

LAUGARDALSLAUG

MINNISBLAÐ

VERKNÚMÉR: 01107019
VERKHLUTI: 01
HÖFUNDUR: Kristján Guðlaugsson
RÝNT AF: IN/MS
DREIFING: Ósk Soffía Valtýsdóttir

DAGS.: 2023-12-01
NR.: ID 370224
ÚTGÁFA -

Efni: Burðarvirki stúkumannvirkis

Inngangur

Þann 4.7.2023 sendi Verkís Reykjavíkurborg minnisblað nr. ID 346666 um skoðun Indriða Níelssonar (IN) á stúkumannvirki Laugardalslaugar. Í lok ágúst 2023 var Verkís beðið um áhættumat vegna stúkumannvirkisins. Kristján Guðlaugsson (KG) var fenginn til að skoða verkefnið og sendi samantekt og álit í tölvupósti þann 7.9.2023. Í lok október var óskað eftir frekari skoðun og formlegu minnisblaði sem hér liggur fyrir.

Minnisblað ID 346666 og áhætta

Í minnisblaði Indriða nr. ID 346666 er fjöldi ljósmynda og skýringarmynda, skemmdum lýst og ástand greint með aðferðum norska staðalsins NS-3424. Á bls. 10 er ástandsmat tekið saman í töflu.

3.2 Ástandsskoðun

Byggingarhluti	Ástandsgráða ÁG	Afleiðingar skemmda AS	Áhætta ÁH	Skýring	Forgangur aðgerða
Steyptir fletir					
Þak	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	1	1
Þaksýni	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	2	1
Varðir þakbitar	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	3	1
Óvarðir þakhlutar	ÁG 3	AS 3	ÁH-meðal	4	1
Súlur framhlið	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	5	1
Súlur bakhlið	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	6	1
Þak yfir bakinngangi	ÁG 2	AS 2	ÁH-lítill	7	2
Plata undir stæðum	ÁG 3	AS 2	ÁH-meðal	8	1
Veggir almennt	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	9	1
Skyggni á sundlaugarsvæði	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	10	1
Tröppur	ÁG 3	AS 3	ÁH-mikil	11	1
Kjallari, almennt	ÁG 3	AS 2	ÁH-lítill	12	1
Fyrsta hæð, almennt	ÁG 2	AS 2	ÁH-meðal	13	1

Mynd 1. Tafla á bls. 10 í minnisblaði ID 346666, samantekt ástandsmats.



Eins og sjá má á mynd 1 eru flest öll skoðuð atriði metin í versta ástandsflokk (ÁG 3) skv. norska staðlinum NS-3424, mat á afleiðingum skemmda eru sömuleiðis oftast í versta flokki (AS 3) og áhætta vegna skemmdanna er í meirihluta tilfella talin geta verið mikil. Í minnisblaði ID 346666 er því innbyggt gróft mat á hættu á frekara tjóni af einhverju tagi ef viðkomandi byggingarhluti myndi ekki lengur þjóna sínu hlutverki.

Skoðun í september

KG fór í skoðunarferð um stúkuna þann 5. september og er sammála því mati IN að ástandið er mjög slæmt, miklar skemmdir eru sýnilegar og ekki síst í byggingarhlutum sem eru lykilþættir í burðarþoli mannvirkisins, t.d. í bitum og neðst í súlum. Steypuhula súlnanna er a.m.k. sums staðar mjög lítil, hefur vart verið meiri en um 10mm þar sem ryð í járnþendingu hefur sprengt huluna af, t.d. neðarlega í súlunum. Víða má sjá greinileg ummerki eldri múr- og steypuviðgerða sem nú eru margar aftur ónýtar, ídælinga með þéttiefnum og fleiri aðgerða sem benda til að mannvirkið hafi ekki haldið vatni. Sumir hlutar burðarvirkisins hafa verið huldir með klæðningum, svo sem bitar efst norðan á norðurvegg og ofan á þaki stúku. Ástæður þess að það var gert eru ekki þekktar, en líkur eru til að það hafi verið vegna slæms útlits og/eða annars slæms ástands. Það að hylja berandi byggingarhluta skapar óöryggi þegar burðarvirki er metið því það sem er sýnilegt má meta, bregðast við og kanna nánar, en það sem ekki sést getur komið á óvart.

Það sem taldar eru vera alvarlegustu vísbendingar um ástand burðarvirkisins er eftirfarandi.

- Víða eru greinileg merki um miklar alkalískemmdir í steinsteypu mannvirkisins
 - Alkalívirgni verður vegna efnasamsetningar sements og fylliefna steypu sem notuð var á um 20 ára tímabili fyrir árið 1980. Í byggingarhlutum sem verða fyrir vatnsáraun eyðileggur hún uppbyggingu steypunnar og verður til þess að geta byggingarhluta til að bera álag minnkar mikið eða tapast alveg. Byggingarhlutanum er því ekki treystandi.
 - Mannvirkið er allt steipt á svipuðum tíma svo reikna verður með að meira eða minna öll steypa mannvirkisins sem orðið hefur fyrir vatnsáraun sé alkalískemmd.
- Víða hefur ryð í járnþendingu nærri yfirborði sprengt af sér steypuhulu og það eru vísbendingar um að steypuhula hafi víða verið ófullnægjandi frá upphafi. Þetta er hættumerki því það þarf ekki annað en að járnþending tærist og verði gagnslítill á einum lykilstað til þess að afleiðingar í burðarvirki geti orðið mjög alvarlegar. Þetta á sérstaklega við um burðarvirki stúkubaksins þar sem segja má að mikill massi hvíli fyrst og fremst á hverri stakri súlu. Þó rammabiti í norðurvegg hjálpi til myndi hann ekki bera uppi 15-16m „útkragandi“ þak ef súla gæfi sig. Þar að auki er langt á milli súlna svo öryggi sem fengist með samvirkni fleiri byggingarhluta er takmarkað.
- Víða eru merki um margs konar þéttingar og fleiri vísbendingar um að vatn hafi komist inn í steipta byggingarhluta. Það er slæmt af því að það getur bæði verið vísbending um alkalískemmdir og um ryðskemmdir á steypustyrktarstáli sem segja má ómögulegt að meta.

Það hefði mögulega verið hægt að takmarka áhrif og eyðileggingu vegna vatns og alkalívirgni með því að verja mannvirkið fyrir vatnsáraun þegar alkalívandinn var greindur af Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins fyrir 45-50 árum, en það var ekki gert og líklega eru nú mörg ár síðan það var orðið um seinan.

Sýnataka

Sýnataka steyptra mannvirkja er ávallt vandkvæðum háð og sérstaklega ef mannvirkið er ekki nýtt.

Sem dæmi má nefna að á einum stað má finna steinsteypu sem uppfyllir kröfur á meðan næsti staður sýnir skemmda steypu sem ekki uppfyllir kröfur. Því getur lýsing og sjónmat oft gefið nákvæmari eða réttari upplýsingar en sýnataka á einstökum stöðum.



Viðkvæmstu staðirnir í burðarvirki stúkunnar eru súlurnar og bitarnir, en ekki er hægt að taka sýni úr þeim án þess að skemma burðargetu þeirra. Þess vegna yrði að öllum líkindum mjög kostnaðarsamt að taka sýni úr þeim, því byggja yrði upp einhvers konar annað burðarvirki til að þjóna hlutverki þeirra áður en óhætt yrði að rýra burðargetu þversniðanna með því að taka sýnin.

Því er yfirleitt eingöngu stuðst við sjónmat þegar svo mikilvægt burðarvirki er skoðað.

Áhættumat

Áhætta getur verið margs konar. Rekstraráhætta, ímyndaráhætta og fleira er ekki á sérsviði höfundar og verður ekki til umfjöllunar hér. Einnig er mannvirknið líklega komið fram yfir það að áhætta vegna kostnaðar eða kostnaðarmats sé umræðuefni, líkur eru til að hver sem niðurstaðan verður þá verði kostnaður mjög verulegur. Í ljósi slæms ástands mannvirkisins er líklega mest ástæða til að frekara áhættumatmat snúist um hættu á því að frekara tjón á burðarvirki valdi slysum á fólki.

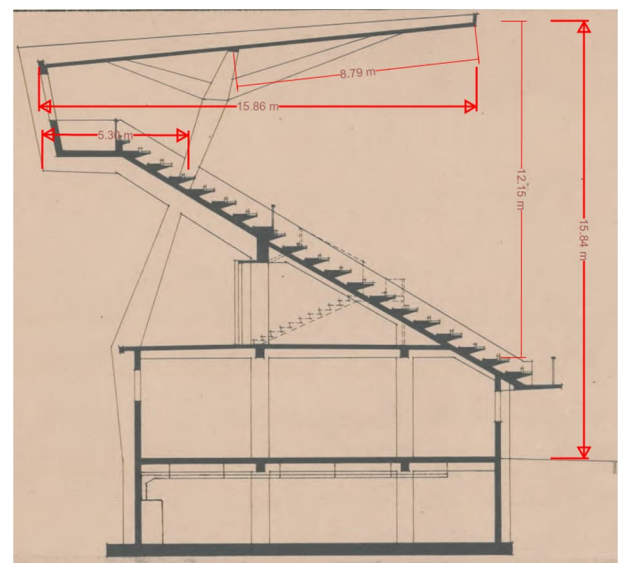
Að öllu samanlögðu er niðurstaðan að verkefnið sé að meta hættu á að burðarvirki hrynji að meira eða minna leyti með möguleika á slysum og alvarlegum afleiðingum fyrir starfsfólk og gesti.

Hætta vegna hruns er tengd fallhæð og þunga (massa) þess sem fellur, t.d. skapast fremur lítil hættu þó þungt stykki falli t.d. minna en hálfan metra til jarðar. Það er sérstaklega ástæða til að fjalla um stúkupakið og um svalir eða skyggni neðst á áhorfendapöllum. Í grunninn er helst ástæða til að skoða tvenns konar hrunchættu; annars vegar að afmarkað stykki losni og falli úr hæð og hins vegar það mun alvarlegra tilfelli ef burðarvirki eða hlutar þess standa ekki undir því álagi sem á þá ert lagt með þeim afleiðingum að stór stykki eða byggingarhlutar hrynja.

Stúkupakið

Mest ástæða er talin vera til að hafa áhyggjur hrundi tengdu stúkupakinu. Hæsti hluti þaksins er í yfir 12m hæð yfir neðstu áhorfendapöllum og í yfir 15 m hæð yfir sundlaugarbakkanum, þar sem yfirleitt er mikið af fólki. Jafnvel fremur lítið steypustykki sem fellur úr þeirri hæð getur slasað manneskju mikið. Einnig er þakið stórt og meginburðarvirki þess er fremur „grannvaxið“.

Þyngdarmiðja þakflatarins er u.þ.b. 8m frá norðurvegg og súlur styðja undir þakið um miðbik þaksins, en súlurnar koma niður í áhorfendapalla í um 5,5m fjarlægð frá norðurvegg. Þetta verður til þess að þakið „vill“ falla fram fyrir sig (til suðurs), en norðurveggurinn togar á móti. Burðarþolslega verður þetta til þess að þrýstingurinn á súluna þar sem hún mætir áhorfendapöllum verður enn meiri en sem nemur þyngd þaksins.



Mynd 2. Sniðteikning stúkumannvirkis.

Meðalþykkt burðarplötu þaksins er ekki þekkt, en skv.

burðarþolsteikningu VST nr. 61.30.1.56 frá 1963 er þakplatan 12cm þykk nema endabilin 9cm. Við skoðun í september 2023 var þykktin hins vegar mæld um 14 cm við aðgangsup norðarlega um miðbik þaksins. Ef reiknað er með að steypa með bendistáli sé um 2400kg/m^3 og til öryggis að þykktin sé 14cm er hver fermetri um 330kg. Skv. grófri mælingu á teikningu er þakið um 16m breitt mælt í N-S stefnu og um 55m langt mælt í A-V stefnu og heildarþyngdin skv. ofangreindu er eiginþyngd flatarins því um 300 tonn. Álagið á súlurnar niðri við áhorfendapöllum er u.þ.b. 45% meira ($8\text{m}/5,5\text{m}=1,45$) eða sem svarar nær 440 tonnum. 8 súlur eru í meginburðarvirki þaksins og ef til einföldunar er gert ráð fyrir að hver og ein beri $1/8$ er álagið á hverja súlu þar sem hún mætir áhorfendapöllum gróflega um $440\text{tonn}/8\text{súlur}=55\text{ tonn/súlu}$.



Minni steypustykki kynnu að hrynja úr framkanti þaksins (syðst) eða mögulega úr fletinum sjálfum (sjá mynd 2 og minnisblað ID 346666 bls. 11-13). Hér er aðeins bent á hættuna af þessu en ekki reynt að leggja mat á líkur á að þetta gerist.

Líklega er hættulegasta sviðsmyndin sú að súla eða súlur gefi sig í þversniðinu þar sem súlur mæta áhorfendapöllum og að það valdi verulegu hruni þaksins. Hætta á þessu er talin umtalsverð því bæði eru ryðskemmdir sýnilegar og alkalískemmdir líklegar í þversniðinu rétt yfir áhorfendapöllum.

Önnur mynd væri að „brofliður“ myndaðist þar sem súlurnar og áhorfendapallarnir mætast í eins konar stóru X-i (sjá mynd 2). Til þess að þetta gerist þyrfti járnþending neðan í skábitum sem eru undir áhorfendapöllum að vera léleg eða ónýt en hún er að mestu í vari fyrir verstu rigningaráttum og ekki verður séð að bitarnir séu illa skemmdir. Þetta er því talið ólíklegt en að súlur gefi og verður ekki skoðað nánar.

Á teikningavef Reykjavíkur fundust ekki upplýsingar um fyrirskrifaðan styrk steinsteypunnar í mannvirkinu, en líklegast er að það hafi verið svokölluð B25 steypa sem var hönnuð til að þola meira en 25MPa þrýsting. Á burðarþólsupprætti er minnsta þversnið þar sem súla mætir áhorfendapöllum sýnt 35cm x 45cm. 55 tonn samsvara 0,55MN svo reikningslegur þrýstingur í þversniðinu er u.þ.b. 3,5MPa. Ekkert ytra álag er inni í þeirri tölu svo sem út af snjó, vindi eða jarðskjálftum og raunþrýstingur getur því örugglega orðið meiri en 3,5MPa.

Stærsti hluti álags frá þakinu er því dreginn saman í 8 súlur í burðarvirkinu og áfram um 8 hnútpunkta þar sem súlurnar mæta áhorfendapöllum. Vandamálið við þannig samþjöppun er að mikilvægi hnútpunktanna er mikið og í þessu tilfelli ekkert annað en næstu hnútpunktar til að taka við ef eitthvað gefur sig. Ef einhver súlnanna gefur sig gæti orðið mjög alvarlegt hrun sem jafnvel gæti framkallað „dómíno“-áhrif af því að nærliggjandi hnútpunktar myndu ekki þola álagið af því sem sá sem gaf sig átti að bera. Í steinsteypu er svokallað togþol mjög takmarkað og þess vegna er steinsteypa járnþent því stál hefur mikið togþol. Þegar um súlur er að ræða þar sem þrýstingur á takmarkað þversnið er hlutfallslega hár er mjög mikilvægt að umlykja steypuþversniðið með þéttum stálavfningum (lykkjum). Tilgangur þess er margþættur s.s. að tryggja að s.k. skerspennur brjóti ekki súluna, að umvefja steypuna „hjúpi“ úr togþolnu efni til að þrýstingurinn „sprengi“ ekki steypuna í þversniðinu, að eðlilegar minniháttar sprungur í steypunni verði ekki til þess að súlan gefi sig o.s.frv. Í sumum súlum stúkumannvirkisins eru verulegar ryðskemmdir sýnilegar í járnum og það eitt, þó engar alkalískemmdir væru til staðar, er burðarþólslegt áhyggjuefni. Það þarf ekki nema tiltölulega fáar lélegar/ónýtar lykkjur til þess að sá hluti súlunnar sé orðinn veikur fyrir og alkalískemmdir í sama þversniði auka líkurnar á að þversniðið gefi sig með ófyrirsjáanlegum afleiðingum. Burðarvirki stúkubaksins hefur margt á móti sér sem allt gerir erfitt fyrir um að meta líkur á alvarlegu hruni.

- Burðarvirkið er „grannvaxið“
- Mest af álagi fer um fáa mikilvæga hnútpunkta sem eru lítið háðir hver öðrum innbyrðis.
- Miklar líkur eru á umtalsverðum alkalískemmdum.
- Steypuhula járna er a.m.k. sums staðar ófullnægjandi.
- Tæringarskemmdir eru í járnþendingu, sums staðar er steypuhula ryðsprengd af járnum.
- Mikið af skemmdum eru sýnilegar og lítið hægt að fullyrða um það sem ekki sést.
- Mjög óvíst er hve mikið hægt er að nota vitneskju um skemmdir eins byggingarhluta til að meta ástand annars því erfitt er að fullyrða að t.d. veðurálag, ákvarðanir á framkvæmdatíma o.fl. hafi verið sambærilegt.

Lagt er til að þakið og burðarvirki þess verði fjarlægt sem fyrst.

Svalir/skyggni neðst á áhorfendapöllum

Svalir neðst á áhorfendasvæðinu mynda eins konar skyggni í um 3m hæð yfir nyrsta hluta sundlaugarbakkans og setpottunum, sjá mynd 2. Litlir molar sem kynnu að hrynja úr skyggninu yrðu líklega varla meira en til óþæginda, en þeim mun stærri sem stykkinn kynnu að vera þeim mun líklegri yrðu meiri eða alvarlegri slys. Líkur til að burðarvirki svalanna falli saman eru líklega ekki miklar. Á skyggninu eru verulegar skemmdir og þær eru metnar meiri en svo að viðgerð sé raunhæfur kostur (sjá



minnisblað ID 346666 bls. 25). Þar sem viðgerð er ekki talin fýsileg er lagt til að svalirnar verði fjarlægðar og hætta á hruni úr þeim þar með útilokuð.

Neðri hæðir stúkumannvirkis

Skemmdir á neðri hæðum og í kjallara eru verulegar, sjá minnisblað ID 34666. Hætta vegna hruns er líklega óveruleg og það ætti að vera hægt að sjá staði sem líklegt er að geti hrunið úr. Víða eru sýnileg ummerki sem segja sögu tilrauna til að þétta steypa byggingarhluta og að öllum líkindum með misjöfnum árangri. Allt mannvirkið er steyppt á svipuðum tíma og þess vegna verður að gera ráð fyrir að vænta megi alkalískemmda í öllum steinsteypptum byggingarhlutum sem orðið hafa fyrir langvarandi vatnsálagi. Ef steinsteypptir byggingarhlutar eru illa vatnsheldir er einnig alltaf hættu á að vatn hafi komist að járnþendingu og að á henni hafi orðið skemmdir vegna tæringar. Steypa í kjallara og undirstöðum er alltaf rök vegna vatns í jarðvegi umhverfis mannvirkið og því verður að gera ráð fyrir að alkálí- og tæringarskemmdir í kjallara og í undirstöðum séu sambærilegar og jafnvel meiri en ofar.

Lagt er til að neðri hæðir kjallari og undirstöður verði fjarlægðar.

Samantekt um áhættumat

Afleiðingar þess að eitthvað myndi gefa sig gætu orðið mjög alvarlegar, líklega hrun í einhverri mynd. Svo allir hefði „sitt á þurru“ yrði allt tölulegt eða formbundið áhættumat að vera með miklum öryggisstuðlum svo fyrir fram má segja að litlar líkur séu til að mannvirkið stæðist matið.

Ef meta ætti ástand tiltekins byggingarhluta, t.d. tiltekins þversniðs í súlu er óvíst að marktækar niðurstöður fengjast í tilfelli svona skemmda nema með því að brjóta súluna. Þá þyrfti að búa til bráðabirgðaburðarvirki til að taka við hlutverki súlunnar á meðan hún yrði brotin að hluta eða í heild til að kanna ástand og ný súla yrði steyppt. Alls ekki er víst að hægt væri að yfirfæra það sem fyndist í einni súlu yfir á aðrar súlur.

Það má því kalla ógerlegt að meta líkur og gefa upp einhverja tölu sem ætti að lýsa hættunni á að burðarvirki gefi sig.

Svo það sé sagt þá er hægt að laga eða styrkja eða endurbyggja hvað sem er, en í þessu tilfelli er líklegt að kostnaðurinn yrði stórkostlegur og því varla raunhæfur valkostur.

Samandregið er talin vera of mikil hættu á hruni eða að byggingarhlutar gefi sig, sérstaklega tengt stúkubaki, til þess að verjandi sé að láta mannvirkið standa áfram.