeininga er minnst 150 mm og miðað við að forsteyptar veggeiningar verði settar meðfram öllum veggjum bæði í aðalgöngum og römpum yrði heildarlengd eininga rétt um 20,5 km. Lauslega áætlað eru um $0,8 \text{ m}^3$ af steypu á hvern metra í forsteyptri einingu og sökklum undir þeim eða um $1,6 \text{ m}^3/\text{m}$ göng, magn steypu í veggeiningum yrði því um 16.000 m^3 .

2.4.2 VATNSKLÆÐNINGAR

Í forsendum er gert ráð fyrir að öll göngin verði klædd milli veggeininga til að tryggja að ekki dropi á akbrautir, sjá dæmi um klæðningu á mynd 2. Þetta kann að verða minna ef vatnsleki verður lítill og þurr svæði á löngum köflum í göngunum. Hins vegar er alltaf hættu á að leki og rakamyndun færirst til og í nýjum göngum af þessum gæðaflokki er yfirleitt öll þekjan klædd af og því áætlað svo hér.

Í mati á kostnaði fyrir vatnasklæðningar var leitað meðal annars til aðila í Noregi sem framleiða vatnasklæðningar fyrir jarðgöng. Fengin var kostnaðaráætlun fyrir klæðningar, sem kallast type T200, sem er samþykkt lausn fyrir göng í Noregi í þessum gangaflokki og $F_{10T} < 8000 \text{ h}^\circ\text{C}$. F_{10} stendur fyrir heildarfroststundir miðað við 10 ára endurkomutíma. Með T200 lausn eru um 50 mm þykkar PE-einangrunarmottur (polyetylen) lagðar í þak ganganna milli veggeininga, stálnet sett yfir og það síðan hulið 80 mm lagi af steypuásprautun. Dæmi um slíka klæðningu er sýnd á mynd 5. Áætlað magn vatnasklæðninga fyrir öll göngin er um 115.500 m^2 .



Mynd 5. Ásprautun á vatnasklæðningu í lofti ganga ofan forsteyptra veggeininga.

2.5 VEGSKÁLAR, TÆKNI- OG NEYÐARRÝMI

2.5.1 VEGSKÁLAR

Lengd vegskála er ákvörðuð í samræmi við teikningar í skýrslu um Sundagöng. Gert er ráð fyrir að form vegskála verði svipað og fyrir Héðinsfjarðargöng og breidd í samræmi við gangaþversnið. Gert er ráð fyrir að fyllt verði að skálum.

Heildarlengd vegskála samkvæmt frumhönnun er um 1.200 m sem skiptist eftirfarandi :

Aðalgöng við Laugarnes (2 munnar)	=	110 m x 2
Aðalgöng við Gufunes (2 munnar)	=	185 m x 2
Sæbraut, suður	=	260 m
Sæbraut, norður	=	270 m
Klettagarðar, austur	=	40 m
Klettagarðar, suður	=	40 m

Tafla 6: Helstu magntölur fyrir vegskála

Mót	52.000	m ²
Bendijárn	1.500.000	kg
Steypa í vegskála	13.000	m ³
Fylling að steypu og í forskeringar	210.000	m ³

2.5.2 SPENNISTÖÐVAR OG TÆKNIRÝMI

Gert er ráð fyrir að spennistöðvar verði a.m.k. 4 í hvorum aðalgöngum. Stærð er metin í samræmi við það sem tíðkast hefur fyrir önnur jarðgöng. Auk spennistöðva þarf rými í göngum rétt innan við munna fyrir stjórn og mælíbúnað, hér kallað tæknirými.

Tafla 7: Helstu magntölur fyrir spennistöðvar og tæknirými

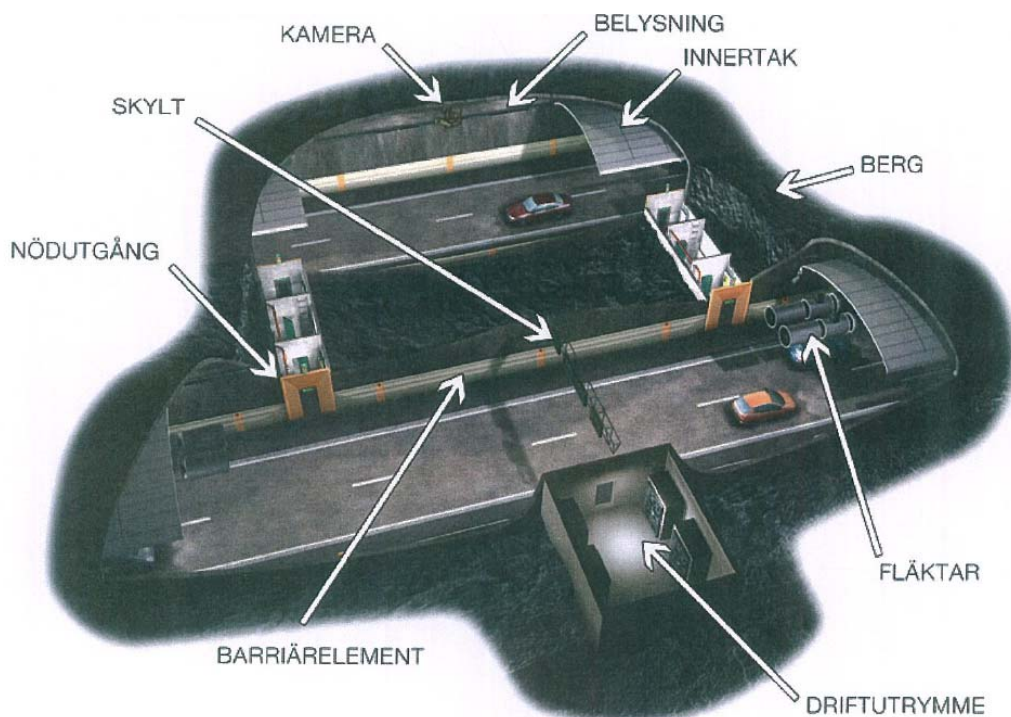
Mót	1200	m ²
Bendijárn	40000	kg
Steypa í spenna- og tæknirými	400	m ³

2.5.3 NEYÐARGÖNG

Hólfa þarf neyðargöng í lokuð rými með steiptum veggjum og eldvarnarhurðum. Neyðargöng milli aðalganga eru 15 og 2 neyðargöng verða einnig að vera milli rampa eða frá þeim út. Gert er ráð fyrir að hver neyðargöng verði hólfað í tvö rými, þ.e. að brunaheldur veggur og hurð verði við hvorn gangalegg og í miðjum þvergöngunum. Þetta er heldur meira en gert er í Noregi, en minna en í Södra Länken göngunum þar sem hólfín eru 3, sjá mynd 6.

Tafla 8: Helstu magntölur fyrir steypu í neyðargöng

Mót	2500	m ²
Bendijárn	52000	kg
Steypa í neyðargöngum	520	m ³
Eldvarnarhurðir	51	stk



Mynd 6. Hólfuð neyðargöng (Nödutgang) milli aðalganga í Södra Länken göngunum í Stokkhólmi og tæknirými (Driftutrymme). Fyrir Sundagöng er í áætlun gert ráð fyrir að innveggjum verði sleppt, þ.e. eitt hólf en ekki þrjú.

2.6 VEGUR Í GÖNGUNUM

Vegfirborð og undirbygging miðast við málsetningar grunnsniða T4, T7, T9,5 og T12,5 samkvæmt Hb-021.

Gert ráð fyrir að komið sé fyrir minnst 250 mm fyllingarlagi í gangabotninum og mesta þykkt lagsins verði 500 mm. Kornadreifingar fylliefna yrðu valdar þannig að lagið sé opið og nýtist sem drenlag jafnt sem neðra burðarlag. Ofan á neðra burðarlagi er gert ráð fyrir að minnsta kosti 120 mm efra burðarlagi úr bögglabergi eða öðru slíku heppilegu lagi undir malbik í halla. Næst skálamunnum eru meiri kröfur, með tilliti til frostvarna, fyrir undirbyggingu vegar ásamt auknum kröfum um minna fínefnamagn í burðarlögum.

Yfir efra burðarlagi er gert ráð fyrir malbiki U16, 50 mm þykkt eða SMA U16 trefjabiki. Slitlagið yrði Y16, úr ljósu slitsterku bergi, 50 mm þykkt eða samsvarandi SMA trefjabik 16mm.

Ekki er í þessari úttekt skoðað hvort steyp trefjabiki gæti verið heppilegra í stað malbiks.

Reiknað er með að vegaxlir verði steypar 200 m frá hverjum ganga enda vegskála en að öðru leyti er gert ráð fyrir að vegaxlir séu með 40 mm þykku Y11 malbiki. Vegaxlir eru 0,75 til 1 m eftir mismunandi grunnsniðum.

Tafla 9: Helstu magntölur fyrir veg í göngum

Burðarlög	63.000	m ³
Malbik	100.000	m ²
Yfirborðsmerkingar	37.000	m

2.7 VATNSLAGNIR OG DÆLUR

Undir vegyfirborði er gert ráð fyrir jarðvatnslagnakerfi til að leiða burt lekavatn sem nær að sitra upp úr botni ganga eða er veitt niður í drenlög með vatnsvarnarmottum. Jarðvatnslagnir eru leiddar inn á stofnlögn með tengibrunnnum á 50 m fresti. Gert er ráð fyrir sandgildrubrunni við öll útskot þannig að hægt sé að hreinsa lagnir þó göngin séu í notkun. Stofnlögn yrði leidd í sameiginlega safnþró fyrir hvert gangapar. Jarðvatni yrði síðan dælt í gegnum þrýstilagnir upp á yfirborð og þar sem það væri leitt í gegnum sandgildru eða settjörn áður en því væri veitt í viðtaka (sjó).

Ofanvatn, sem berst með bílum eða öðrum hætti eftir vegyfirborð ganganna verður leitt í niðurföll staðsett í kantsteini. Jarðgöng í veggangaflokk F eru með lokuðum öxlum samkvæmt Hb-021. Þaðan er gert ráð fyrir að vatni sé safnað í sérstaka safnlögn með þjónustubrunnum við hvert útskot og í safnþró. Ofanvatni er síðan dælt um þrýstilagnir upp á yfirborð og leitt bæði í gegnum sandgildru og olíuskilju áður en vatni er veitt í viðtaka (sjó).

Tafla 10: Helstu magntölur fyrir vatnslagnir og dælur

Ofanvatnsræsilagnir	38.000	m
Brunnar	250	stk
Þrýstilögn	16.000	m

2.8 UMFERÐAR-, EFTIRLITS- OG ÖRYGGISBÚNAÐUR

Leitað var meðal annars til Ramböll og Swepro í Svíþjóð og þeir beðnir um aðstoð við mat á kostnaði fyrir ýmsan búnað í göngunum, sem tengist umferð og öryggi vegfaranda. Starfsmenn þessara fyrirtækja unnu meðal annars við hönnun og undirbúning fyrir Södra Länken göngin í Stokkhólmi í Svíþjóð og eru nú að vinna að sömu atriðum fyrir Nörra Länken göngin þar.

Í skýrslu Sewpro til VGK-Hönnunar⁷ er gerð grein fyrir ákvæðum varðandi öryggisbúnað í Södra Länken göngunum og hvað er fyrirhugað fyrir göng á sama svæði, sem nú eru í byggingu og kallast Nörra Länken. Þá eru í skýrslu Swepro borin saman ákvæði í stöðlum og reglugerðum um öryggisbúnað í veggöngum.

Til að fá upplýsingar um útfærslur Norðmanna á búnaði í veggöngum í sambærilegum umferðarflokki og fyrirhuguð Sundagöng var ennfremur farin ferð til Bergen í Noregi.

⁷ Sunda Tunnel Risk and Satety Report. „Safety Concept and Cost Estimation. Risk assessment Concerning Dangerous Goods. Swepro, August 2007

Leitað var upplýsinga hjá starfsmönnum norsku vegagerðarinnar um veggöng í nágrenni Bergen, sem nú eru í byggingu og kallast “Ringveg vest” í “Bergensprogrammet”. Farið var yfir helstu kröfur um búnað í jarðgöngunum, samkvæmt nýjum staðli 021, af hverju þessar kröfur eru settar og hvernig útfærslan er í dag. Ennfremur voru starfsmenn norsku vegagerðarinnar í Ósló heimsóttir í sama tilgangi.

Í kostnaðaráætlun fyrir umferðar- eftirlits- og öryggisbúnað í Sundagöngum er að hluta tekið mið af upplýsingum frá Swepro, hluta til byggt á upplýsingum frá Noregi og að hluta byggt á tölum fyrir ný Hvalfjarðargöng eins og nánar er gerð grein fyrir hér á eftir.

2.8.1 LOFTRÆSIBÚNAÐUR

Við stærðarákvörðun á blásurum var tekið mið af norska staðlinum fyrir hönnun vegganga, Hb-021, og fjöldi blásara reiknaður miðað við eftirfarandi forsendur:

- 100 MW brunaálag fyrir sitthvor göngin.
- 5% hámarkshalli í göngum.
- 4,1 km heildarlengd hvors aðalgangaleggs.
- 65 m² meðalþversnið.

Stærð blásara ræðst einkum af kröfum til reyklosunar og ekki er þörf á að reikna á þessu stigi loftræstiþörf vegna mengunar bílaumferðar.

Lauslegir útreikningar sýna að heildarfjöldi blásara þarf að vera um 50 stk í hvorum aðalgöngum eða samtals um 100 blásarar. Þá þarf til viðbótar um 40 blásara í römpum til að halda uppi yfirþrýstingi í römpum og stýra loftstreymi þar annars vegar til að beina mengun að útstreymisturnum við aðalmunna eða út um rampa ef bruni verður í þeim.

Í kostnaðaráætlun er ekki gert ráð fyrir sérstökum stórum blásurum fyrir blásarturna við munna til að lyfta mengun frá göngunum eins og gert er við Södra Länken göngin í Stokkhólmi. Þar sem ekki liggur fyrir loftdreifingarspá við munnasvæðin er á þessu stigi ekki vitað hvort þörf verður fyrir það.

2.8.2 SPENNAR OG RAFBÚNAÐUR

Fyrir Södra Länken göngin er þessi liður um þriðjungur af heildarkostnaði fyrir raf- og tækjabúnað í göngunum. Þar er 33kV rafstrengur lagður að og inn í göngin í tvær aðalspennistöðvar og frá aðalspennum 22 kV strengir í 13 dreifispenna. Í göngunum er mikil búnaður og orkunotkun í Södra Länken göngunum samsvarar orkunotkun um 600 heimila.

Til samanburðar er einn 500 kVA og þrjár 300 kVA aflspennar í núverandi Hvalfjarðargöngum. Þetta er of lítið miðað við auknar kröfur og fyrir ný samhliða göng þarf tvo 500 kVA og tvo 800 kVA spenna.

Fyrir Sundagöng gerum við ráð fyrir heldur minni búnaði en í Södra Länken göngunum og verða því spennar og kaplar hlutfallslega færri. Fjöldi og stærð spenna sennilega mitt á milli þess sem er í Södra Länken göngunum og yrði að vera í tvöföldum Hvalfjarðargöngum. Allir kaplar sem ekki eru varðir verða hins vegar að vera brunapólnir samkvæmt kröfum í bæði sænska og norska vegstaðlinum. Þá þarf að vera neyðarrafstöð í göngunum, en fjöldi ljósa og ljósskilta eru áætluð færri eins og síðar verður vikið að.

Í áætlun er höfð hliðsjón af meðalkostnað fyrir hvern metra af göngum eins og hann er áætlaður af Swepro fyrir Nörra Länken göngin (NL), en hlutfallað í samræmi við magn rafbúnaðs, þ.e. um 2/3 af því sem þar er áætlað.

2.8.3 LJÓS OG LJÓSASKILTI

Gera þarf ráð fyrir góðri lýsingu í göngunum. Í Hb 021 eru gefnar upp viðmiðanir fyrir magn lýsingar í göngunum og hvernig eigi að haga lýsingu við munna til birtuadlögunar fyrir þá sem fara um göngin. Gert er ráð fyrir að í meginatriðum verði fylgt töflu 10.4 fyrir >8.000 AADT í norska vegstaðlinum, en lýsing aukin um 50% við öll gatnamót í göngunum. Þetta samsvarar þreföldun til fjórföldun á ljósmagni miðað við núverandi Hvalfjarðargöng. Í Hvalfjarðargöngum eru um 18 m milli ljósa í innri hluta ganganna, en þyrfti að vera um helmingi minna miðað við núverandi staðal, sem kveður á um 2 cd/m² að degi til og 1 cd/m² að nóttu til. Fyrir Sundagöng þarf ljósmagn í innri hluta ganganna að vera um 4 cd/m² að degi til og 2 cd/m² að næturlagi, samkvæmt staðli. Fyrir Sundagöng er því áætlaður fjöldi ljósa til lýsingar ganganna um 4.500.

Neyðarlýsingabúnaður þarf að vera til staðar og neyðarráfstöð fyrir lágmarkslýsingu ef rafmagn fer af göngunum. Í Hb 021 segir að flóttaljós eigi að vera með a.m.k. 62,5 m millibili og skilti sem sýni fjarlægð að neyðarútgangi með 25 m millibili. Þá verða að vera ljósaskilti ofan við tengigöng o.fl. Fyrir Sundagöng er áætlaður fjöldi merkjaljósa og ljósaskilta um 1.200.

Til samanburðar eru, samkvæmt upplýsingabæklingum um Södra Länken göngin, um 7500 ljósaastæði í þeim göngum, þ.e. að jafnaði með um 2,4 m millibili. Þá eru um 850 leiðarljós í göngunum, þ.e. með um 20 m millibili, auk annarra ljósaskilta.

2.8.4 BRUNAVIÐVÖRUNAR OG SLÖKKVIKERFI

Brunaviðvörðunarkerfi í spennu- og tæknirýmum, sem og í göngum þarf að vera til staðar, sem tengt yrði stjórnstöð ganganna. Þá verða að vera tvö slökkvitæki með 125 m millibili í öllum göngum og inni í neyðargöngum.. Slökkvitæki verða því um 190 stk.

Gera þarf ráð fyrir vatnslögn í göngunum sem hægt væri að tengja slökkvibúnað við í brunartilfellum. Þá er gert ráð fyrir að tenging verði í dæluþró.

Auk þess er miðað við að brunavarnarkerfi verði í göngunum, í öllum spennistöðvum og tæknirýmum og hitaskynjarar með jöfnu millibili eftir endilöngum göngunum. Að hluta til er því miðað við svipað kerfi og áætlað er fyrir Nörra Länken göngin í Svíþjóð og kostnaður því sambærilegur.

Ekki er reiknað með vatnsúðakerfi eða “sprinklerkerfi”. Gerð var sérstök útekt á nauðsyn sprinklerkerfis fyrir Södra Länken göngin og þar var niðurstaðan að ekki væri þörf á því.

2.8.5 SÍMA-, ÚTVARPS OG FJARSKIPTAKERFI

Gert er ráð fyrir Tetrakerfi í göngunum fyrir öryggis- og björgunarfólk eins og er í núverandi Hvalfjarðargöngum. Útvarpssending þarf að nást í göngunum og fjarskiptabúnaður þarf að vera til staðar til að rjúfa sendingu og koma skilaboðum til vegfarenda í neyðartilfellum.

Neyðarsímar eiga að vera með um 125 m millibili og GSM-tenging þarf að vera til staðar í gegnum öll göngin.

Í kostnaðaráætlun er stuðst við áætlun fyrir ný Hvalfjarðargöng og gert ráð fyrir svipuðum búnaði og er þar, en að auki möguleika á að rjúfa útvarpssendingar til að koma að skilaboðum til vegfaranda um göngin. Ef búnaður væri sá sami og í Södra Länken göngunum yrði þessi kostnaðarliður þrefalt hærri, samkvæmt tölum frá Swepro.

2.8.6 BREYTNANLEG UMFERÐAR- OG UPPLÝSINGASKILTI

Í Södra Länken göngunum í Stokkhólmi er mikið lagt í ýmis skilti, sem hægt er að breyta frá stjórnstöð ganganna. Þetta eru skilti sem eru utan við munna ganganna, við öll gatnamót í göngunum og með jöfnu millibili í hvorum gangalegg. Þá eru breytanleg akbrautarskilti í göngunum, þar sem loka má akbraut og breyta hraðatakmarkunum.

Í þeim göngum sem við skoðuðum í Noregi virðast Norðmenn leggja mun minni áherslu á skiltagerð. Í Hb 021 segir að breytanleg skilti sé ekki krafa en eigi að skoða sérstaklega með tilliti til aðstæðna. Hins vegar er gert ráð fyrir akbrautarskiltum með um 70 m millibili yfir hverri akgrein.

Í Evrópureglugerðinni segir að upplýsingaskilti til vegfarenda eigi að vera með að minnsta kosti 1000 m millibili í veggöngum. Hins vegar segir ekki hvernig gerðar slík skilti eigi að vera og hversu miklar upplýsingar þarf að gefa. Fyrir Nörra Länken göngin í Stokkhólmi, sem nú eru í framkvæmd, er gert ráð fyrir upplýsingaskiltum með um 150 m millibili eins og fyrir Södra Länken göngin. Þar er gert ráð fyrir skiltum með allt að 10 skilaboðum og þá jafnvel fleiri skilti á hverjum stað.

Í kostnaðaráætlun er valið að fara bil beggja og gert ráð fyrir breytanlegum upplýsingarskiltum við alla innkeyrslumunna og á gangamótum rampanga, auk þess upplýsingarskilti með um 500 m millibili inni í göngum þar sem göngin liggja undir voginn. Skiltin verða því samtals um 20 talsins.

Þá er gert ráð fyrir akbrautarskiltum með 70 m millibili yfir hverri akgrein. Þetta er í samræmi norskar venjur, samkvæmt upplýsingum frá Noregi. Fyrir Nörra Länken göngin í Stokkhólmi er hins vegar gert ráð fyrir akbrautarskiltum með 100 til 150 m millibili.

Samkvæmt upplýsingum frá Speli kostar skilti eins og sett var upp við gatnamót Kjalarnesvegur og vegur 1 (Hringvegur) um 16-17 mkr uppsett, þ.e. með öllum tengingum, en skiltið sjálft 4-5 mkr. Sambærileg skilti þarf einnig að setja utan ganga nærri gatnamótum tengivega að göngunum. Hér áætlað að það verði í nágrenni við alla innkeyrslumunna eða á 4 stöðum.

2.8.7 VÖKTUNARKERFI OG MYNDBANDSEFTIRLIT

Sjónvarpsmyndavélakerfi þarf að vera til staðar til að fylgjast með umferð í göngunum. Fjöldi myndavéla þarf að vera nægur til að fylgjast með öllum stöðum. Í Södra Länken göngunum eru um 450 vélar sem fylgjast með umferð í göngunum og í neyðargöngum, sem jafngildir myndavél á um 40 m fresti.

Vöktun með vídeómyndavélum er krafa í Hb 021. Í Bergen og Ósló eru um 70 m milli myndavéla fyrir göng í sambærilegum umferðarflokki og Sundagöngin. Verð vídeómyndavéla er mjög breytilegt. Ódýrastar eru fastlinsuvélar, sem kosta um þriðjung af verði vídeóvélar með snúnings- og aðráttarmöguleikum. Í Bergen voru menn hrifnari af

fastlinsuvélum en í Ósló og í Södra Länken hallast menn meira að flóknari vélum með möguleika á snúningi og með aðdráttarlinsu.

Í kostnaðaráætlun fyrir Sundagöng er áætlað bil milli myndavéla í göngum um 70 m og myndavélar verði einnig að vera utan við alla munna. Gert er ráð fyrir að flestar myndavélar verði búnar snúningsmöguleikum og aðdrætti. Myndavélararnar verða því um 170 stykki.

Fjarstýrðar lokunarbómur verða að vera við munna og við rampa í göngum.

2.8.8 MÆLIBÚNAÐUR OG MENGUNAR SÖFNUN

Mengunarmælar verða að vera í göngunum sem tengdir eru stýringu á loftræsingu. Þá verða að vera mælar sem mæla lofthraða og ef til vill skyggnismælar.

Í kostnaðaráætlun er gert ráð fyrir heldur minni mælibúnaði en áætlað er fyrir Nörra Länken göngin. Mengunarmælar og skyggnismælar verða að vera með jöfnu millibili í göngunum og lofthraðamælar verða að vera í hverju gangabili milli rampa og í römpum.

Alment verða því mælar og mælitæki mun færri en er í Södra Länken göngunum, en sambærilegt og talið er þörf fyrir í göngum í Noregi eins og t.d. fyrir ný göng sem verið er að grafa í nágrenni Bergen í sama gangaflokki og Sundagöng.

3 KOSTNAÐARÁÆTLUN

Kostnaðaráætlun í töflu 4.1 er miðuð við Sundagöng frá Laugarnesi að Gufunesi eins og þeim er lýst í frumhönnun og með öllum tengingum, þ.e. við Sæbraut og að hafnarsvæði við Klettagarða. Ekki er áætlaður kostnaður fyrir stjórnstöð, né viðhalds- og rekstrarkostnaður fyrir göngin.

Tafla 4.1. Kostnaðaráætlun fyrir Sundagöng, með VSK.

Undirbúningur og aðstöðusköpun (4%)	569 mkr
Gröftur forskeringa og jarðganga	
Forskeringar	243 mkr
Jarðgangagröftur	3.017 mkr
Bergstyrkingar	
Sprautusteypa	1.794 mkr
Bergboltar	593 mkr
Bergpétting	331 mkr
Vatns- og frostvarnir	
Forsteyptar veggeiningar	1.724 mkr
Vatnslæðningar	1.605 mkr
Vegskálar og önnur steipt mannvirki	
Vegskálar	1.329 mkr
Spennistöðvar og tæknirými	28 mkr
Veggir í neyðargöngum	70 mkr
Vegur í göngum og vatnsræsing	
Vegargerð	562 mkr
Vatnslagnir og dælur	346 mkr
Umferðar, eftirlits- og öryggisbúnaður	
Loftræsibúnaður	174 mkr
Spennar, stýriskápar og raflagnir	954 mkr
Ljós og ljósaskilti	393 mkr
Síma-, útvarps og fjarskiptakerfi	206 mkr
Brunaviðvörðun og slökkvikerfi	345 mkr
Breytanleg umferðar og upplýsingarskilti	182 mkr
Vöktunarkerfi og myndbandseftirlit	155 mkr
Mælingabúnaður og mengunarsöfnun	184 mkr
	Verkkostnaður 14.804 mkr
	Ófyrirséð (15%) <u>2.221 mkr</u>
	Verktakakostnaður 17.025 mkr
	Hönnun, umsjón og eftirlit (15%) <u>2.554 mkr</u>
	Framkvæmdarkostnaður alls 19.579 mkr

Heildarkostnaður yrði því um 19,6 milljarðar eða um 1.700 milljón kr/m göng að vegskálum meðtöldum.

Ófyrirséð er áætlað 15% ofan á verkkostnað og hönnun, umsjón og eftirlit 15% ofan á verktakakostnað.

Samkvæmt lauslegri óvissugreiningu, byggt á mati á mismunandi óvissu einstakra verkþátta, eru um 90 % líkur á að kostnaður verði á bilinu 17-22 milljarðar. Það sem einkum getur hleypt upp kostnaði er aukning í styrkingum, bergþéttingu og kostnaði fyrir umferðar og öryggisbúnað ganganna, en þar er mest óvissa.

Áætlað hefur verið að ef verkkaupi velur að leggja meira í umferðar-, mengunar- og öryggisbúnað í göngunum, sbr. Södra- og Norra Länken göngin í Stokkhólmi, yrði kostnaður um 22,5 - 23 milljarðar.

Það sem minnkað gæti kostnað eru hagstæðari aðstæður til gangagerðar en hér er áætlað og tilboð í mismunandi verkþætti lægri en gert er ráð fyrir.

Framangreind kostnaðaráætlun nær aðeins til jarðganga og forskála en ekki til tenginga, landakaupa og annars kostnaðar utan ganga. Í "Skýrslu um Sundagöng" frá nóvember 2006 var sá kostnaður áætlaður 4 milljarðar króna, sem er u.þ.b. 4,3 milljarðar á verðlagi í október 2007. Heildarkostnaður við jarðgangavalkost Sundabrautar, með vegtengingu að Geldinganesi, er því áætlaður tæpir 24 milljarðar króna.

4 ÁHÆTTUGREINING

4.1 AÐFERÐAFRÆÐI

Til að athuga hvort öryggi vegfarenda í göngunum væri fullnægjandi var gerð áhættugreining skv. líkani frá efnahags og framfarastofnuninni OECD og alþjóða vegasambandinu PIARC. Líkanið skoðar áhættu vegna bruna í stærri farartækjum (vöruflutningabifreiðum), bruna í olúflutningabifreið auk óhappa í tengslum við flutning á hættulegum efnunum. Gert var ráð fyrir að engar sérstakar takmarkanir á hættulegri umferð væru í göngunum enda sýnir áhættugreining Swepro að betra sé að leyfa hættulegri umferð að fara í gegnum göngin en að senda umferðina um núverandi vegakerfi sem liggur að hluta til um þéttbýli og þar að auki um talsvert lengri vegalengd. Reynsla Svía af Södra Länken hefur einnig sýnt að það sé mjög erfitt að framfylgja takmörkunum á umferð og því eru í dag engar takmarkanir á umferð farartækja með hættulegan farm.

Sköðuð voru nokkur tilfelli með mismunandi öryggisbúnaði og mismunandi umferðarforsendum. Þessi tilfelli sýna nokkuð vel stærðargráðu áhættunnar sem um ræðir auk þeirra áhrifa sem ólík úrræði hafa á áhættuna.

4.2 VIÐMIÐUNARMÖRK

Samfélagslega áhætta er metin samkvæmt viðteknum viðmiðunarmörkum frá Bretlandi þar sem þolanleg/hverfandi viðmiðunarmörk fyrir ALARP (As Low As Reasonably Practicable) eru gefin sem:

*Polanleg mörk: 1 dauðsfall á 10 ára fresti
10 dauðsföll á 100 ára frest
100 dauðsföll á 1.000 ára fresti*

*Hverfandi mörk 1 dauðsfall á 10.000 ára fresti
10 dauðsföll á 100.000 ára fresti
100 dauðsföll á 1.000.000 ára fresti.*

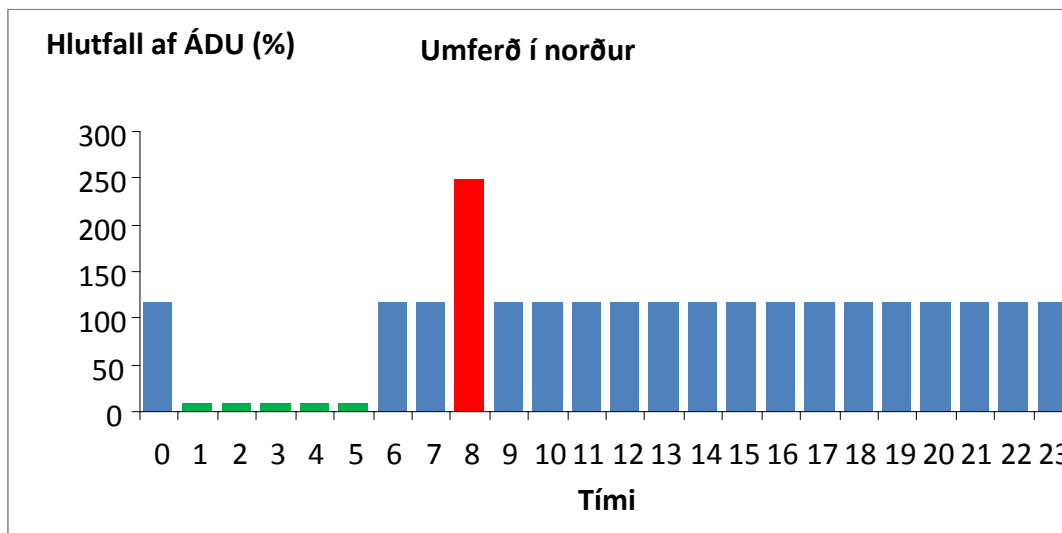
Til samanburðar er gildið fyrir 2006 umferð í Hvalfjarðargöngum $3,6 \cdot 10^{-2}$ sem jafngildir einu dauðsfalli á 27 ára fresti.

4.3 ÚTREIKNINGAR Í OECD/PIARC MÓDELI

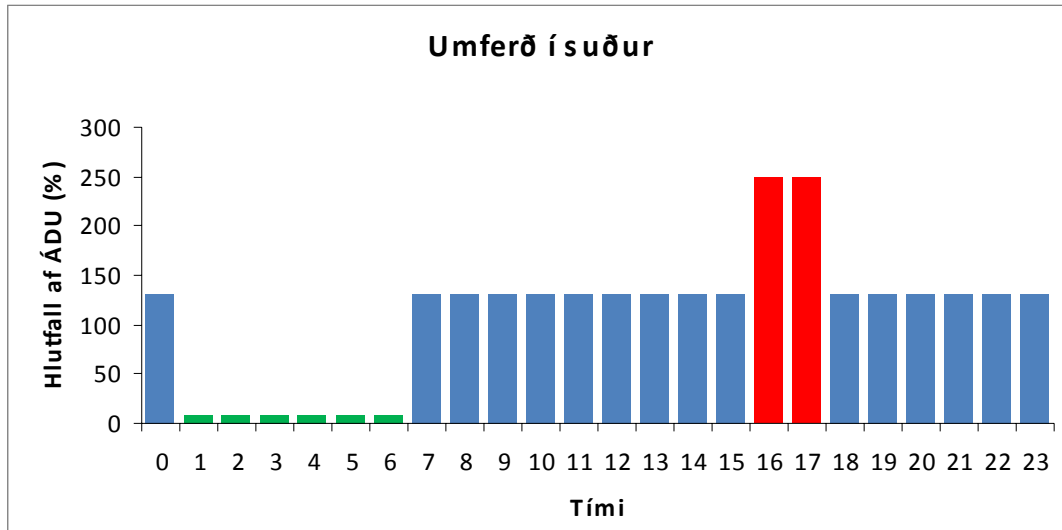
4.3.1 DREIFING UMFERÐAR

Umferðin var skoðuð fyrir hvora stefnuna fyrir sig. Annars vegar í norðurátt frá gatnamótum Sæbrautar og Kringlumýrabrautar í átt að Grafarvogi og hins vegar suðurátt sem er þá gagnstætt fyrri stefnu. Dreifingin var metin út frá umferðarteljara sem er til staðar á Kringlumýrabraut. Þar kom fram skýr afmörkun annatímaumferðar sem er að morgni milli kl. 8 og 9 á suðurleiðinni en milli 4 og 6 á norðurleiðinni. Gert er ráð fyrir að samskonar dreifingu í göngunum í útreikningum á áhættu. Næturumferð var svo skilgreind

sem það tímabil þegar áberandi minnst umferð var. Það reyndist í báðum tilvikum vera milli kl. 1 og 7 á nóttunni. Þessi dreifing er talin lýsandi fyrir hefðbundinn, virkan dag og er notuð fyrir öll tilfelli. Myndirnar hér á eftir sýna dreifingu umferðar eins og lýst er að ofan.



Mynd 7 – Norðurleið Sundaganga (ÁDU er skammstöfun fyrir meðalumferð á sólarhring).



Mynd 8 – Suðurleið Sundaganga (ÁDU er skammstöfun fyrir meðalumferð á sólarhring).

4.3.2 TILFELLI

Ýmis tilfelli voru prófuð til að kanna áhrif mismunandi loftflæðis, umferðar (bæði samsetningu og fjölda) og mismunandi öryggisbúnaðar.

Tilfelli 1

- Umferð miðað við árið 2017.
- Þungaflutningar 5%.
- 3 m/s loftflæði í akstursstefnu.

Tilfelli 2

- Umferð miðað við árið 2017.
- Þungaflutningar 5%.
- 3 m/s loftflæði í átt að þeim útgangi sem nær er eldsvoða, óháð akstursstefnu.
- Neyðarloftun fer af stað eftir 2 mínútur (í stað 5 mínútna).

Tilfelli 3

- Umferð miðað við árið 2017.
- Þungaflutningar 10%.
- 2 m/s longitudinal loftflæði í akstursstefnu.

Tilfelli 4

- Umferð miðað við árið 2027.
- Þungaflutningar 5%.
- Viðvörðunarkerfi: bjalla/sírena.

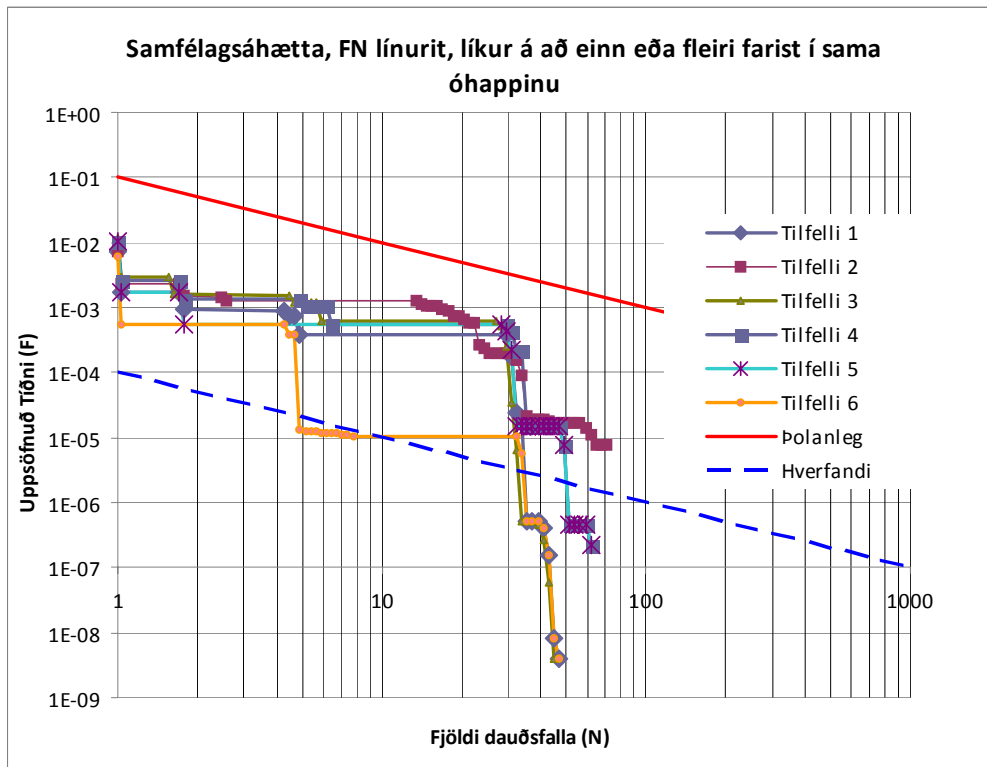
Tilfelli 5

- Umferð miðað við árið 2027.
- Þungaflutningar 5%.
- Viðvörðunarkerfi: myndavélar og kallkerfi.

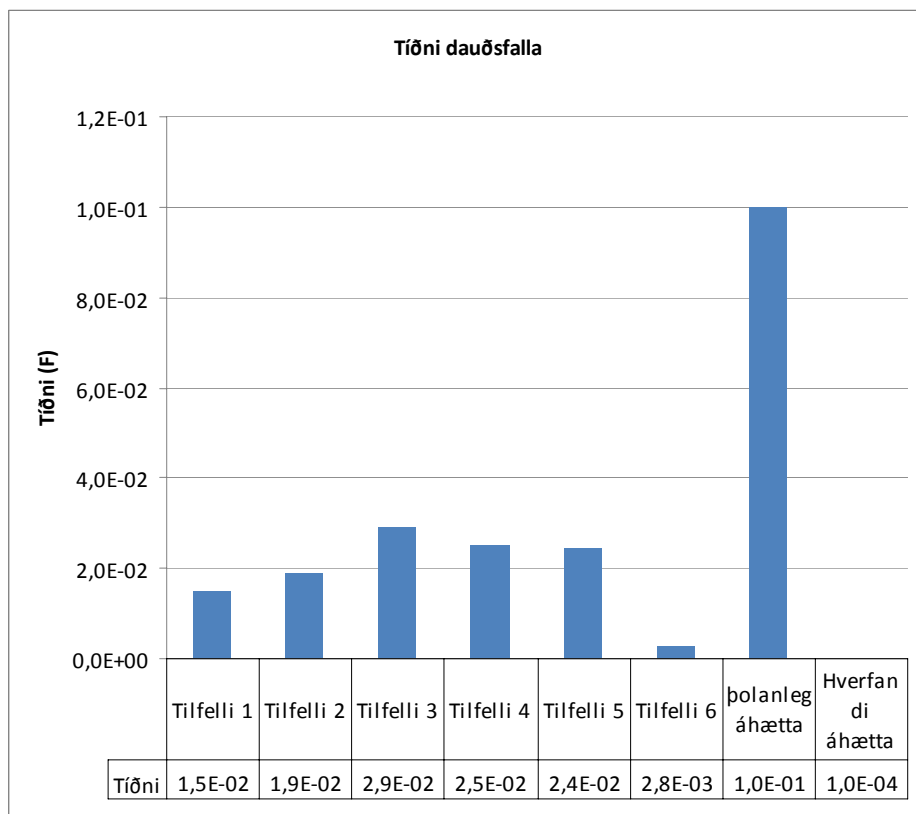
Tilfelli 6

- Umferð miðað við árið 2017.
- Vatnsúðakerfi.

4.3.3 SAMFÉLAGSÁÆTTA



Mynd 7. Samfélagsáhætta, (FN línurit).



Mynd 8 - Samfélagsáhætta, meðalfjöldi dauðsfalla

Eins og sést á mynd 7 er áhætta innan þolanlegra marka en þó ekki hverfandi. Einnig má út frá mynd 8 reikna út endurkomutíma milli dauðsfalla og er hann eins og tafla 8 á næstu blaðsíðu sýnir.

Tafla 11. Endurkomutími dauðsfalla

Tilfelli nr.	Endurkomutími (ár)
1	66
2	53
3	34
4	40
5	41
6	355
Þolanleg mörk	10
Hverfandi	10000

4.3.4 VATNSÚÐAKERFI

Í umræðum um öryggisbúnað fyrir veggöng hefur verið rætt um kosti og galla vatnsúðunarkerfa. Talið er að með vatnsúðakerfi megi reikna með að hægt sé að útiloka nánast alla bruna sem eru stærri en 15-20 MW og þar með öll hamfaraslys þar sem margir farast í eina og sama óhappinu. Séu hins vegar borin saman t.d. tilfelli 5 og 6 fyrir Sundagöng og fjöldi dauðsfalla reiknað yfir 100 ára tímabil fæst að með úða kerfi væri reikningslega hægt að komast hjá um 2 dauðsföllum.

Niðurstæða áhættugreiningar fyrir vegfarendur um Sundagöng er að áhætta er innan þolanlegra mark eða inn á svonefndum ALARP-viðmunarmörkum (As Low As Reasonably Practicable). Í stuttu máli þýðir það að finna skal leiðir til að lágmarka áhættuna eins og kostur er án þess þó að kostnaður sé meiri en ábatinn.

Gróflaga er áætlað að stofnkostnaður vatnsúðakerfis í Sundagöngum gæti hlaupið á einum milljarði og til viðbótar kæmi árlegur rekstrarkostnaður.

Við hönnun á Södra Länken göngunum, þar sem umferð er mun meiri en áætlað er fyrir Sundagöng, var ávinningur af vatnsúðakerfi skoðaður. Niðurstöður þar voru að ávinningurinn væri ekki nægilega mikill til að hægt væri að réttlæta uppsetningu vatnsúðakerfi vegna kostnaðar við uppsetningu og reksturs kerfisins. Hins vegar var þar sett upp mikið brunaviðvörðunarkerfi, m.a. lagður kapall í lofti ganganna með hitaskynjurum með 8 m millibili.

5 NIÐURSTÖÐUR

Áætlaður kostnaður fyrir Sundagöng milli Laugarness og Gufuness, með tengingum við Sæbraut og Klettagarða, er um 19,6 milljarðar króna á verðlagi í október 2007. Lausleg óvissugreining á kostnaði gefur 90 % líkur á að kostnaður verði á bilinu 17-22 milljarðar.

Í kostnaðaráætlun er :

- Lega Sundaganga milli Laugarness og Gufuness eins og lýst er í “Skýrslu um Sundagöng” frá nóvember 2006, höfð til viðmiðunar í magnáætlun fyrir jarðgangagröft, vegi, lagnir og vegskála. Miðað er við hæðarlegu ganga, þversnið og lengdir gangahluta og vegskála eins og þar er kynnt.
- Áætlað magn styrkinga byggt á niðurstöðum jarðfræðirannsóknna, sem gerðar voru sumarið 2007, þar sem berggæði til jarðgangagerðar voru metin af borkjörnum. Ennfremur eru hafðar til hliðsjónar reynslutölur frá fyrri jarðgangaframkvæmdum hérlendis.
- Stuðst er við norska vegstaðalinn Håndbok 021 í mati á nauðsynlegum umferðar- og öryggisbúnaði, jafnframt sem byggt er á upplýsingum sem fengust frá starfsmönnum norsku vegagerðarinnar í ferð sem farin var til Bergen og Ósló til að afla gagna þar um. Þá er einnig stuðst við tæknilegar upplýsingar frá Swepro í Svíþjóð, sem vann við hönnun búnaðar í Södra Länken göngin í Stokkhólmi og er nú að vinna að hönnun Nörra Länken ganganna þar.

Til að athuga hvort öryggi vegfarenda um Sundagöng væri fullnægjandi var áhætta greind samkvæmt líkani frá OECD og PIARC. Niðurstaða greiningar var að áhætta vegfaranda um Sundagöng væri innan þolanlegra marka eða inn á svonefndum ALARP-viðmunarmörkum (As Low As Reasonably Practicable). Í stuttu máli þýðir það að finna skal leiðir til að lágmarka áhættuna eins og kostur er án þess þó að kostnaður sé meiri en ábatinn.

HEIMILDIR

Skýrsla um Sundagöng. Línuhönnun. Unnið fyrir Vegagerðina og Reykjavíkurborg, nóvember 2006.

Directive EU/2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network, apríl 2004.

Vegtunneler, Normaler Håndbok 021. Statens Vegvesen, desember 2006.

Reglugerð nr 992, um öryggiskröfur fyrir jarðgöng, október 2007.

Sundagöng. Rannsóknir á jarðgangaleið Sundabrautar 2007, Áfangaskýrsla, ágúst 2007.

Sunda Tunnel Risk and Safety Report. Safety Concept and Cost Estimation. Risk assessment Concerning Dangerous Goods. Swepro, August 2007.