

Odborný posudek

Odborné posouzení střechy zimního stadionu včetně doporučení nápravných opatření

Winning Group Arena
Křídlovická 911/34
603 00 Brno-Staré Brno



Vypracovali
Ing. Jan Tománek
Ing. Hana Krátošková

Zpracováno v období
Říjen 2022

Verze dokumentu
První vydání

Obsah

1. VŠEOBECNĚ	4
1.1 Předmět	4
1.2 Úkol	4
1.3 Objednatel	4
1.4 Dodavatel	4
1.5 Vypracovali	4
1.6 Kontroloval	4
1.7 Zpracováno v období	4
2. PODKLADY	5
3. NÁLEZ	5
3.1 Místní šetření	5
3.2 Stručný popis objektu a předmětných konstrukcí	6
3.3 Charakteristika problematiky	7
3.4 Zjištěný stav předmětných střech – obecně	7
3.4.1 Střecha nad arénou	7
3.4.2 Plochá střecha nad obvodovým ochozem	9
3.5 Popis provedených sond a skladeb střešního pláště	10
3.6 Popis hlavní hydroizolační vrstvy obvodového ochozu	15
3.7 Popis prostupujících konstrukcí a svislé napojení hydroizolace obvodového ochozu	15
3.8 Popis atiky obvodového ochozu	17
3.9 Popis odvodnění obvodového ochozu	17
3.10 Popis tepelněizolační vrstvy obvodového ochozu	18
3.11 Popis hlavní hydroizolační vrstvy střechy nad arénou	18
3.12 Popis prostupujících konstrukcí a ukončení střechy nad arénou	19
3.13 Popis tepelněizolační vrstvy střechy nad arénou	20
3.14 Popis odvodnění střechy nad arénou	20
3.15 Další skutečnosti zjištěné při průzkumu	22
4. POSUDEK	23
4.1 Tepelně-technické posouzení - obecně	23
4.1.1 Okrajové podmínky	23
4.2 Normové a funkční požadavky	24
4.2.1 Normové požadavky na hodnoty součinitele prostupu tepla	24
4.2.2 Normové požadavky na vnitřní povrchovou teplotu	24
4.2.3 Normové požadavky na kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce	24
4.3 Tepelně-technické posouzení stávajících skladeb	25
4.3.1 Střecha nad obvodovým ochozem – S1 a S2	25
4.3.2 Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu) – S3	26
4.3.3 Střecha nad hokejovou halou (šikmá část) – S4	27
4.3.4 Střecha nad hokejovou halou (kopule v ploše) - S5 a S6	28
4.3.5 Střecha nad hokejovou halou (kopule ve vrcholu) – sonda S7	29
4.4 Stavebně-technické posouzení střechy	30
5. NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ	31
5.1 Obecně	31
5.2 Střecha nad obvodovým ochozem – dodatečné zateplení včetně nové hydroizolační vrstvy	31
5.3 Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu) – částečná demontáž stávajících vrstev, dodatečné zateplení včetně nové hydroizolační vrstvy	32
5.4 Střecha nad hokejovou halou (šikmá a kopulovitá část) – komplexní rekonstrukce	33
5.5 Vypočtené hodnoty navržených skladeb	37
5.6 Vyhodnocení vypočtených hodnot navržených skladeb	37
5.7 Orientační nacenění návrhových opatření (bez DPH)	37
6. ZÁVĚR	38

1. VŠEOBECNĚ**1.1 Předmět**

Winning Group Arena
Křídlovická 911/34
603 00 Brno-Staré Brno

1.2 Úkol

Odborné posouzení střechy zimního stadionu včetně
doporučení nápravných opatření

1.3 Objednatel

STAREZ - SPORT, a.s.

Křídlovická 911/34
603 00 Brno-Staré Brno
IČ: 26932211

Kontaktní osoba:

Ing. Daniela Konečná
Tel.: +420 730 806 312
Mail: konecna@starezsport.cz

1.4 Dodavatel

DEKPROJEKT s.r.o.

Tiskařská 10/257
budova TTC
108 00 Praha 10 –
Malešice
tel.: +420 234 054 284

IČO: 27 64 24 11
DIČ: CZ699000797
Bankovní spojení:
35-7899980247/0100
KB Praha 9

**Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským
soudem v Praze oddíl C., vložka 120996**

1.5 Vypracovali

Ing. Jan Tománek
Ing. Hana Krátošková

1.6 Kontroloval

Ing. Pavel Štajnrt
Ing. Tomáš Kupsa

1.7 Zpracováno v období

Říjen 2022

2. PODKLADY

- [1] Objednávka odborného posudku ze dne 28.06.2022 na základě nabídky č. D2022-059231.
- [2] Místní šetření objektu dne 25.08.2022.
- [3] Fotodokumentace z místního šetření [2].
- [4] Informace ohledně provozu stadionu včetně naměřených parametrů vnitřního prostředí, teplota a vlhkost za období 07/2021 – 05/2022, dodal objednatel posudku.
- [5] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.
- [6] ČSN 73 1901 (731901) Navrhování střech – Základní ustanovení.
- [7] ČSN EN ISO 52016-1 Energetická náročnost budov - Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení - Část 1: Postupy výpočtu.
- [8] ČSN EN ISO 52017-1 Energetická náročnost budov - Citelné a latentní tepelné zatížení a vnitřní teploty - Část 1: Obecné postupy výpočtu.
- [9] ČSN EN ISO 13788 - Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody.
- [10] ČSN EN ISO 13789 (73 0565) Tepelné chování budov – Měrná ztráta prostupem tepla – Výpočtová metoda.
- [11] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov.
- [12] ČSN EN ISO 13792 Tepelné chování budov – Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení – Zjednodušené metody.
- [13] ČSN EN ISO 13791 Tepelné chování budov – Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení – Základní kritéria pro validační postupy.
- [14] ČSN EN 15 665 – změna Z1 – Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov.
- [15] ČSN EN ISO 6946 (73 0558) Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda
- [16] ČSN P 73 0600 Hydroizolace staveb – Základní ustanovení (2000).
- [17] ČSN 73 1901-1 - Navrhování střech - Část 1 - Základní ustanovení.
- [18] ČSN 73 1901-2 - Navrhování střech - Část 3 - Střechy s povlakovými hydroizolacemi
- [19] ČSN 73 0540-1 (730540) Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie.
- [20] ČSN 73 0540-2 (730540) Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.
- [21] ČSN 73 0540-3 (730540) Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin.
- [22] ČSN 73 0540-4 (730540) Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody.
- [23] ČSN 73 3610 Navrhování klempířských konstrukcí.
- [24] Základní pravidla pro klempířské práce, vydal CKPT ČR.
- [25] KUTNAR – Střechy s povlakovou hydroizolací, Skladby a detaily – leden 2022, konstrukční, technické a materiálové řešení.
- [26] Zdroj úvodního obrázku a obrázku č. 1: www.mapy.cz © Seznam.cz, a.s.

U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování posudku.

3. NÁLEZ

3.1 Místní šetření

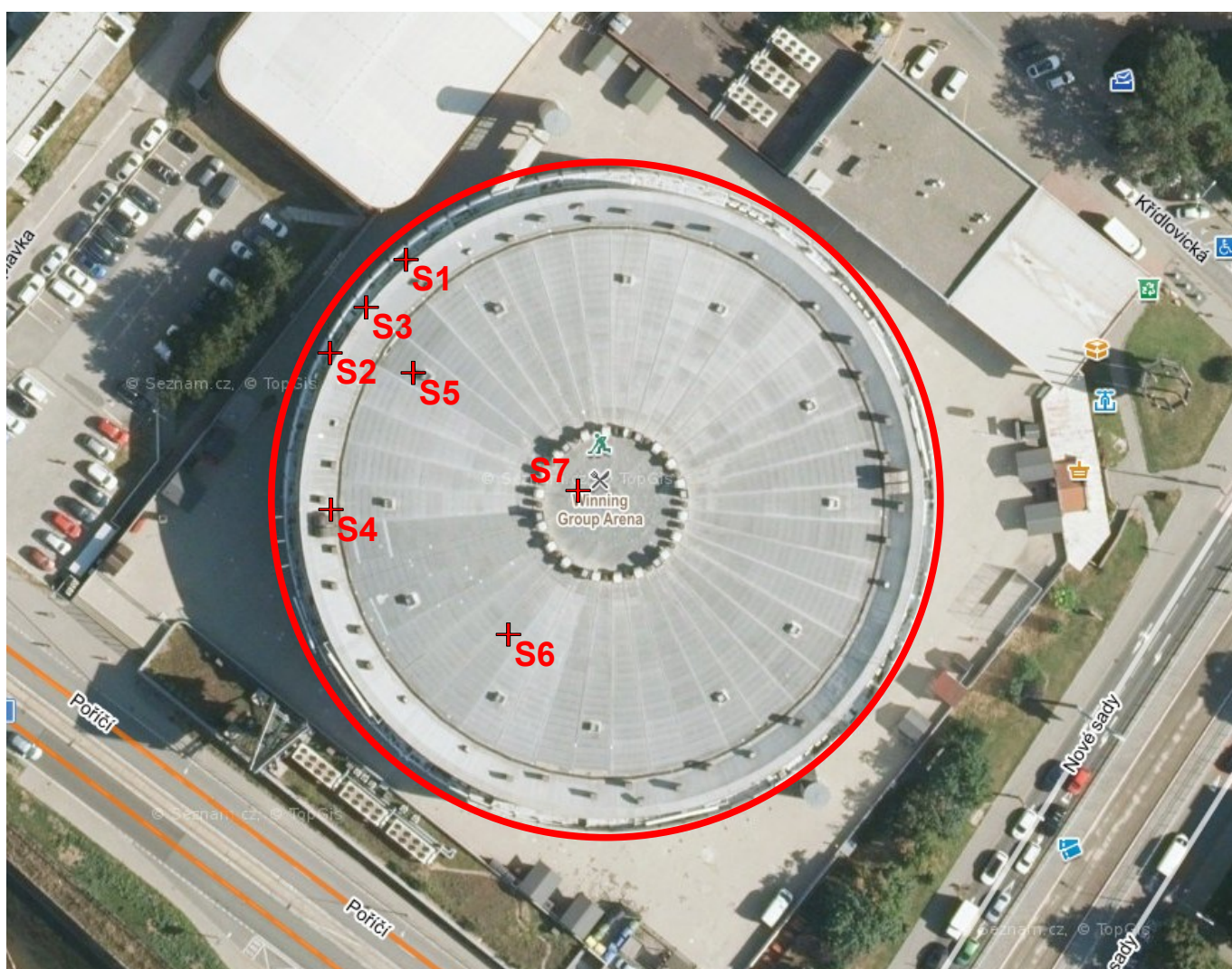
Na základě objednávky bylo na předmětném objektu provedeno místní šetření, které proběhlo dne 25. 8. 2022. Během průzkumu byla provedena vizuální prohlídka střech a interiéru objektu. Dále byly provedeny dvě sondy do ochozu objektu a pět sond do kopulovité střechy nad objektem. Sondy byly následně zapraveny stejným povlakovým materiálem. Z místního šetření byla pořízena fotodokumentace, jejíž část je součástí tohoto odborného posudku. Místní šetření provedl Ing. Jan Tománek, Ing. Jan Kurka a Bc. Mikhail Gnezdilov.

3.2 Stručný popis objektu a předmětných konstrukcí

Předmětem odborného posudku jsou střechy víceúčelové arény společnosti Winning Group na ulici Křídlovická v Brně. Objekt je situován v rovinatém terénu v oblasti městské zástavby o nadmořské výšce přibližně 203,2 m n. m.

Půdorys objektu je tvořen pravidelným kruhovým tvarem. Střecha objektu nad samotnou arénou je jednoplášťová kopulovitá s hlavní hydroizolační vrstvou z PVC-P. Tato střecha se dále dělí na horní okrajovou část, šikmou část a plochou (kopulovitou) část. Kolem této střechy se následně nachází obvodový ochoz pro potřeby údržby objektu, jehož plášť je koncipován jako jednoplášťová plochá střecha s hlavní hydroizolační vrstvou z asfaltových pásů.

Nosnou konstrukcí ploché střechy arény je dle místního šetření ocelová konstrukce s podkladními trapézovými plechy. Nosnou konstrukcí ochozu jsou též podkladní trapézové plechy.



Obrázek č. 1 – situace objektu s vyznačenými předmětnými střešními pláštěmi a sondami

3.3 Charakteristika problematiky

Objednatel požaduje popis a posouzení zjištěného stavu střechy, a to i z hlediska stavební fyziky - její tepelně-technické posouzení z hlediska jednorozměrného šíření tepla a vlhkosti spolu s koncepčními návrhy její opravy. Dále objednatel požaduje doporučení ohledně realizace střešního pláště a provozu

s ohledem na větrání a další okolnosti. Objednatel poukázal na vlhkostní problémy v interiéru, které se projevují vlhkostními poruchami především v okolí střešního žlabu.

3.4 Zjištěný stav předmětných střech – obecně

3.4.1 Střecha nad arénou

Střecha víceúčelové arény je jednoplášťová s hlavní hydroizolační vrstvou z nevyztužené PVC-P fólie tl. 1,5 mm, která je vždy vyspádována do mezistřešního žlabu. Jelikož střecha disponuje kopulovitým tvarem, její sklon je proměnlivý. Výstup na střechu je zajištěn kovovým žebříkem z obvodového ochozu, ke kterému je zajištěn přístup z interiéru pomocí kovového žebříku skrz otvřívavý světlík.

Nosná konstrukce střešního pláště ploché střechy je tvořena ocelovou konstrukcí, která následně vynáší trapézové plechy, na které je zrealizována samotná skladba střešního souvrství. Trapézové plechy jsou z horní strany zaklopené rovnými pláty plechu.

Skladba horní části střechy (při obvodu) se skládá z nevyztužené PVC-P fólie tl. 1,5 mm, separační geotextilie, povlakové hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky, modifikovaného asfaltového pásu s vložkou ze skelné rohože, betonové mazaniny, dvou kusů oxidovaného asfaltového pásu s nasákovou vložkou, desek z expandovaného polystyrénu typu POLSID, nadbetonávky trapézových plechů a podkladních nosných trapézových plechů včetně zabetonování vln.

Skladba šikmé části střechy se skládá z nevyztužené PVC-P fólie tl. 1,5 mm, separační geotextilie, povlakové hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky, dvou kusů oxidovaného asfaltového pásu s nasákovou vložkou, desek z expandovaného polystyrénu typu POLSID, litého asfaltu a podkladního trapézového plechu. Trapézové plechy jsou z horní strany zaklopené rovnými pláty plechu.

Skladba kopulovité střechy se dělí na skladbu **v ploše** a **ve vrcholu**.

Skladba kopulovité střechy v ploše se skládá z nevyztužené PVC-P fólie tl. 1,5 mm, separační geotextilie, povlakové hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky, dvou kusů oxidovaného asfaltového pásu s nasákovou vložkou, desek z expandovaného polystyrénu typu POLSID, litého asfaltu a podkladního trapézového plechu. Trapézové plechy jsou z horní strany zaklopené rovnými pláty plechu.

Skladba kopulovité střechy ve vrcholu se skládá z nevyztužené PVC-P fólie tl. 1,5 mm, separační geotextilie, desek z expandovaného polystyrenu ve třech vrstvách, povlakové hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky, pogumované hliníkové vložky, dvou kusů oxidovaného asfaltového pásu s nasákovou vložkou, desek z expandovaného polystyrénu typu POLSID, litého asfaltu a podkladního trapézového plechu. Trapézové plechy jsou z horní strany zaklopené rovnými pláty plechu.

Dále se na ploše střešního pláště nachází soustava bleskosvodu na plastových podložkách včetně jímacích tyčí, prvků vzduchotechniky a prosvětlovacích světlíků.

Hlavní hydroizolační vrstva je na svislých konstrukcích ukončena vytažením a zatmelením, v případě okraje střechy přetažením na podkladní klempířské ukončovací lemování.



Fotka 1: Pohled na střechu nad arénou (horní a šikmá část střechy při obvodu)



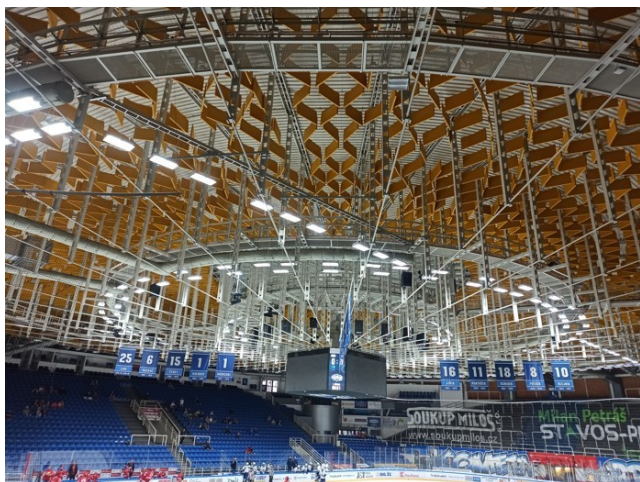
Fotka 2: Pohled na střechu nad arénou (kopulovitá část střechy v ploše)



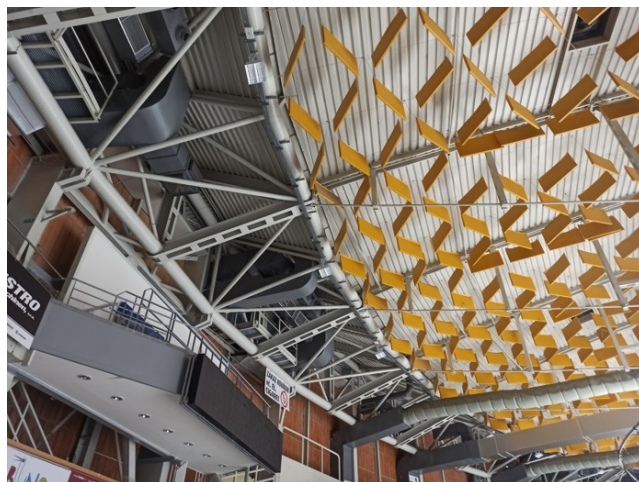
Fotka 3: Pohled na střechu nad arénou (kopulovitá část střechy v ploše)



Fotka 4: Pohled na střechu nad arénou (kopulovitá část střechy ve vrcholu)



Fotka 5: Pohled na nosnou konstrukci střechy z interiéru



Fotka 6: Pohled na nosnou konstrukci střechy z interiéru

3.4.2 Plochá střecha nad obvodovým ochozem

Plochá střecha obvodového ochozu je koncipována jako jednoplášťová plochá s hlavní hydroizolační vrstvou z asfaltových pásů, která je vždy vyspádována do střešních vtoků. Obvodový ochoz nedisponuje pouze jednou výškovou úrovní, ta se postupně zvyšuje dle polohy pomocí schodů od vstupu na tento ochoz směrem k polovině obvodu arény. Dle místního šetření se sklon těchto dílčích plochých střech pohybuje od 1 ° do 3 °. Přístup na tento ochoz je zajištěn kovovým žebříkem z interiéru skrze otvíravý světlík.

Skladba obvodového ochozu se skládá z ochranného reflexního nátěru vyztuženého skleněnou tkaninou, souvrství pěti asfaltových pásů, betonové mazaniny, dvou kusů oxidovaného asfaltového pásů s nasávkovou vložkou, desek z expandovaného polystyrenu typu POLSID, nadbetonávky trapézových plechů a podkladního trapézového plechu.

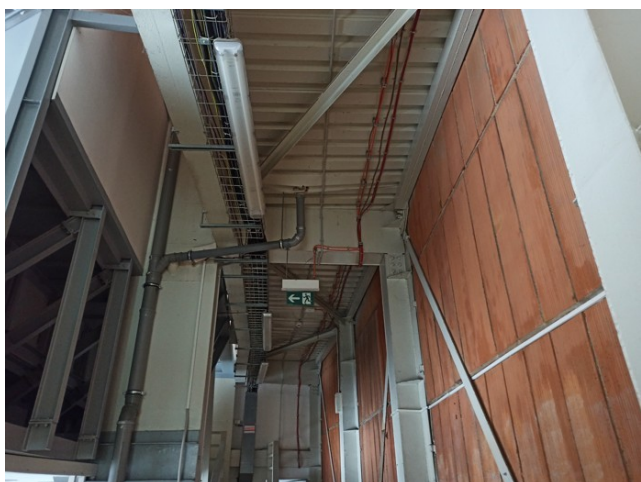
Na rovině střešního pláště se nachází výrazné množství technologie v podobě kondenzačních jednotek, výdechů vzduchotechniky spolu s prostupující kabeláží v trubkách a větracími komínky apod. Dále se zde nachází ocelové vzpěry ocelové konstrukce haly. Hlavní hydroizolační vrstva je na svislých konstrukcích ukončena vytažením a zakrytím klempířskými prvky. Střešní plášť je proti pádu osob ochráněn vyzděnou atikou, která je oplechována falcovaným plechem včetně jejího čela.



Fotka 7: Pohled na střechu obvodového ochozu



Fotka 8: Pohled na střechu obvodového ochozu



Fotka 9: Pohled na nosnou konstrukci střechy obvodového ochozu z interiéru



Fotka 10: Pohled na nosnou konstrukci střechy obvodového ochozu z interiéru

3.5 Popis provedených sond a skladeb střešního pláště

Provedenými sondami byly zjištěny skladby střešního pláště a stavy jednotlivých vrstev, které jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Sonda S1 = S2 – obvodový ochoz



Fotka 11: Pohled na provedenou sondu S1



Fotka 12: Pohled na provedenou sondu S2



Fotka 13: Pohled na zapravenou sondu S1



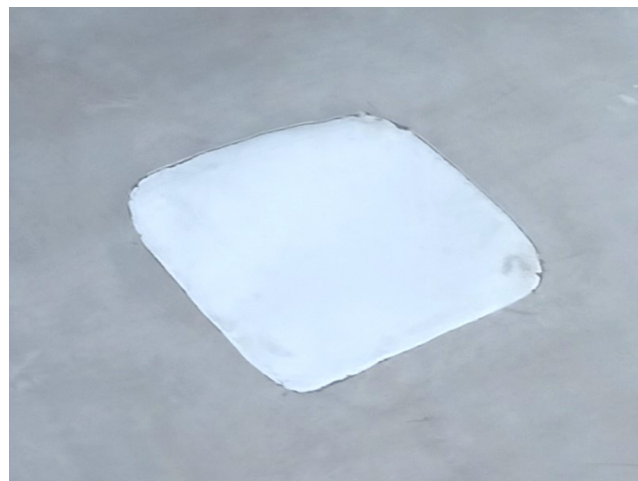
Fotka 14: Pohled na zapravenou sondu S2

Vrstva (od exteriéru)	Tloušťka [mm]	Stav vrstev
Reflexní nátěr vyztužený skleněnou tkaninou	-	lokálně znečištěný a zdegradovaný, stopy po stojící vodě
Souvrství asfaltových pásů: 3x modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněného rouna 2x oxidovaný asfaltový pás s nasákovou vložkou	celkem ~ 23	soudržné s podkladem i mezi sebou, suché
Betonová mazanina	~ 140	soudržná, suchá
2x oxidovaný asfaltový pás s nasákovou vložkou	~ 4	suché
Desky z expandovaného polystyrenu (typ POLSID)	~ 50	suché, celistvé
Nadbetonávka trapézových plechů	~ 30	soudržná, suchá
Trapézový plech 50/200 včetně zabetonování vln	~ 1	-

Tabulka 1: Sonda S1 a S2 - skladba střešního pláště obvodového ochozu (od exteriéru)

Sonda S3 – horní okraj střechy arény (při obvodu)

Fotka 15: Pohled na provedenou sondu S3



Fotka 16: Pohled na zapravenou sondu S3

Vrstva (od exteriéru)	Tloušťka [mm]	Stav vrstev
Povlaková hydroizolace na bázi PVC-P bez výztužné vložky	~ 1,5	suchá na spodním povrchu, lokální perforace HI, mírná degradace horního povrchu, lokálně zapravena vyztuženou HI stěrkou
Separční netkaná geotextilie	-	suchá
Povlaková hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky	~ 2	suchá
Modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněného rouna	~ 3	suchý
Betonová mazanina	~ 100	soudržná, suchá
2x oxidovaný asfaltový pás s nasákovou vložkou	~ 4	suché
Desky z expandovaného polystyrenu (typ POLSID)	~ 50	suché, celistvé
Nadbetonávka trapézových plechů	~ 30	soudržná, suchá
Trapézový plech včetně zabetonování vln	~ 1	-

Tabulka 2: Sonda S3 - skladba horního okraje ploché střechy arény (od exteriéru)

Sonda S4 – šikmá část střechy arény

Fotka 17: Pohled na provedenou sondu S4



Fotka 18: Pohled na zapravenou sondu S4

Vrstva (od exteriéru)	Tloušťka [mm]	Stav vrstev
Povlaková hydroizolace na bázi PVC-P bez výztužné vložky	~ 1,5	suchá na spodním povrchu, lokální perforace HI, mírná degradace horního povrchu, lokálně zapravena vyztuženou HI stěrkou
Separáční netkaná geotextilie	-	suchá
Povlaková hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky	~ 2	suchá
2x Oxidovaný asfaltový pás s nasávkovou vložkou	~ 4	suché
Desky z expandovaného polystyrenu (typ Polsid)	~ 50	suché, celistvé
Litý asfalt	~ 1	suchý na povrchu
Trapézový plech – horní vlny zaklopené rovnými pláty plechu	~ 1	-

Tabulka 3: Sonda S4 - skladba šikmé části střechy arény (od exteriéru)

Sonda S5 a S6 – kopulovitá střecha arény v ploše

Fotka 19: Pohled na provedenou sondu S5



Fotka 20: Pohled na provedenou sondu S6



Fotka 21: Pohled na zapravenou sondu S5



Fotka 22: Pohled na zapravenou sondu S6

Vrstva (od exteriéru)	Tloušťka [mm]	Stav vrstev
Povlaková hydroizolace na bázi PVC-P bez výztužné vložky	~ 1,5	mokrý na spodním povrchu, lokální perforace HI, mírná degradace horního povrchu, lokálně zapravena vyztuženou HI stěrkou
Separační netkaná geotextilie	-	mokrý
Povlaková hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky	~ 2	mokrý
2x oxidovaný asfaltový pás s nasávkovou vložkou	~ 4	mokrý
Desky z expandovaného polystyrenu (typ POLSID)	~ 50	mokrý
Litý asfalt	~ 1	mokrý na povrchu
Trapézový plech – horní vlny zaklopené rovnými pláty plechu	~ 1	-

Tabulka 4: Sonda S5 a S6 - skladba kopulovité střechy arény v ploše (od exteriéru)

Sonda S7 – kopulovitá střecha arény ve vrcholu

Fotka 23: Pohled na provedenou sondu S7



Fotka 24: Pohled na zapravenou sondu S7

Vrstva (od exteriéru)	Tloušťka [mm]	Stav vrstev
Povlaková hydroizolace na bázi PVC-P bez výztužné vložky	~ 1,5	suchá na spodním povrchu, lokální perforace HI, mírná degradace horního povrchu, lokálně zapravena vyztuženou HI stěrkou
Separační netkaná geotextilie	-	suchá
Desky z expandovaného polystyrenu ve třech vrstvách	~ 300	suché, celistvé
Povlaková hydroizolace na bázi EPDM bez výztužné vložky	~ 2	suchá
Pogumovaná hliníková vložka	~ 1	-
2x Oxidovaný asfaltový pás s nasákovou vložkou	~ 4	suché
Desky z expandovaného polystyrenu (typ Polsid)	~ 50	suché
Litý asfalt	~ 1	suchý na povrchu
Trapézový plech – horní vlny zaklopené rovnými pláty plechu	~ 1	-

Tabulka 5: Sonda S7 - skladba kopulovité střechy arény ve vrcholu (od exteriéru)

3.6 Popis hlavní hydroizolační vrstvy obvodového ochozu

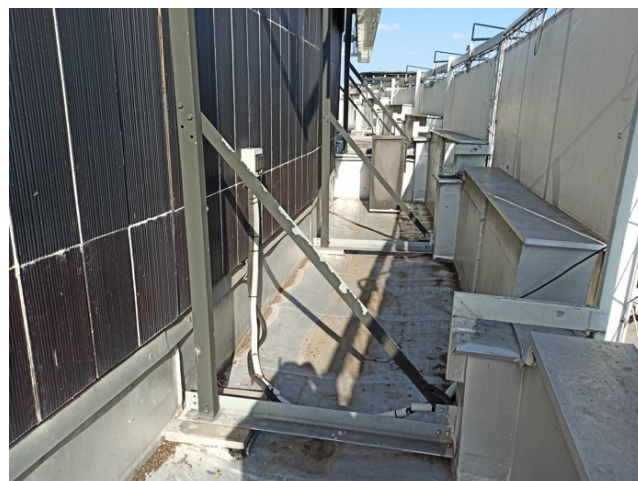
Hlavní hydroizolační vrstva obvodového ochozu je souvrstvím oxidovaných a modifikovaných asfaltových pásů, které jsou na horní straně opatřeny reflexní úpravou s vloženou skleněnou tkaninou.

Sklon hlavní hydroizolační vrstvy byl při průzkumu změřen v intervalu 1° až 3°. V ploše ochozu jsou patrné známky po stojící vodě. Obvodový ochoz disponuje větším počtem výškových úrovní, které se mění od vstupu na ochoz směrem do poloviny průměru kopule arény.

Dále se na ploše střešního pláště nachází větší množství technologie v podobě kondenzačních jednotek a výdechů vzduchotechniky spolu s ocelovými vzpěrami nosného skeletu víceúčelové arény.



Fotka 25: Pohled na hydroizolační povlak obvodového ochozu se stopami po stojící vodě



Fotka 26: Pohled na obvodový ochoz spolu s technologiemi a ocelovými vzpěrami se stopami po stojící vodě

3.7 Popis prostupujících konstrukcí a svislé napojení hydroizolace obvodového ochozu

Nad rovinu ochozu vystupují prvky vzduchotechniky, trubky kabeláže, větrací komínky a jsou zde umístěny kondenzační jednotky, které jsou podloženy betonovou dlažbou. Některé větrací komínky slouží pro zapojení tepelných čerpadel a některé z nich jsou zdegradované.

Hydroizolace je na atiku vytažena do neznámé výšky, kde je následně zakryta klempířským oplechováním atiky spolu s jejím čelem. Na budovu je hydroizolace též ukončena vytažením a zakryta klempířským oplechováním, které zakrývá celou její svislou část.

Svislé opracování trubních prostupů je realizováno vytažením do výšky přibližně 80 mm, kde je přelepeno hliníkovou lepicí páskou. Tímto způsobem jsou opracovány i kabely, které vedou z potrubí. V případě větracích komínků je svislé opracování v podobě vytažení hydroizolace z asfaltových pásů na těleso komínku.



Fotka 27: Pohled na kabelový prostup kabeláže spolu s klempířským oplechováním atiky a budovy obvodového ochozu



Fotka 28: Pohled na opracování větracího komínku obvodového ochozu



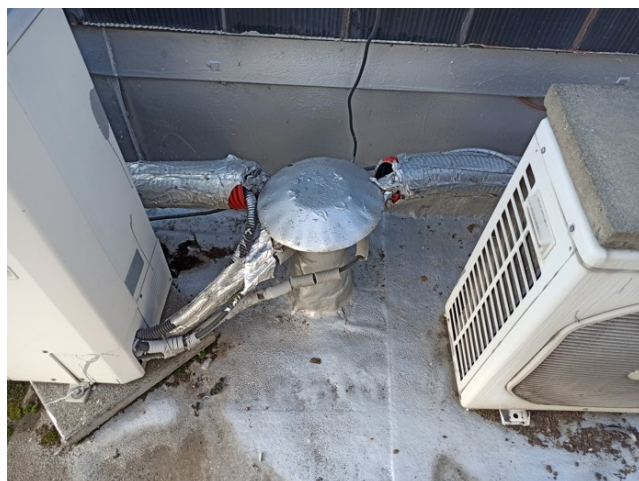
Fotka 29: Pohled na větrací komínek obvodového ochozu, který slouží jako prostup kabeláže a zapojení technologií



Fotka 30: Pohled na zdegradovaný větrací komínek



Fotka 31: Pohled na umístění technologie na obvodovém ochozu



Fotka 32: Pohled na větrací komínek obvodového ochozu sloužící jako průstup pro kabeláž a zapojení technologie

3.8 Popis atiky obvodového ochozu

Atika je oplechována pozinkovaným plechem se sklonem cca 1° až 2° směrem do střešního pláště obvodového ochozu. Pozinkované plechy jsou mezi sebou spojeny stojatými drážkami. Atika je velmi členitá a disponuje výrazným množstvím výškových úrovní. Místy se na koruně atiky vyskytují stopy po stojící vodě. Lokálně je na koruně atiky zakotven reklamní poutač arény či je její koruna zdeformovaná.

Atika je oplechována jak na své koruně, tak i na čele po celé své výšce.

Nátěr, který se nachází na souvrství asfaltových pásů v ploše, byl použit i na veškerém oplechování atiky a všech klempířských prvků obvodového ochozu.



Fotka 33: Pohled na oplechování atiky obvodového ochozu pozinkovaným falcovaným plechem spolu s kotvením reklamního poutače arény



Fotka 34: Pohled na zdeformované oplechování atiky obvodového ochozu pozinkovaným falcovaným plechem spolu se stopami po stojící vodě

3.9 Popis odvodnění obvodového ochozu

Střešní plášť obvodové ochozu je vypádován směrem střešních vtoků. Tyto vtoky nejsou ve většině případů opatřeny ochranným košem a jejich průměr je přibližně 70 mm. Většina z těchto střešních vtoků je obalena náletovou zelení či nečistotami.



Fotka 35: Pohled na střešní vtok obvodového ochozu s usazenými nečistotami



Fotka 36: Pohled na střešní vtok obvodového ochozu bez ochranného koše

3.10 Popis tepelněizolační vrstvy obvodového ochozu

Hlavní tepelně izolační vrstvu tvoří expandovaný polystyren tl. 50 mm typu POLSID, což znamená, že z horní strany je polystyren kaširovaný oxidovaným asfaltovým pásem. Ve obou sondách byl polystyren zcela suchý. Stav expandovaného polystyrenu lze vidět na fotkách sondy S1 a S2.

3.11 Popis hlavní hydroizolační vrstvy střechy nad arénou

Hlavní hydroizolační vrstvou střechy nad arénou je fólie z PVC-P tl. 1,5 mm bez výztužné vložky. Fólie jeví známky mírné degradace. Lokálně je fólie zapravena hydroizolační stěrkou s vloženou skleněnou tkaninou. V ploše střechy bylo nalezeno množství perforací. Místa jsou zapravené kruhovou záplatou. Na celé ploše střechy arény nebyly žádné známky po stojící vodě. Sklon kopulovité střechy nad arénou je v závislosti na tvaru střechy proměnlivý.

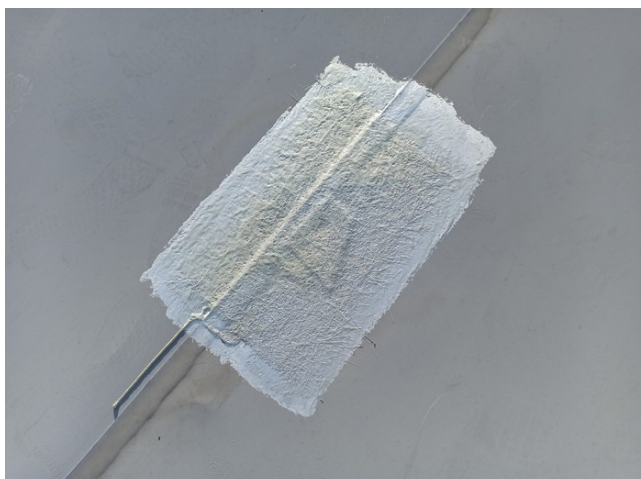
Dále se na ploše střešního pláště nachází soustava bleskosvodu na plastových podložkách včetně jímacích tyčí, prvků vzduchotechniky a prosvětlovacích světlíků.



Fotka 37: Pohled na kopulovitou střechu nad arénou



Fotka 38: Pohled na kopulovitou, šikmou a horní část střechy arény spolu s odvodňovacím žlabem



Fotka 39: Pohled na zapravení hydroizolační fólie arény hydroizolačním nátěrem s vloženou skleněnou tkaninou



Fotka 40: Pohled na perforaci hlavní hydroizolační fólie střechy arény

3.12 Popis prostupujících konstrukcí a ukončení střechy nad arénou

Nad rovinu střešního pláště arény vystupuje soustava bleskosvodu na plastových podložkách včetně jímacích tyčí, prvků vzduchotechniky a prosvětlovacích světlíků. Prvky vzduchotechniky jsou svisle opracovány vytažením hydroizolace a zakrytím pomocí oplechování vzduchotechnických prvků. Lokálně se za prvky vzduchotechniky nachází rozháněcí koutový profil z poplastovaného plechu. Po obvodu je střecha ukončena navařením hydroizolační fólie na klempířský prvek v podobě okapnice z poplastovaného plechu, která se nachází na horní části střechy arény. Dále se na střeše vyskytují „prázdné“ tvarovky prostupů, které nedisponují žádnou prostupující trubicí či jiným prostupujícím prvkem. Navíc ve většině případů nejsou tyto prostupy opatřeny krycí stříškou.



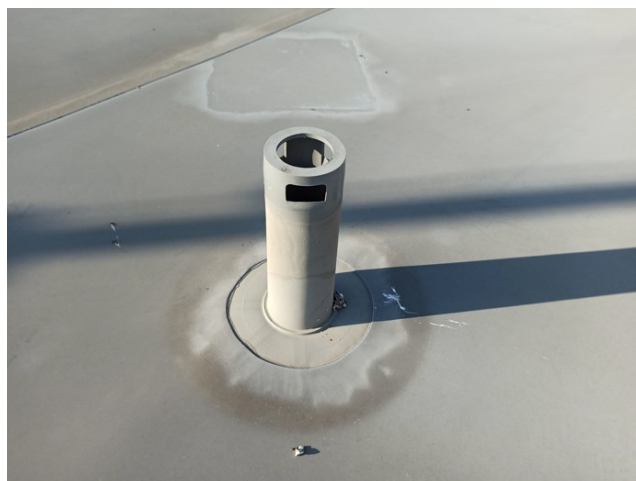
Fotka 41: Pohled na opracování vzduchotechniky střechy arény vytažením a zakrytím pomocí oplechování vzduchotechniky



Fotka 42: Pohled na rozháněcí koutový profil z poplastovaného plechu prvku vzduchotechniky střechy arény



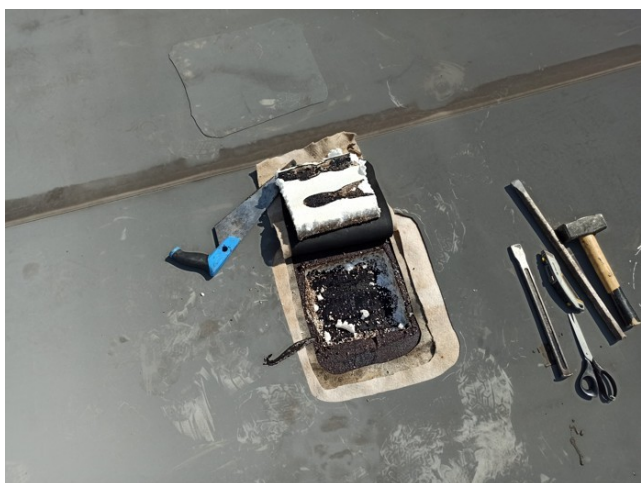
Fotka 43: Pohled na ukončení střechy arény na její horní části pomocí klempířského prvku v podobě okapnice z poplastovaného plechu



Fotka 44: Pohled na „prázdnou“ tvarovku prostupu střechy arény bez krycí stříšky

3.13 Popis tepelněizolační vrstvy střechy nad arénou

Skladba tepelného izolantu se liší ve vrcholu kopule střechy arény a v její ploše včetně šikmé a horní části. Ve vrcholu střešní souvrství disponuje deskami z expandovaného polystyrenu ve třech vrstvách v celkové tloušťce 300 mm a deskami expandovaného polystyrenu typu POLSID v tl. 50 mm. V ploše střešní souvrství disponuje pouze jednou deskou z expandovaného polystyrenu typu POLSID tl. 50 mm. V sondách do plochy kopulovité střechy nad arénou byl tepelný izolant mokrý.



Fotka 45: Pohled na mokrou sondu S5



Fotka 46: Pohled na mokrou sondu S5

3.14 Popis odvodnění střechy nad arénou

Střecha nad arénou je po svém obvodu odvodněna pomocí mezistřešního žlabu, do kterého je střecha vypádována pomocí kopule a šikmé části střechy. Tento žlab je zakryt po celé svém obvodu kovovým pororoštem, který vykazuje známky koroze. Samotný žlab je tvořen klempířským prvkem z pozinkovaného plechu, který je opatřen reflexním nátěrem s vloženou skleněnou tkaninou. Napojení hlavní hydroizolační fólie na tento prvek vykazuje po celém svém obvodu výraznou degradaci v podobě odlupování fólie od podkladu či popraskání. Samotný žlab vykazuje známky po stojící vodě a disponuje značným množstvím usazených nečistot. Žlab je následně po obvodu odvodněn šikmými dešťovými svody.



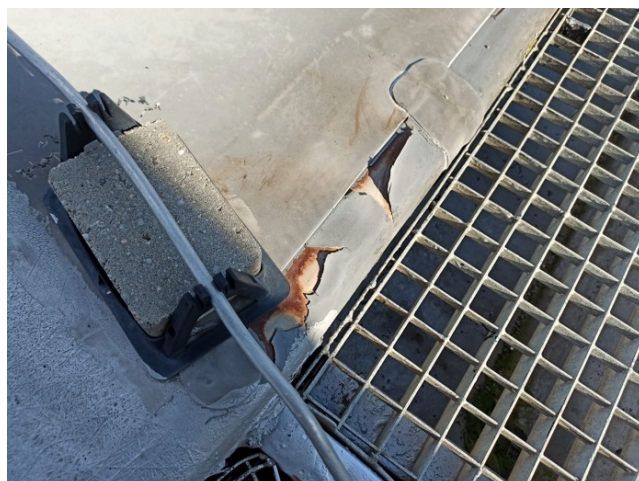
Fotka 47: Pohled na povrch mezistřešního žlabu střechy arény



Fotka 48: Pohled na odlupování fólie od žlabu střechy arény



Fotka 49: Pohled na odlupování fólie od žlabu střechy arény



Fotka 50: Pohled na protržení fólie od žlabu střechy arény

Fotka 51: Pohled na usazené nečistoty mezistřešního žlabu
střechy arényFotka 52: Pohled na napojení mezistřešního žlabu střechy
arény na svislý dešťový svod

3.15 Další skutečnosti zjištěné při průzkumu

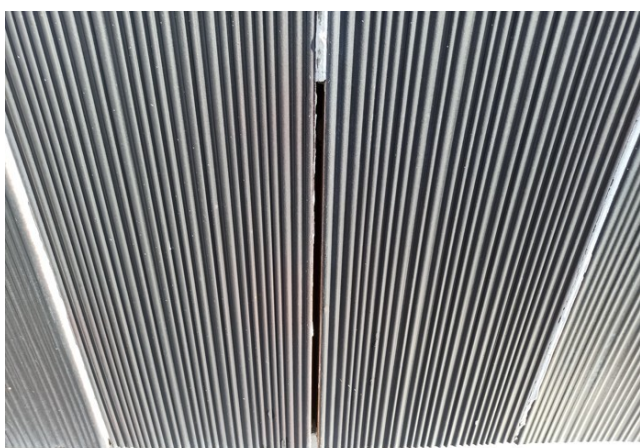
Obvodový plášť objektu je tvořen sendvičovou konstrukcí, který sestává ze dvou keramických dutinových tvarovek mezi nimiž je vložena tepelná izolace z minerální plsti. Vnější spáry mezi jednotlivými tvarovkami jsou na mnoha místech vydrolené a tvoří tak netěsnosti.



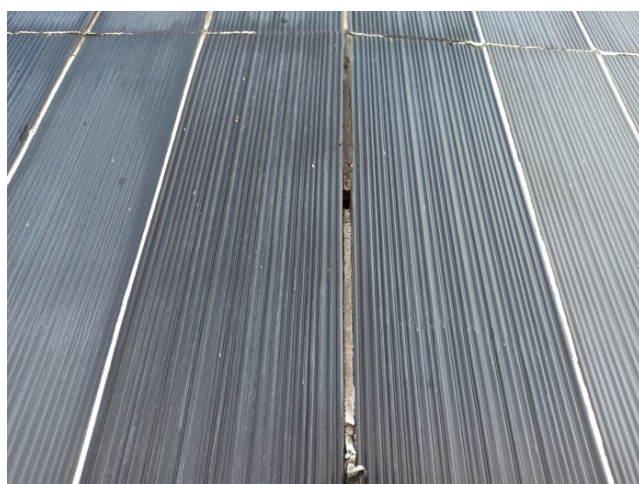
Fotka 53: Pohled na obvodový plášť ze strany interiéru



Fotka 54: Pohled na obvodový plášť ze strany exteriéru



Fotka 55: Pohled na vydrolené spáry mezi tvarovkami



Fotka 56: Pohled na vydrolené spáry mezi tvarovkami

Vrstva (od exteriéru)	Tloušťka [mm]	Stav vrstev
Keramické dutinové tvarovky (typ Hurdis)	~ 80	-
Tepelná izolace z minerální plsti	~ 20	--
Keramické dutinové tvarovky (typ Hurdis)	~ 140	-

Tabulka 6: skladba obvodového pláště (od exteriéru)

4. POSUDEK

4.1 Tepelně-technické posouzení - obecně

4.1.1 Okrajové podmínky

V následující tabulce 6 jsou uvedeny návrhové okrajové podmínky uvažované ve výpočtu. V hale je instalováno nucené větrání s úpravou vlhkosti vzduchu. Návrhové parametry vnitřního prostředí byly stanoveny dle ČSN 73 0540-3 [21] s přihlédnutím k naměřeným parametrům vnitřního prostředí [4]. Parametry vnějšího vzduchu jsou uvažovány dle ČSN 73 0540-3 [21].

Vnitřní prostředí: Zimní stadión - hala s diváky	
Návrhová vnitřní teplota θ_i	17°C
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu ϕ_i	75%
Emisivita ledové plochy	0,95
Vnější prostředí: Brno, 200 m.n.m. (návrhové podmínky v zimním období)	
Návrhová teplota vnějšího vzduchu θ_e	-15°C
Návrhová relativní vlhkost vnějšího vzduchu ϕ_e	84%
Teplotní oblast	3.

Tabulka 7: Návrhové okrajové podmínky

V tabulce 7 jsou uvedeny průměrné měsíční okrajové podmínky, parametry vnitřního prostředí odpovídají aktuálnímu provozu zimního stadionu.

Měsíc		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	[-]	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$\theta_{e,m}$	[°C]	-1,7	0,1	4,2	9,3	14,3	17,5	19	18,6	14,5	9,5	4,1	0,1
$\phi_{e,m}$	[%]	81	80	79	77	73	70	69	69	73	77	79	80
$\theta_{i,m}$	[°C]	7	9	10	16	22	-	18	16	15	12	11	9
$\phi_{i,m}$	[%]	50	51	47	40	48	-	60	62	57	33	32	32

Pozn.: n ... počet dnů v měsíci; $\theta_{e,m}$... návrhová průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu; $\phi_{e,m}$... průměrná hodnota relativní vlhkosti venkovního vzduchu; $\theta_{i,m}$... průměrná návrhová vnitřní teplota; $\phi_{i,m}$... průměrná relativní vlhkost vnitřního vzduchu.

Tabulka 8: Průměrné měsíční okrajové podmínky – uvažováno pro výpočet

4.2 Normové a funkční požadavky

Požadavky na tepelně-technické vlastnosti konstrukcí a budov jsou dány normovými hodnotami. Obvodové stavební konstrukce jsou podřízeny normě ČSN 73 0540-2 [20] Tepelná ochrana budov.

Konstrukce dle této normy musí splňovat požadavky na:

1. Hodnotu součinitele prostupu tepla
2. Nejnižší vnitřní povrchovou teplotu
3. Šíření vodních par uvnitř konstrukce

4.2.1 Normové požadavky na hodnoty součinitele prostupu tepla

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou θ_{im} v intervalu 18 °C až 22 °C včetně jsou uvedeny v normě ČSN 730540-2 [20], pro ostatní teploty vnitřního prostředí nutno přepočítat dle vztahu uvedeného v téže normě.

4.2.2 Normové požadavky na vnitřní povrchovou teplotu

Pro hodnocení požadavků na vnitřní povrchovou teplotu používá norma teplotní faktor vnitřního povrchu. Jedná se o poměrnou veličinu, která je vlastností konstrukce a nezávisí na působících teplotách. Požadavky na teplotní faktor jsou stanoveny odlišně pro neprůsvitné konstrukce a pro výplně otvorů (okna, dveře). Pro neprůsvitné konstrukce je kritériem vyloučení vzniku plísní, pro okna je kritériem vyloučení povrchové kondenzace vodní páry.

Zároveň pokud posuzujeme konstrukce, kde je relativní vlhkost vnitřního prostředí vyšší než 60% hodnotíme kritérium vyloučení povrchové kondenzace.

4.2.3 Normové požadavky na kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce

Norma ČSN 73 0540-2 [20] čl. 6.1.1 požaduje, aby byly bez kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce navrženy všechny konstrukce, u kterých by zkondenzovaná vodní pára ohrozila jejich požadovanou funkci.

U ostatních konstrukcí je podle čl. 6.1.2 v ČSN 73 0540-2 [20] kondenzace vodní páry uvnitř skladby přípustná, pokud jsou splněny následující podmínky:

- 1) zkondenzovaná vodní pára neohrozí požadovanou funkci konstrukce
- 2) ve stavební konstrukci nesmí v roční bilanci kondenzace a vypařování zůstat žádné

zkondenzované množství vodní páry $M_{c,a}$, které by zvyšovalo vlhkost konstrukce (tj. Na konci modelového roku musí platit $M_{c,a} = 0 \text{ kg/m}^2$)

- 3) roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ musí být nižší než limit $M_{c,a,N}$, který činí:
 - $M_{c,a,N} = 0,10 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{a)}$ nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, v němž dochází ke kondenzaci (nižší z hodnot) pro jednoplášťové střechy, pro konstrukce s dřevěnými prvky, pro konstrukce s kontaktním zateplením a pro další konstrukce s málo propustnými vnějšími vrstvami
 - $M_{c,a,N} = 0,50 \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{a)}$ nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, v němž dochází ke kondenzaci (nižší z hodnot) pro ostatní stavební konstrukce.

Limitní hodnoty 3 či 5 % plošné hmotnosti přitom platí pro materiály s objem. hmotností nad 100 kg/m^3 . Je-li objemová hmotnost materiálu, v němž dochází ke kondenzaci, nižší nebo rovna 100 kg/m^3 , použijí se dvojnásobné hodnoty, tj. 6 % nebo 10 %.

4.3 Tepelně-technické posouzení stávajících skladeb

4.3.1 Střecha nad obvodovým ochozem – S1 a S2

Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:		ΔU	0,020	W/(m².K)
Odpor při prostupu tepla:		R_T	1,526	m².K/W
Součinitel prostupu tepla:		U	0,655	W/(m².K)
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:		U_N	0,30	W/(m².K)
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:		U_{rec}	0,20	W/(m².K)
Hodnotení:	Konstrukce STR-5: S1 a S2 - Střecha nad obvodovým ochozem - PŮVODNÍ nesplňuje požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Teplotní faktor vnitřního povrchu (vnitřní povrchová teplota) dle ČSN 73 0540-4:				
Teplotní faktor vnitřního povrchu:		f_{Rsi}	0,850	-
Požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu:		$f_{Rsi,N,100}$	0,860	-
Povrchová teplota konstrukce:		θ_{si}	12,2	°C
Požadovaná minimální povrchová teplota konstrukce:		$\theta_{si,min,100}$	12,5	°C
Hodnotení:	Konstrukce STR-5: S1 a S2 - Střecha nad obvodovým ochozem - PŮVODNÍ nesplňuje požadavek ČSN 73 0540-2:2011 na teplotní faktor vnitřního povrchu.			

Pozn.: Vnitřní povrchová teplota nezahrnuje vliv radiace z ledové plochy

Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Maximální roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci	$M_{c,N}$	0,060	kg/(m ² .a)	
Maximální množství kondenzátu v konstrukci	M_c	0,248	kg/(m ² .a)	
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	pasivní			
Hodnocení:	Konstrukce v hodnocení neuspěla, v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, která se ani v příznivějších měsících nevypaří.			

Stávající skladba střechy nad obvodovým ochozem nesplňuje současně požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla ani požadovanou hodnotu teplotního faktoru a nejnižší povrchové teploty dle normy ČSN 73 0540-2. Ve stávající skladbě střechy dochází k výrazné kondenzaci vodní páry (nesplňuje normový požadavek), která se během roku nevypaří (bilance je pasivní). Stávající konstrukce střechy nad obvodovým ochozem je nevyhovující.

4.3.2 Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu) – S3

Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,020	W/(m².K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	1,424	m².K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,702	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,30	W/(m².K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,20	W/(m².K)	
Hodnotí:	Konstrukce STR-4: S3 - Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu) - PŮVODNÍ nesplňuje požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Teplotní faktor vnitřního povrchu (vnitřní povrchová teplota) dle ČSN 73 0540-4:				
Teplotní faktor vnitřního povrchu:	f_{Rsi}	0,840	-	
Požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu:	$f_{Rsi,N,100}$	0,860	-	
Povrchová teplota konstrukce:	θ_{si}	11,9	°C	
Požadovaná minimální povrchová teplota konstrukce:	$\theta_{si,min,100}$	12,5	°C	
Hodnotí:	Konstrukce STR-4: S3 - Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu) - PŮVODNÍ nesplňuje požadavek ČSN 73 0540-2:2011 na teplotní faktor vnitřního povrchu.			
Pozn.: Vnitřní povrchová teplota nezahrnuje vliv radiace z ledové plochy				
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Maximální roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci	$M_{c,N}$	0,060	kg/(m².a)	
Maximální množství kondenzátu v konstrukci	M_c	0,266	kg/(m².a)	
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	pasivní			
Hodnotí:	Konstrukce v hodnocení neuspěla, v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, která se ani v příznivějších měsících nevypaří.			

Stávající skladba střechy nad hokejovou halou (horní část při obvodu) nesplňuje současně požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla ani požadovanou hodnotu teplotního faktoru a nejnižší povrchové teploty dle normy ČSN 73 0540-2. Ve stávající skladbě střechy dochází k výrazné kondenzaci vodní páry (nesplňuje normový požadavek), která se během roku nevypaří (bilance je pasivní). Stávající konstrukce střechy nad hokejovou halou (horní část při obvodu) je nevyhovující.

4.3.3 Střecha nad hokejovou halou (šikmá část) – S4

Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,020	W/(m².K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	1,284	m².K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,779	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,30	W/(m².K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,20	W/(m².K)	
Hodnotí:	Konstrukce STR-3: S4 - Střecha nad hokejovou halou (šikmá část) - PŮVODNÍ nesplňuje požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Teplotní faktor vnitřního povrchu (vnitřní povrchová teplota) dle ČSN 73 0540-4:				
Teplotní faktor vnitřního povrchu:	f_{Rsi}	0,825	-	
Požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu:	$f_{Rsi,N,100}$	0,860	-	
Povrchová teplota konstrukce:	θ_{si}	11,4	°C	
Požadovaná minimální povrchová teplota konstrukce:	$\theta_{si,min,100}$	12,5	°C	
Hodnotí:	Konstrukce STR-3: S4 - Střecha nad hokejovou halou (šikmá část) - PŮVODNÍ nesplňuje požadavek ČSN 73 0540-2:2011 na teplotní faktor vnitřního povrchu.			
Pozn.: Vnitřní povrchová teplota nezahrnuje vliv radiace z ledové plochy				
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Maximální roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci	$M_{c,N}$	0,060	kg/(m².a)	
Maximální množství kondenzátu v konstrukci	M_c	0,295	kg/(m².a)	
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	pasivní			
Hodnotí:	Konstrukce v hodnocení neuspěla, v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, která se ani v příznivějších měsících nevypaří.			

Stávající skladba střechy nad hokejovou halou (šikmá část) nesplňuje současně požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla ani požadovanou hodnotu teplotního faktoru a nejnižší povrchové teploty dle normy ČSN 73 0540-2. Ve stávající skladbě střechy dochází k výrazné kondenzaci vodní páry (nesplňuje normový požadavek), která se během roku nevypaří (bilance je pasivní). Stávající konstrukce střechy nad hokejovou halou (šikmá část) je nevyhovující.

4.3.4 Střecha nad hokejovou halou (kopule v ploše) - S5 a S6

Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,020	W/(m ² .K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	1,284	m ² .K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,779	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,30	W/(m ² .K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,20	W/(m ² .K)	
Hodnotení:	Konstrukce STR-2: S5 a S6 - Střecha nad hokejovou halou (kopule v ploše) - PŮVODNÍ nesplňuje požadavky ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Teplotní faktor vnitřního povrchu (vnitřní povrchová teplota) dle ČSN 73 0540-4:				
Teplotní faktor vnitřního povrchu:	f_{Rsi}	0,825	-	
Požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu:	$f_{Rsi,N,80}$	0,968	-	
Povrchová teplota konstrukce:	θ_{si}	11,4	°C	
Požadovaná minimální povrchová teplota konstrukce:	$\theta_{si,min,80}$	16,0	°C	
Hodnotení:	Konstrukce STR-2: S5 a S6 - Střecha nad hokejovou halou (kopule v ploše) - PŮVODNÍ nesplňuje požadavek ČSN 73 0540-2:2011 na teplotní faktor vnitřního povrchu.			

Pozn.: Vnitřní povrchová teplota nezahrnuje vliv radiace z ledové plochy.

Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Maximální roční množství zkondenzované vodní páry v konstrukci	$M_{c,N}$	0,060	kg/(m ² .a)	
Maximální množství kondenzátu v konstrukci	M_c	0,295	kg/(m ² .a)	
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	pasivní			
Hodnocení:	Konstrukce v hodnocení neuspěla, v konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry, která se ani v příznivějších měsících nevypaří.			

Stávající skladba střechy nad hokejovou halou (kopule v ploše) nesplňuje současně požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla ani požadovanou hodnotu teplotního faktoru a nejnižší povrchové teploty dle normy ČSN 73 0540-2. Ve stávající skladbě střechy dochází k výrazné kondenzaci vodní páry (nesplňuje normový požadavek), která se během roku nevypaří (bilance je pasivní). Stávající konstrukce střechy v ploše je nevyhovující.

4.3.5 Střecha nad hokejovou halou (kopule ve vrcholu) – sonda S7

Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2, ČSN EN ISO 6946 a ČSN 73 0540-4:				
Korekce součinitele prostupu tepla:	ΔU	0,020	W/(m².K)	
Odpor při prostupu tepla:	R_T	7,634	m².K/W	
Součinitel prostupu tepla:	U	0,131	W/(m².K)	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla:	U_N	0,30	W/(m².K)	
Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla:	U_{rec}	0,20	W/(m².K)	
Hodnocení:	Konstrukce STR-1: S7 - Střecha nad hokejovou halou (kopule ve vrcholu) - PŮVODNÍ splňuje doporučení ČSN 73 0540-2:2011 na součinitel prostupu tepla.			
Teplotní faktor vnitřního povrchu (vnitřní povrchová teplota) dle ČSN 73 0540-4:				
Teplotní faktor vnitřního povrchu:	f_{Rsi}	0,968	-	
Požadovaná hodnota teplotního faktoru vnitřního povrchu:	$f_{Rsi,N,80}$	0,968	-	
Povrchová teplota konstrukce:	θ_{si}	16,0	°C	
Požadovaná minimální povrchová teplota konstrukce:	$\theta_{si,min,80}$	16,0	°C	
Hodnocení:	Konstrukce STR-1: S7 - Střecha nad hokejovou halou (kopule ve vrcholu) - PŮVODNÍ splňuje požadavek ČSN 73 0540-2:2011 na teplotní faktor vnitřního povrchu.			
Pozn.:	Vnitřní povrchová teplota nezahrnuje vliv radiace z ledové plochy.			
Šíření vodní páry v konstrukci dle ČSN EN ISO 13788:				
Roční bilance zkondenzované a vypařitelné vodní páry:	aktivní			
Hodnocení:	Konstrukce bez vnitřní kondenzace.			

Stávající skladba střechy nad hokejovou halou (kopule ve vrcholu) **splňuje všechny požadavky** na ni kladené dle normy ČSN 73 0540-2.

4.4 Stavebně-technické posouzení střechy

Střešní konstrukce vykazují konstrukční vady a rizikové detaily, které nejsou provedeny v souladu s obecnými principy a doporučeními normy ČSN 73 1901 a navazujících vyhlášek. Dle normy ČSN 73 1901 střechy musí zabraňovat vnikání vody do konstrukcí staveb. Střecha má být navržena tak, aby nepropouštěla vodu do chráněných konstrukcí a na svůj dolní povrch.

Prostupy na obvodovém ochozu jsou provedeny nestandardně. Hlavní hydroizolační vrstva není vytažena do 150 mm výšky prostupu se stažením nerezovou objímkou a zatmelením a místy není vytažena vůbec. V těchto místech je pouze oblepena hliníkovou páskou. Takové řešení představuje významné riziko zatečení srážkových vod nejen do střešního souvrství, ale i do interiéru objektu.

Vlivem nevhodného osazení střešních vtoků obvodového ochozu dochází v ploše střechy ke vzniku kaluží. Voda zadržovaná na střeše působí na hydroizolaci mírným hydrostatickým tlakem a hrozí rychlejší degradace povlakové hydroizolace. Tímto se také zvyšuje riziko zatečení srážkové vody případnými netěsnostmi. Dále se v těchto místech usazují nečistoty a ty mohou být z dlouhodobého hlediska zdrojem bakterií a mikroorganismů, které působí negativně na životnost hydroizolační vrstvy.

Některé svislé střešní vtoky obvodového ochozu nejsou opatřeny ochrannými koši. To může způsobit ucpání odpadního systému nečistotami z povrchu střešní pláště. Navíc je většina těchto vtoků obalena nečistotami, které znemožňují jejich správné fungování.

Sklon atiky obvodového ochozu se pohybuje v rozmezí 1–2° směrem do plochy střechy. Minimální spád atiky jsou 3° dle ČSN 73 3610. Toto doporučení normy není lokálně splněno. Vlivem malého sklonu dochází k zadržování vody a nečistot na koruně atiky, což může vést k rychlejší degradaci materiálu.

Jako hlavní hydroizolační fólie střechy arény byla použita PVC-P fólie bez výztužné vložky. Použití nevyztužené fólie na střechu takového rozsahu představuje riziko vzniku trhlin a dalších netěsností (vlivem smršťování fólie, protržení v místě kotev). Navíc fólie střechy arény vykazuje degradaci materiálu. Většina těchto trhlin a netěsností byly nestandardně zapraveny nátěrem s vloženou skleněnou tkaninou, jehož životnost je velmi krátká, neboť nedisponuje odolností proti UV záření.

Vlivem špatné volby podkladního materiálu obvodového odvodňovacího žlabu střechy arény dochází k odlupování a protržení hydroizolační fólie, která je navařena ke konstrukci tohoto žlabu. Tato skutečnost představuje výrazné riziko zatečení srážkových vod pod konstrukci žlabu a následně do interiéru.

Obvodový odvodňovací žlab střechy arény je po celém svém obvodu zanesen nečistotami vlivem absence údržby. Díky této skutečnosti nemůže srážková voda bezpečně odtéci pomocí svislého svodného potrubí a může způsobovat nejen zvýšenou degradaci konstrukce samotného žlabu, ale při přívalových deštích i zatečení do souvrství střešního pláště a objektu. Dále je kovová konstrukce obvodového žlabu lokálně zdegenerována korozí a po jeho obvodu jsou patrné vytržené kotvy hydroizolační fólie, které ji poškozují a urychlují její degradaci.

Na střeše arény se nachází tvarovky prostupů, které jsou zcela prázdné a navíc nedisponují ochrannou stříškou. Tato skutečnost představuje riziko zatékání do souvrství střechy a samotného objektu.

Technologie na střeše obvodového ochozu a antény na střeše arény jsou podloženy betonovou dlažbou, pod kterou se intenzivně tvoří mech. Z dlouhodobého hlediska je tato skutečnost zdrojem bakterií a mikroorganismů, které působí negativně na životnost hydroizolační vrstvy.

5. NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ

5.1 Obecně

Na základě výše uvedených skutečností doporučujeme na střeše hokejové haly (mimo horní části při obvodu) odstranění všech stávajících vrstev a realizaci nové skladby střešních pláštů včetně všech navazujících konstrukcí. V případě horní části střechy při obvodu doporučujeme částečnou demontáž stávající skladby a realizaci nové skladby střešního pláště. V místě obvodového ochozu doporučujeme zachování stávající skladby a realizaci dodatečného zateplení včetně hydroizolační vrstvy. **Vzhledem k tomu, že dojde k přitížení stávající nosné ocelové konstrukce, všechna nápravná opatření je nutné konzultovat s autorizovaným statikem. Ten stávající konstrukci střechy posoudí ve vazbě na tyto nápravná opatření a popř. navrhne dodatečné vyztužení.**

V rámci nápravného opatření budou stávající skladby stabilizovány proti účinkům sání větru pomocí mechanického kotvení. Pro ověření vhodnosti podkladu k mechanickému kotvení a volbě vhodného kotevního systému je nutné před realizací a vlastní objednávkou kotevních šroubů provést odborně způsobilou firmou výtažné zkoušky v souladu s EAD 030351. Doporučujeme provedení prohlídky a výběru vhodného typu kotevních prvků jejich výrobcem včetně garance za jejich možné použití.

Pro odstranění všech rizik vzniku vlhkostních poruch je nezbytné uvést střechy včetně jejich detailů do stavu odpovídajícího platným technickým normám, který zajistí její spolehlivou funkci na požadovanou dobu životnosti.

Důležité je správné provedení všech konstrukčních detailů z tepelně-technického hlediska (posouzení minimální povrchové teploty v detailech). Pro vyloučení tepelných mostů a dosažení celistvosti a kompaktnosti tepelněizolační obálky nelze vyloučit nutnost zateplení navazujících konstrukcí (v závislosti na posouzení kritických detailů na minimální povrchové teploty). **Dodatečné zateplení střechy uvedeným způsobem je nutné kombinovat se zateplením přilehlých konstrukcí ze strany fasády a všech souvisejících konstrukčních detailů.**

Realizaci je potřeba provádět dle technologických předpisů dodavatele jednotlivých materiálů, včetně systémového řešení všech detailů.

Před prováděním nápravných opatření doporučujeme vypracování prováděcí projektové dokumentace.

V rámci projektové dokumentace je nutné řešit požárně bezpečnostní řešení střech a nový systém odvodnění střechy nad hokejovou halou.

5.2 Střecha nad obvodovým ochozem – dodatečné zateplení včetně nové hydroizolační vrstvy

V tomto opatření se uvažuje s ponecháním všech vrstev, s dodatečným zateplením a s celkovou obnovou hydroizolační funkce a jejich detailů dle platných norem. V rámci oprav proběhne demontáž oplechování a technologického zařízení. U stávající povlakové hydroizolace se provede její oprava, očištění a vyspravení povrchu. Boule, vrásky a nerovnosti budou prořezány a přetaveny přířezem asfaltového pásu s nenasákavou vložkou. Pomocí asfaltových pásů z nenasákavou vložkou budou vyrovnány i prohlubně pro zajištění plynulého odtoku vody. Dále bude provedeno zateplení pomocí desek a spádových klínů z expandovaného polystyrenu (v požárně nebezpečných prostorech budou použity desky z minerálních vláken). Desky tepelné izolace budou montážně stabilizovány mechanickým kotvením do podkladu vhodným kotevním systémem pro střechy. Každá deska tepelné izolace musí být stabilizována proti pohybu. Poté bude realizována separační a hydroizolační vrstva. Stabilizace nově přidaných vrstev na střeše bude provedena pomocí mechanického kotvení.

Při navýšení tloušťky střešních pláštů vlivem realizace nápravného opatření dojde k navýšení úrovní prostupů střešních konstrukcí a přilehlých konstrukcí (atik, vtoků apod.).

Vrstva	Tloušťka [mm]	Stav vrstvy
Fólie z měkčeného PVC (PVC-P) s polyesterovou výztužnou vložkou určená pro fixaci mechanickým kotvením (např. DEKPLAN 76)	1,5	Nové vrstvy
Netkaná textilie ze skleněných vláken o plošné hmotnosti 120 g.m-2. (např. FILTEK V)	-	
Desky a spádové klíny z pěnového polystyrenu. Pevnost v tlaku při 10 % deformaci 100 kPa. Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti 0,037 W.m-1.K-1 (např. EPS 100)	ø 160	
Reflexní nátěr vyztužený skleněnou tkaninou – vyrovnání a vyspravení	-	Stávající vrstvy
Souvrství asfaltových pásů: 3x modifikovaný asfaltový pás s vložkou ze skleněného rouna 2x oxidovaný asfaltový pás s nasákovou vložkou	celkem ~ 23	
Betonová mazanina	~ 140	
2x oxidovaný asfaltový pás s nasákovou vložkou	~ 4	
Desky z expandovaného polystyrenu (typ POLSID)	~ 50	
Nadbetonávka trapézových plechů	~ 30	
Trapézový plech 50/200 včetně zabetonování vln	~ 1	

Tabulka 9: Navrhovaná skladba střechy nad obvodovým ochozem (od exteriéru)

5.3 Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu) – částečná demontáž stávajících vrstev, dodatečné zateplení včetně nové hydroizolační vrstvy

Stávající skladba bude demontována od hlavní hydroizolační vrstvy až po betonovou mazaninu včetně oplechování přiléhajících konstrukcí (okapnice, prostupy apod.). Na vyrovnaný a napenetrovaný podklad bude bodově nataven SBS modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny. Parozábranu je třeba parotěsně napojit na veškeré navazující konstrukce. Dále bude provedeno zateplení pomocí desek a spádových klínů z expandovaného polystyrenu (v požárně nebezpečných prostorech budou použity desky z minerálních vláken). Desky tepelné izolace budou montážně stabilizovány mechanickým kotvením do podkladu vhodným kotevním systémem pro střechy. Každá deska tepelné izolace musí být stabilizována proti pohybu. Poté bude realizována separační a hydroizolační vrstva. Stabilizace nově přidaných vrstev na střeše bude provedena pomocí mechanického kotvení.

Vrstva	Tloušťka [mm]	Stav vrstvy
Fólie z měkčeného PVC (PVC-P) s polyesterovou výztužnou vložkou určená pro fixaci mechanickým kotvením (např. DEKPLAN 76)	1,5	Nové vrstvy
Netkaná textilie ze skleněných vláken o plošné hmotnosti 120 g.m-2. (např. FILTEK V)	-	
Desky z pěnového polystyrenu. Pevnost v tlaku při 10 % deformaci 100 kPa. Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti 0,037 W.m-1.K-1 (např. EPS 100)	160	
Natavitelný pás z SBS modifikovaného asfaltu, vložkou ze skleněné tkaniny o plošné hmotnosti 200 g.m-2, na povrchu se separačním posypem (např. GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL)	4	
Asfaltová penetrační emulze bez obsahu rozpouštědel (např. DEKPRIMER)	-	
Vyrovnávací cementový potěr *	-	
Betonová mazanina	~ 100	Stávající vrstvy
2x oxidovaný asfaltový pás s nasákovou vložkou	~ 4	
Desky z expandovaného polystyrenu (typ POLSID)	~ 50	
Nadbetonávka trapézových plechů	~ 30	
Trapézový plech včetně zabetonování vln	~ 1	

Tabulka 10: Navrhovaná skladba střechy nad hokejovou halou - horní část při obvodu (od exteriéru)

* Vyspravením stropní konstrukce se rozumí realizace srovnávacího cementového potěru pro eliminaci vlivu nerovností a nehomogenity podkladu. Lze upustit od realizace této vrstvy, pokud se při demontáži původních vrstev zjistí, že je kvalita, rovinnost a vyspádování podkladu vyhovující.

5.4 Střecha nad hokejovou halou (šikmá a kopulovitá část) – komplexní rekonstrukce

Stávající skladba bude demontována od hlavní hydroizolační vrstvy až po trapézový plech včetně technologie a oplechování přiléhajících konstrukcí (střešní prostupy, odvodnění střechy, atika apod.). V rámci prací doporučujeme po obnažení stropní konstrukce prohlídku střechy statikem, jelikož není známa původní kvalita provedení objektu. Na vyrovnaný a napenetrovaný podklad bude plnoplošně nalepen samolepicí SBS modifikovaný asfaltový pás s nosnou vložkou z hliníkové fólie. Dále bude provedena tepelná izolace v systému zateplení lehkých plochých střech s kombinovanou tepelnou izolací složenou ze vzájemně se překrývajících desek z čedičových minerálních vláken tl. 2 x 30 mm a pěnového polystyrenu pro požární odolnost střech REI30. Desky tepelné izolace budou montážně stabilizovány mechanickým kotvením do podkladu vhodným kotevním systémem pro střechy. Každá deska tepelné izolace musí být stabilizována proti pohybu. Poté bude realizována separační a hydroizolační vrstva. Stabilizace nově přidaných vrstev na střeše bude provedena pomocí mechanického kotvení.

Skladba je navržena s ohledem na požární požadavky, jde o **klasifikaci skladby jako celku s požadavky REI 30 DP1, Broof (t3)**.

Vrstva	Tloušťka [mm]	Stav vrstvy
Fólie z měkčeného PVC (PVC-P) s polyesterovou výztužnou vložkou určená pro fixaci mechanickým kotvením (např. DEKPLAN 76)	1,5	Nové vrstvy
Netkaná textilie ze skleněných vláken o plošné hmotnosti 120 g.m-2. (např. FILTEK V)	-	
Systém kombinované tepelné izolace složený ze vzájemně se překrývajících desek z čedičových minerálních vláken tl. 2 x 30 mm a z pěnového polystyrenu. Pro požární odolnost střech REI 30 (DP1) – desky z EPS (např. SG Combi Roof, desky z EPS)	140	
Systém kombinované tepelné izolace složený ze vzájemně se překrývajících desek z čedičových minerálních vláken tl. 2 x 30 mm a z pěnového polystyrenu. Pro požární odolnost střech REI 30 (DP1) – desky z MW (např. SG Combi Roof, desky z MW)	2x30	
Samolepící pás z SBS modifikovaného asfaltu, na povrchu s hliníkovou fólií vyztuženou mřížkou. Ekvivalentní difuzní tloušťka ≥ 1500 m. Výhřevnost $< 11,6$ MJ.m-2 (např. ALU-TEC FR)	0,45	
Asfaltová penetrační emulze bez obsahu rozpouštědel (např. DEKPRIMER)	-	Stávající vrstvy
Litý asfalt	~ 1	
Trapézový plech	~ 1	

Tabulka 11: Navrhovaná skladba střechy nad hokejovou halou - šikmá a kopulovitá část (od exteriéru)

Návrh nové skladby střešního pláště zimního stadionu vychází z tepelně-technických a požárních požadavků na skladbu. Z hlediska požárních požadavků platí norma 73 0831 a článek 5.2.4:

5.2.4 Tepelně izolační vrstvy střešních pláštů nebo podhledů nad shromažďovacím prostorem musí být z výrobků třídy reakce na oheň A1 až B, nebo musí být od shromažďovacího prostoru požárně odděleny konstrukcí druhu DP1 vyhovující nejméně meznímu stavu EI 15 – IncSlow (podle ČSN EN 13501-2:2017, článek 4.3). Za vyhovující jsou považovány střešní pláště druhu DP1 podle ČSN 73 0810 (včetně ČSN 73 0810:2016, článek 3.2.3.2). Stejně požadavky platí také u stěn, které vymezují shromažďovací prostor v rámci požárního úseku.

Podmínky platnosti požárních klasifikací: trapézový plech je připevněn k podporám v každé vlně dvěma šrouby o průměru min. 5,5 mm, s podložkami průměru min. 16 mm, nebo jiným staticky ověřeným způsobem. Podpory jsou dostatečně tuhé v kroucení. Ve spoji jsou trapézové plechy vzájemně překryty na šířku dolní části vlny a spojeny šrouby průměru min. 4,8 mm v rozteči max. 500 mm. Tloušťka trapézového plechu je nejméně 0,75 mm. Při statickém posouzení nosné konstrukce (trapézového plechu) s uvažováním zatížení za požární situace podle ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991-1-2 a bez uvažování vlivu ohřátí trapézového plechu nejsou překročena mezní napětí: nad podporou spojitého nosníku 99,8 MPa, v poli spojitého nosníku 47,8 MPa, v poli prostého nosníku 83,8 MPa. Uvedená mezní napětí jsou platná pro ocel S 320 GD s mezí kluzu 320 MPa. Při statickém posouzení je zapotřebí zohlednit mimo jiné konkrétní vzdálenost podpor a stálé zatížení dle zvolených tlouštěk tepelného izolantu. **V případě nevyhovujícího stavu je nutné použít „celovatovou“ skladbu.**

Pro omezení vlivu tepelné výměny sáláním mezi ledovou plochou a vnitřním povrchem střešního pláště nedoporučujeme uvažovat s jakoukoli povrchovou úpravou trapézového plechu (poplastování, akustická úprava povrchu apod.), která by měla za následek zvýšení hodnoty emisivity povrchu, což by vedlo ke zvýšení výměny tepelné energie mezi ledovou plochou a střešním pláštěm.

Nová skladba střešního pláště je navržena tak, aby v přechodném období, kdy dochází k obrácení difuzního toku (z exteriéru do interiéru), byla skladba z pohledu vlhkostního chování vyhovující. Asfaltový pás na vnitřní straně konstrukce brání pronikání nadměrného množství vodní páry do skladby v zimním období. Vnější fólie omezuje nadměrný tok vodní páry do skladby v přechodném a letním období.

Ve výpočtech vnitřních povrchových teplot je nutné zahrnout vliv ledové plochy a tvar (geometrii) haly. Tepelně-technické posouzení bylo provedeno pro nejkritičtější místo střešního pláště, které se nachází kolem středu ledové plochy, ve kterém je vliv sálání ledové plochy nejvýraznější (výška střešního pláště nad ledovou plochou je uvažována cca 15,9 m). Výsledkem posouzení jsou teploty na spodním povrchu trapézového plechu.

Posuzované období	Návrhová průměrná měsíční teplota int. vzduchu	Průměrná měsíční relativní vlhkost int. vzduchu	návrhová průměrná měsíční teplota ext. vzduchu	Nejnižší požadovaná teplota vnitřního povrchu	Vypočtená teplota na povrchu plechu (vč. vlivu sálání)	Splnění podmínky
	$\Theta_{i,m}$	Φ_i	$\Theta_{e,m}$	Θ_w	Θ_{si}	$\Theta_{si} \geq \Theta_w$
	[°C]	[%]	[°C]	[°C]	[°C]	
leden	7	50	-1,7	-2,93	3,11	ANO
únor	9	51	0,1	-0,51	4,11	ANO
březen	10	47	4,2	-0,69	4,67	ANO
duben	16	40	9,3	2,42	7,62	ANO
květen	22	48	14,3	10,49	10,52	ANO
červen	LEDOVÁ PLOCHA NENÍ V PROVOZU					
červenec	18	60	19	10,13	8,77	NE
srpen	16	62	18,6	8,73	7,82	NE
září	15	57	14,5	6,56	7,26	ANO
říjen	12	33	9,5	-3,32	5,74	ANO
listopad	11	32	4,1	-4,47	5,15	ANO
prosinec	9	32	0,1	-6,03	4,11	ANO
Návrhové podmínky	17°C	75	-15	12,54	7,57	NE

Tabulka 12: Vyhodnocení rizika povrchové kondenzace na střešním plášti pro průměrné hodnoty

Z tabulky 12 je patrné, že **při uvažovaných průměrných okrajových podmínkách (i pro návrhové podmínky) hrozí v období červenec a srpen na vnitřním povrchu střešního pláště kondenzace vlhkosti**. Tento fakt není způsoben navrženou skladbou, ale faktem, že je uvažováno s vysokou relativní vlhkostí interiérového vzduchu a díky tomu může docházet ke kondenzaci vodní páry na vnitřním povrchu střešního pláště, což je dáno bilancí vodních toků. Povrchovou teplotu významně snižuje sálání ledové plochy a pro uvažované vlhkosti v tomto období dochází ke kondenzaci.

Pro zamezení rizika povrchové kondenzace, skapávání kondenzátu na ledovou plochu a eliminaci tvorby mlhy nad ledovou plochu doporučujeme upravovat interierový vzduch dle tabulky 13:

Posuzované období	Návrhová průměrná měsíční teplota int. vzduchu	Průměrná měsíční relativní vlhkost int. vzduchu	návrhová průměrná měsíční teplota ext. vzduchu	Nejnižší požadovaná teplota vnitřního povrchu	Vypočtená teplota na povrchu plechu (vč. vlivu sálání)	Splnění podmínek
	$\Theta_{i,m}$	Φ_i	$\Theta_{e,m}$	Θ_w	Θ_{si}	$\Theta_{si} \geq \Theta_w$
	[°C]	[%]	[°C]	[°C]	[°C]	
leden	7	50	-1,7	-2,93	3,11	ANO
únor	9	51	0,1	-0,51	4,11	ANO
březen	10	47	4,2	-0,69	4,67	ANO
duben	16	40	9,3	2,42	7,62	ANO
květen	22	48	14,3	10,49	10,52	ANO
červen	LEDOVÁ PLOCHA NENÍ V PROVOZU					
červenec	18	50	19	7,43	8,77	ANO
srpen	16	55	18,6	6,97	7,82	ANO
září	15	57	14,5	6,56	7,26	ANO
říjen	12	33	9,5	-3,32	5,74	ANO
listopad	11	32	4,1	-4,47	5,15	ANO
prosinec	9	32	0,1	-6,03	4,11	ANO
Návrhové podmínky	17°C	50	-15	6,51	7,57	ANO

Tabulka 13: Vyhodnocení rizika povrchové kondenzace na střešním plášt

Pro správnou funkci odvlhčování vzduchu je zapotřebí docílit co nejvyšší vzduchotěsnosti obálky budovy. Z tohoto důvodu je nutné řešit v rámci rekonstrukčních prací i obvodový plášť objektu.

5.5 Vypočtené hodnoty navržených skladeb

Skladba	Součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$]		Množství zkondenzované vodní páry M_c [$kg/(m^2 \cdot a)$]		Celoroční bilance vlhkosti		Posouzení povrchové teploty konstrukce – teplotní faktor f_{Rsi} [-] (nejnižší povrchová teplota θ_{si} [$^{\circ}C$])	Hodnocení
							Riziko růstu plísní při návrhových okrajových podmínkách	
Střecha nad obvodovým ochozem	0,186	x	0,012	+	aktivní	+	0,955 (15,6)	+ x
Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu)	0,189	x	0,010	+	aktivní	+	0,954 (15,5)	+ x
Střecha nad hokejovou halou (šikmá a kopulovitá část)	0,196	x	0,004	+	aktivní	+	0,952 (15,5)	+ x
+ ... Vyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2 (2011) x ... Vyhovuje doporučeným hodnotám ČSN 73 0540-2 (2011) ! ... Nevyhovuje požadavkům ČSN 73 0540-2 (2011)								

Tabulka 14: Vypočtené hodnoty navržených skladeb střech

5.6 Vyhodnocení vypočtených hodnot navržených skladeb

Hodnoty součinitele prostupu tepla vypočtené pro skladby střech **vyhovují doporučeným hodnotám** dle ČSN 73 0540-2.

Výpočtem stanovené hodnoty vnitřní povrchové teploty u navrhovaných skladeb střech **vyhovují požadavku ČSN 73 0540-2**.

Skladby navržených střech výpočtově **vyhovují požadavkům** na kondenzaci vodní páry.

Posuzované navržené skladby **splňují požadavek** na nejnižší povrchovou teplotu konstrukce (teplotní faktor vnitřního povrchu).

5.7 Orientační nacenění návrhových opatření (bez DPH)

Střecha nad obvodovým ochozem – dodatečné zateplení včetně nové hydroizolační vrstvy dle 5.2

- orientační plocha: 520 m²
- orientační nacenění: 1.000.000,-

Střecha nad hokejovou halou (horní část při obvodu) – částečná demontáž stávajících vrstev, dodatečné zateplení včetně nové hydroizolační vrstvy dle 5.3

- orientační plocha: 450 m²
- orientační nacenění: 1.200.000,-

Střecha nad hokejovou halou (šikmá a kopulovitá část) – komplexní rekonstrukce dle 5.4

- orientační plocha: 5.500 m²
- orientační nacenění: 20.000.000,-

Pozn.: Cenu je nutné stanovit na základě projektové dokumentace a položkového rozpočtu. Upozorňujeme, že cenu budou ovlivňovat aspekty jako členitost objektu, množství opracovaných detailů, množství oplechování, požadavky BOZP, protipožární opatření, statické opatření, likvidace materiálu a další.

6. ZÁVĚR

Na základě výše uvedených skutečností doporučujeme na střeše hokejové haly (mimo horní části při obvodu) odstranění všech stávajících vrstev a realizaci nové skladby střešních pláštů včetně všech navazujících konstrukcí. V případě horní části střechy při obvodu doporučujeme částečnou demontáž stávající skladby a realizaci nové skladby střešního pláště. V místě obvodového ochozu doporučujeme zachování stávající skladby a realizaci dodatečného zateplení včetně hydroizolační vrstvy. **Vzhledem k tomu, že dojde k přetížení stávající nosné ocelové konstrukce, všechna nápravná opatření je nutné konzultovat s autorizovaným statikem. Ten stávající konstrukci střechy posoudí ve vazbě na tyto nápravná opatření a popř. navrhne dodatečné vyztužení.**

Na základě tepelnětechnického posouzení navržené skladby střešního pláště je patrné, že parametry vnitřního vzduchu, zejména pak jeho relativní vlhkost, má vliv na zamezení rizika povrchové kondenzace na spodním líci trapézového plechu.

Radiace z ledové plochy má výrazný vliv na ochlazování přilehlých povrchů konstrukcí, zejména střešní konstrukce. Toto se projevuje nejvíce v letních a přechodových měsících, kdy teplota exteriéru je vyšší než v zimním období. V těchto měsících je zapotřebí interiérový vzduch výrazně odvlhčovat pro eliminaci povrchové kondenzace, skapávání kondenzátu na ledovou plochu a eliminaci tvorby mlhy nad ledovou plochu.

Při realizaci parotěsníkové vrstvy je zapotřebí dodržovat technologické postupy, zejména je nutné zajistit celistvé provedení této vrstvy, pro co nejvyšší vzduchotěsnost konstrukce.

Jakákoliv povrchová úprava, která by zvyšovala hodnotu emisivity vnitřního povrchu povede ke zvýšení vlivu přenosu tepelné energie mezi střešním podhledem a ledovou plochu, a tím ke zvýšení rizika kondenzace na vnitřním povrchu skladby střešního pláště. Rovněž se nedoporučuje zavěšovat jakékoliv akustické podhledy/clony přímo nad ledovou plochou nebo v její bezprostřední blízkosti.

Vzhledem k tomu, že se jedná o rekonstrukci, existuje riziko, že po odhalení vrstev bude stav některých konstrukcí jiný než byl předpokládán. V případě změny předpokládaného stavu je třeba návrh řešení odpovídajícím způsobem upravit.

Tento odborný posudek vychází z podkladů a informací, které měl zpracovatel při jeho zpracování k dispozici. V případě, že budou při realizaci opravy zjištěny nové skutečnosti, vyhrazuje si zpracovatel právo na případnou úpravu závěrů posudku.

Opravu doporučujeme realizovat na základě prováděcí projektové dokumentace za předpokladu dodržení montážních a technologických postupů výrobců. Součástí prováděcí projektové dokumentace by měla být technická zpráva s technologickým předpisem pro realizaci a návod na užívání a údržbu konstrukcí po realizaci oprav, výkresy detailů předmětných konstrukcí objektu.

Toto vyjádření nenahrazuje projektovou dokumentaci.

V Brně dne 28.10.2022



ATELIER DEK

DEKPROJEKT s.r.o.
Tiskařská 10/257
108 00 Praha 10
DIČ: CZ699000797



Ing. Jan Tománek