

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Leden, 2017**

**Dmitriy Nagornykh**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra betonových a zděných konstrukcí**

## **Konstrukční řešení schodiště bytového domu**

## **Structural Design of Stairs in Apartment House**

**Bakalářská práce**

**Autor:** Dmitriy Nagornykh  
**Studijní program:** Stavební inženýrství  
**Studijní obor:** Konstrukce pozemních staveb  
**Vedoucí práce:** doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.

---

**Praha 2017**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Nagornykh Jméno: Dmitriy Osobní číslo: 412652

Zadávací katedra: K133 - katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Konstrukční řešení schodiště bytového domu

Název bakalářské práce anglicky: Structural Design of Stairs in Apartment House

Pokyny pro vypracování:

1. Shrnutí problematiky - konstrukční řešení betonových schodišť, požadavky akustiky a postupů provádění
2. Návrh variant schodiště zadaného objektu - popis konstrukčního řešení, výpočet, výkresová dokumentace

Seznam doporučené literatury:  
dle pokynů v průběhu práce

Jméno vedoucího bakalářské práce: Doc. Ing. Jitka Vašková, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 12.10.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 15.1.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

12.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 15. 1. 2017

.....  
podpis autora  
Dmitriy Nagornykh

**Poděkování:**

Na prvním místě bych chtěl poděkovat paní doc. Ing. Jitce Vaškové, CSc. za praktické a cenné připomínky, odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala. Nechtěl bych ani zapomenout na další kolegy a učitele, kteří přispěli pomocí, radou nebo příkladem k vytvoření mé práce.

## **Anotace**

Bakalářská práce ukazuje možné způsoby řešení schodišťového prostoru v bytovém domě. V závislosti na konstrukčním systému bylo cílem ukázat možnosti odhlučnění pro konkrétně zadaný případ.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části byly využity podklady průmyslově vyráběných prvků omezujících šíření kročejového hluku od největších dodavatelů v České Republice. Také byly uvedeny aktuální normy a požadavky pro provádění schodiště.

V praktické části byly řešeny čtyři různé konstrukční řešení schodiště s použitím odhlučňovacích prvků uvedených v teoretické části.

## **Klíčová slova**

Schodiště, kročejová izolace, izolační prvek, monolit, prefabrikát, železobeton, podesta, schodišťové rameno

## **Annotation**

Bachelor thesis demonstrates the possible ways of staircase's solution in apartment house. Depending on the structural design the target set to point the possibilities of soundproofing in a real given case.

Thesis is divided into theoretical and practical part. In the theoretical part were used industrially manufactured elements, limiting the spread of impact noise, from the biggest suppliers in Czech Republic. Also was stated the current standards and requirements for stair's realization.

The practical part solved four different structural design of stairs using soundproofing elements demonstrated in the theoretical part.

## **Keywords**

Stairs, impact sound isolation, isolation element, monolith, prefabricate, reinforced concrete, landing, flight of stairs

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ SCHODIŠŤ</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Základní informace o schodiště</b> .....	<b>11</b>
1.1.1 Rozdělení schodišť .....	11
1.1.1.1 Podle umístění .....	11
1.1.1.2 Podle funkce .....	11
1.1.1.3 Podle počtu ramen .....	11
1.1.1.4 Podle tvaru ramen .....	11
1.1.1.5 Podle stavebního materiálu .....	11
1.1.2 Technické a rozměrové požadavky na schodiště dle ČSN 73 4130 .....	12
<b>1.2 Popis zadaného objektu</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3 Varianty konstrukčního systému</b> .....	<b>13</b>
<b>2. AKUSTICKÉ ŘEŠENÍ SCHODIŠŤOVÝCH PROSTORŮ</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Důvody instalace akustické izolace</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2 Seznam výrobců produkující výrobky omezující šíření kročejového hluku</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3 Popis prvků od jednotlivých výrobců</b> .....	<b>15</b>
2.3.1 Produkty firmy HALFEN .....	15
2.3.1.1 HTT .....	15
2.3.1.2 HTF .....	16
2.3.1.3 HTF-B .....	17
2.3.1.4 HTPL (spárová deska) .....	17
2.3.1.5 HBB-F pro prefabrikované podesty .....	18
2.3.1.6 HBB-O pro monolitické podesty .....	18
2.3.1.7 HBB-T .....	19
2.3.1.8 HBB – nosný prvek .....	19
2.3.1.9 HBB – výztužný koš .....	20
2.3.2 Produkty firmy Jordahl & Pfeifer .....	20
2.3.2.1 ISOBOX® TSB-F .....	20
2.3.2.2 ISOBOX® TSB-M+B .....	21
2.3.2.3 ISOBOX® TSB-T .....	22
2.3.2.4 ISOBOX® TSB-BT .....	22
2.3.2.5 ISODORN HQW .....	23
2.3.2.6 ISOSTEP® HT-V .....	23
2.3.2.7 ISOTRITT® Z .....	24
2.3.2.8 ISOTRITT® ZB .....	24
2.3.2.9 Spárová izolační páska TSP .....	25
2.3.3 Produkty firmy Schöck Wittek s.r.o. ....	25
2.3.3.1 Schöck Tronsole® typ Q .....	26
2.3.3.2 Schöck Tronsole® typ Z .....	26

2.3.3.3	Schöck Tronsole® typ T .....	27
2.3.3.4	Schöck Tronsole® typ F .....	27
2.3.3.5	Schöck Tronsole® typ B .....	28
2.3.3.6	Schöck Tronsole® typ L (spárová deska) .....	28
2.3.4	Produkty firmy Max Frank .....	29
2.3.4.1	Egcotritt .....	30
2.3.4.2	Egcosono .....	30
2.3.4.3	Egcoscal S .....	31
2.3.4.4	Egcoscal TD .....	31
2.3.4.5	Egcoscal F .....	32
2.3.4.6	Egcoscal FDPL (distanční deska) .....	32
2.3.4.7	Egcostep .....	33
<b>2.4</b>	<b>Doplňující informace pro kročejovou izolaci schodiště .....</b>	<b>33</b>
<b>3.</b>	<b>VARIANTY NÁVRHU SCHODIŠTĚ BYTOVÉHO DOMU .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Návrh geometrie schodiště .....</b>	<b>34</b>
3.1.1	Popis zadaného schodišťového prostoru .....	34
3.1.2	Návrh rozměrů schodiště .....	34
3.1.3	Kontrola tloušťky desek .....	34
3.1.4	Schéma schodiště .....	35
3.1.5	Tvar schodiště .....	36
3.1.6	Kontrola podchodné a průchodné výšky .....	36
<b>3.2</b>	<b>VARIANTA č. 1 – Prefabrikované konstrukční řešení .....</b>	<b>37</b>
3.2.1	Základní popis .....	37
3.2.2	Materiálové charakteristiky .....	37
3.2.3	Výpočet zatížení schodišťového ramene .....	37
3.2.4	Návrh a výpočet výztuže schodišťového ramene .....	38
3.2.5	Návrh a výpočet výztuže ozubu schodišťového ramene .....	38
3.2.6	Návrh transportní kotvy schodišťového ramene .....	39
3.2.7	Výpočet zatížení schodišťové podesty .....	39
3.2.8	Návrh a výpočet výztuže schodišťové podesty: .....	40
3.2.9	Návrh a výpočet výztuže ozubu schodišťové podesty .....	41
3.2.10	Návrh transportní kotvy schodišťové podesty .....	42
3.2.11	Výkresy stavební – VARIANTA č. 1 .....	43
3.2.12	Výkres tvaru a výztuže prefabrikovaného schodišťového ramene – VARIANTA č. 1 .....	44
3.2.13	Výkres tvaru a výztuže prefabrikované podesty – VARIANTA č. 1 .....	45
<b>3.3</b>	<b>VARIANTA č. 2 - Monolitické konstrukční řešení .....</b>	<b>46</b>
3.3.1	Základní popis .....	46
3.3.2	Materiálové charakteristiky .....	46
3.3.1	Výpočet zatížení schodišťového ramene .....	46
3.3.2	Výpočet zatížení schodišťové podesty .....	46
3.3.3	Schéma zatížení .....	47
3.3.4	Výsledné síly .....	48
3.3.5	Návrh a výpočet výztuže schodišťového ramene .....	49
3.3.5.1	Spodní povrch – schodišťové ramene .....	49
3.3.5.2	Horní povrch – schodišťové ramene .....	50
3.3.6	Návrh a výpočet výztuže podestového nosníku .....	51
3.3.6.1	Spodní povrch – podestový nosník .....	51
3.3.6.2	Horní povrch – podestový nosník .....	52



3.3.7	Výkresy stavební – VARIANTA č. 2 .....	53
3.3.8	Výkres tvaru a výztuže monolitického schodiště – VARIANTA č. 2 .....	54
<b>3.4</b>	<b>VARIANTA č. 3 – Kombinace (prefabrikované rameno + prefabrikovaná mezipodesta + monolitická podesta) .....</b>	<b>55</b>
3.4.1	Základní popis .....	55
3.4.2	Materiálové charakteristiky .....	55
3.4.3	Výpočet zatížení schodišťového ramene .....	55
3.4.4	Výpočet zatížení schodišťové podesty .....	56
3.4.5	Výkresy stavební – VARIANTA č. 3 .....	57
<b>3.5</b>	<b>VARIANTA č. 4 – prefabrikované schodiště v objektu s prefabrikovanou stropní konstrukcí .....</b>	<b>58</b>
3.5.1	Základní popis .....	58
3.5.2	Materiálové charakteristiky .....	58
3.5.3	Výpočet zatížení schodišťového ramene .....	58
3.5.4	Výpočet zatížení schodišťové podesty .....	59
3.5.5	Návrh rozměrů trámu .....	59
3.5.6	Výpočet zatížení trámu .....	60
3.5.7	Návrh a výpočet výztuže trámu .....	60
3.5.8	Návrh a výpočet výztuže ozubu trámu .....	61
3.5.9	Výkresy stavební – VARIANTA č. 4 .....	62
<b>4.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>65</b>

# ÚVOD

Cílem bakalářské práce je ukázat různé způsoby řešení schodišťových prostorů s ohledem na aktuální normy a požadavky. Dále se zaměřuji na vypracování a posouzení statických jednotlivých variant schodišťového prostoru typického podlaží s užitím průmyslových výrobků, které omezují šíření kročejového hluku v zadaném bytovém domě.

Vypracované varianty konstrukčního řešení: Varianta č. 1: Prefabrikované schodiště. Varianta č. 2: Monolitické schodiště. Varianta č. 3: Kombinace. Varianta č. 4: Prefabrikované schodiště v objektu s prefabrikovanou stropní konstrukcí. Tyto varianty řeší schodišťový prostor v 1NP ze zadaného podkladu bytového domu.

Statický výpočet je zpracován pro každou variantu samostatně. Vnitřní síly pro prefabrikované konstrukční řešení jsou počítány ručně. Výpočet vnitřních sil pro monolitické konstrukční řešení byl proveden pomocí programu Scia Engineer 16.1. Na vypočtené vnitřní síly je proveden návrh výztuže na Mezní stav únosnosti.

# 1. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ SCHODIŠŤ

## 1.1 Základní informace o schodiště

Schodiště je vertikální komunikací mezi různými výškovými úrovněmi, které jsou rozlišovány podle svého uspořádání, funkce, tvaru a použitých stavebních materiálů. Základně schodiště se rozděluje do několika skupin.

### 1.1.1 Rozdělení schodišť

#### 1.1.1.1 Podle umístění

- vnitřní - umístěná uvnitř budovy
- vnější - umístěná vně budovy

#### 1.1.1.2 Podle funkce

- hlavní - sloužící jako základní vertikální pěší spojení v objektu
- vedlejší (pomocné) – další schodiště z důvodu provozních, bezpečnostních
- vyrovnávací – spojující různé úrovně téhož podlaží
- vnější předložené – navazující na objekt
- vnější terénní – nenavazující na objekt

#### 1.1.1.3 Podle počtu ramen

- jednoramenné
- víceramenné

#### 1.1.1.4 Podle tvaru ramen

- s přímými rameny – stupně jsou se stálou šířkou stupnice
- se zakřivenými rameny – stupně jsou kosé
- se smíšenými rameny – obsahují stupně jak rovné, tak i kosé

#### 1.1.1.5 Podle stavebního materiálu

- kamenná
- dřevěná
- ocelová
- betonová (monolitická, prefabrikovaná nebo kombinovaná)
- kombinovaná z různých stavebních materiálů

Předmětem tyto bakalářské práce je dvouramenné železobetonové schodiště umístěné uvnitř budovy na zadaném půdorysu.

### 1.1.2 Technické a rozměrové požadavky na schodiště dle ČSN 73 4130

Konstrukce ohraničující schodišťový prostor objektu včetně zastropení musí být provedena z nehořlavého materiálu, pokud příslušné projektové normy nestanoví jinak. Schodišťový prostor musí být větraný a mít přímé denní osvětlení.

Sklon schodišťového ramene je určen úhlem, který svírá schodišťové rameno s vodorovnou rovinou. Vzájemný vztah mezi výškou v mm a šířkou v mm schodišťového stupně je dán vzorcem:

$$2v + š = 630 \text{ (mm)}$$

kde 630 mm je průměrná délka lidského kroku.

V témže schodišťovém rameni nesmějí schodišťové stupně měnit svoje výšky ani šířky. Průřezové rozměry stupňů na výstupní čáře musí být stejné, nemají se měnit ani v jednotlivých podlažích téže budovy. Rozdílné výšky se vyrovnávají změnou počtu stupňů v ramenech.

V jednom rameni je maximální povolený počet stupňů 16, u pomocných schodišť, schodišť v rodinných domcích a schodišť uvnitř bytů 18.

Průchodná šířka schodišťového ramene má být násobkem 550 mm, což je jednak minimální šířka potřebná pro průchod dospělého člověka a zároveň šířka únikového pruhu. Z toho vyplývá nejmenší možná průchodná šířka u schodiště (b p):

- pomocné schodiště 600 mm
- vedlejší schodiště 900 mm
- hlavní schodiště v rodinném domku 900 mm
- ostatní hlavní schodiště 1100 mm.

Šířky schodišťových ramen se dle druhu budovy a účelu schodiště navrhují podle předpisů, které jsou pro tyto druhy budov závazné. Pokud schodiště je součástí únikové cesty z objektu, pak je nutné šířky ramen a druh použitých konstrukcí dimenzovat.

Průchodná šířka podesty a mezipodesty se musí minimálně rovnat průchozí šířce ramen u mezipodesty. Podlažní podesty by měly být o 100 až 200 mm hlubší než je průchodná šířka přilehlých ramen.

Dveře otevírané mimo prostor podesty, kromě schodišť v rodinných domcích a pomocných schodišť, mají mít vzdálenost vnitřní hrany zárubně od hrany nejbližšího schodišťového stupně alespoň 300 mm.

Nejmenší dovolená podchodná výška  $h_1$  v mm se určí v závislosti na sklonu schodišťového ramene podle vzorce:

$$h_1 = 1500 + (750 / \cos \alpha)$$

kde  $\alpha$  je úhel sklonu schodišťového ramene.

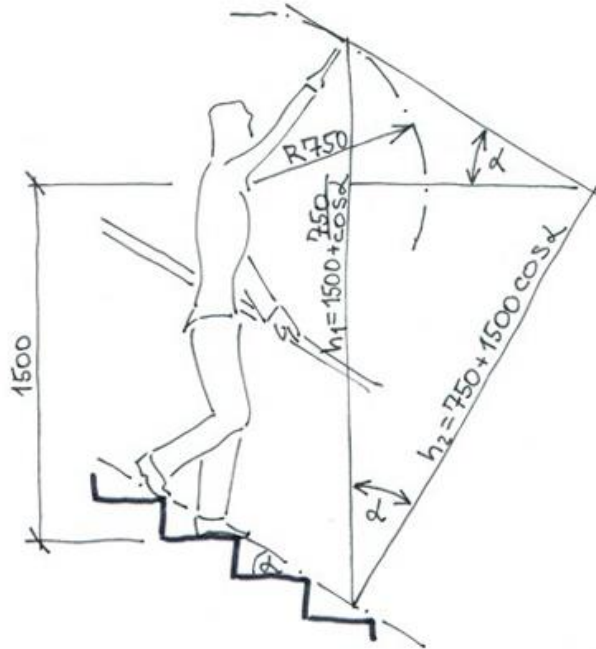
Průchodná výška  $h_2$  v mm se měří jako kolmá vzdálenost mezi výstupní čarou a konstrukcí nad výstupní čarou (podhledem), která se určí podle vzorce:

$$h_2 = 750 + 1500 \cos \alpha$$

kde  $\alpha$  je úhel sklonu schodišťového ramene.

Průchodná výška nesmí být menší než 1900 mm kromě schodišť do podkrovní, kde 1900 mm je hodnotou doporučenou (viz. Obr. 1).

Povrch podest vnitřních schodišť musí být vodorovný beze sklonu v příčném i podélném směru. Povrchová úprava podest má být z materiálů stejných mechanických vlastností jako povrch stupňů. Povrch stupnice při okraji schodišťového stupně bývá skosen a stupnice je na okraji upravena povrchovou úpravou proti skluzu (karborundové pásy u kamenných obkladů).



Obr. 1 Podchodná a průchodná výška schodiště<sup>[1]</sup>

## 1.2 Popis zadaného objektu

Jedná se o bytový dům s pěti nadzemními podlažími a jedním podzemním podlažím, na obdélníkovém půdoryse 17,75 x 36m, ze kterého uprostřed vystupuje část schodišťového prostoru s půdorysem 4,80 x 2,75m. V nadzemních podlažích jsou umístěny byty, v suterénu jsou podzemní garáže.

## 1.3 Varianty konstrukčního systému

Schodišťový prostor bytového domu je z hlediska nosného systému řešen jako systém svislých konstrukcí řešených jako cihelné zděné stěny, podporující vodorovné nosné konstrukce schodišťového prostoru. Tyto jsou řešeny v jednotlivých variantách.

VARIANTA č. 1 – Prefabrikovaný konstrukční systém

VARIANTA č. 2 – Monolitický konstrukční systém

VARIANTA č. 3 – Kombinace (prefabrikované rameno + prefabrikovaná mezipodesta + monolitická podesta)

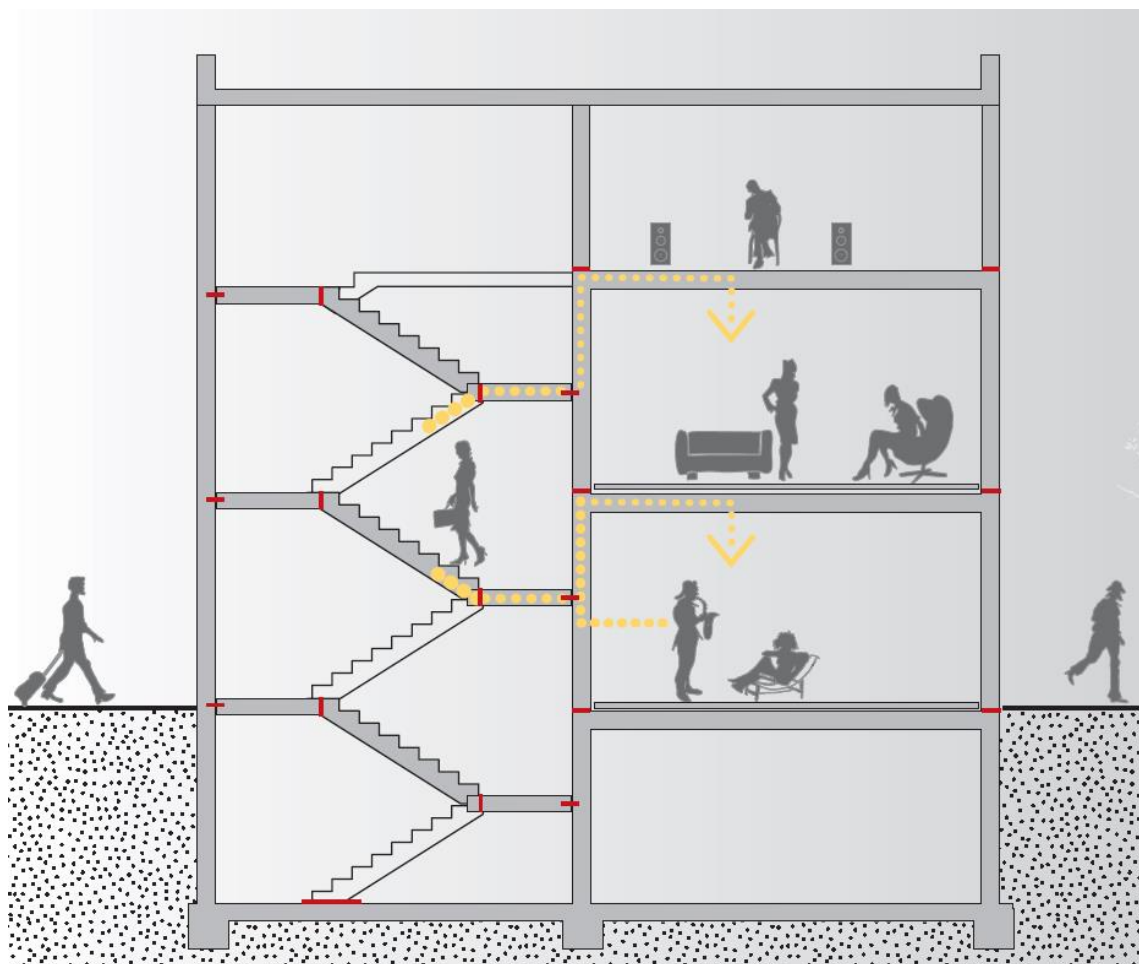
VARIANTA č. 4 – Prefabrikované schodiště v objektu s prefabrikovanou stropní konstrukcí

## 2. AKUSTICKÉ ŘEŠENÍ SCHODIŠŤOVÝCH PROSTORŮ

### 2.1 Důvody instalace akustické izolace

V dnešní době se zvyšují požadavky na životní prostředí a ke snižování škodlivých vlivů působících na člověka. Projektanti se snaží vytvořit optimální prostředí pro práci a život člověka. Důraz je kladen zejména na dostatečné tepelně technické řešení objektu, požárně bezpečnostní řešení, ale též na ochranu člověka před nadměrným hlukem a vibracemi.

Značná pozornost je věnovaná k zajištění akustické pohody a omezení přenosu hluku a vibrací z hlučných prostorů objektu v pozemním stavitelství. Požadavky na akustickou izolaci dle ČSN 73 0532 jsou tyto: Vzduchová neprůzvučnost a kročejová neprůzvučnost.



Obr. 2 Schéma vzniku a šíření hluku a vibrací v objektu<sup>[5]</sup>

Kročejový hluk vniká nejen chůzí člověka po stropní a schodišťové konstrukci, ale také i dopadem předmětů na podlahu. Vzduchový hluk vzniká od zařízení umístěných v bytech, hudebními nástroji a také řečí lidí. Zdroje vibrací jsou zařízení nezbytná pro

provoz stavebního objektu, ale také je ovlivňují vnější zdroje. Již zmíněné druhy hluku se šíří nosnými konstrukcemi dále do objektu. Je zapotřebí zabránit tomuto šíření.

Šíření hluku v objektu lze přerušit vhodnou skladbou konstrukce či instalováním izolačních výrobků v konstrukci.

Ve schodišťovém prostoru vzniká zejména kročejový hluk.

## **2.2 Seznam výrobců produkující výrobky omezující šíření kročejového hluku**

Na českém trhu působí několik firem, které prodávají odhlučňovací prvky pro schodišťové prostory. K největším výrobcům a dodavatelům na českém trhu patří čtyři německé firmy vyrábějící prvky pro všechny varianty konstrukčního řešení:

- HALFEN
- Jordahl & Pfeifer
- Schöck Wittek s.r.o.
- Max Frank.

Výše uvedení výrobci zhotovují nepatrně lišící se výrobky. Všechny výrobky mají téměř shodné užití v konstrukci a konstrukčním řešení. Každý výrobce má ve svém sortimentu speciální prvky, které další výrobci nenabízí.

## **2.3 Popis prvků od jednotlivých výrobců**

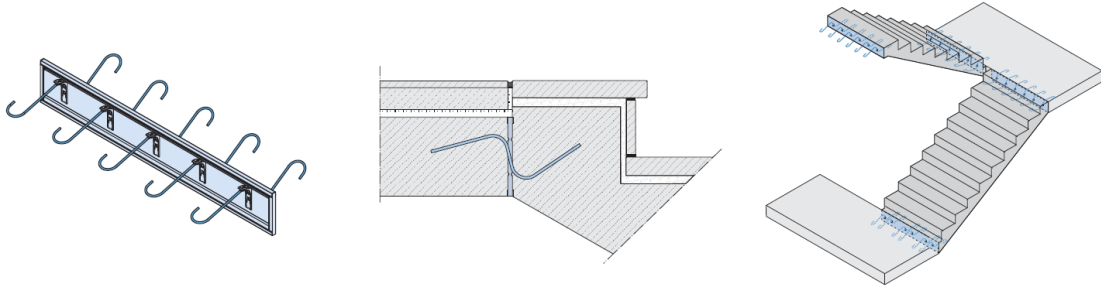
### **2.3.1 Produkty firmy HALFEN**

Firma HALFEN vyrábí celou řadu prvků pro betonové konstrukce. Jako jsou např. prvky pro manipulaci s prefabrikáty, kotvicí techniky, spojovací prostředky pro výztuže a také prvky pro akustickou izolaci schodiště.

#### **2.3.1.1 HTT**

Prvky izolace kročejového hluku HALFEN HTT jsou vhodné pro uložení schodišťových ramen z monolitického betonu v podestách z monolitického betonu při uvažování provozního zatížení. Prvky HTT přenášejí výlučně posouvající a horizontální síly, které mohou vyplývat jak z krátkodobě působících zatížení, z vynuceného nebo

rázového namáhání, tak i z plánovaných vnějších zatížení. Pro schodišťové rameno a podestu se provede statické posouzení.

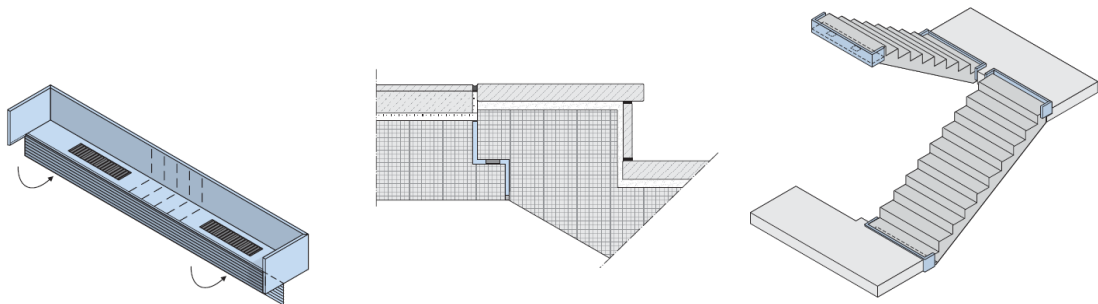


Obr. 3 Smyková lišta HALFEN HTT<sup>[2]</sup>

HALFEN HTT snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 12$  dB.

### 2.3.1.2 HTF

Prvek HTF je určen pro prefabrikovaná schodišťová ramena. Osazuje se na stavbě na vzniklý ozub podesty a mezipodesty. Odděluje tak schodišťové rameno od vodorovné nosné konstrukce.



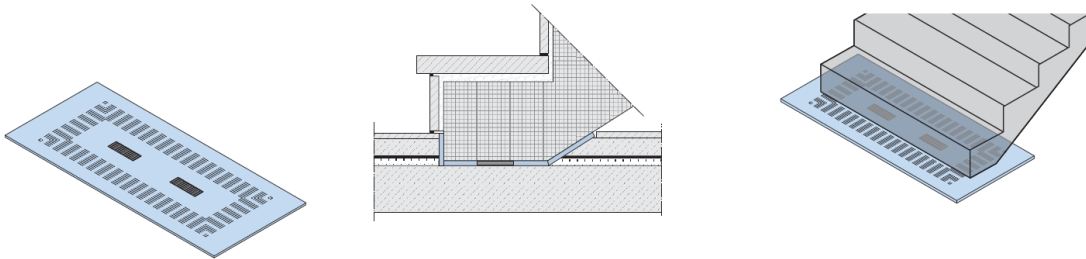
Obr. 4 Prvek HALFEN HTF<sup>[2]</sup>

HALFEN HTF snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 23$  dB.



### 2.3.1.3 HTF-B

Prvek pro izolaci kročejového hluku HALFEN HTF-B se používá pro elastické uložení prefabrikovaných schodišťových ramen na základovou desku ve spodním podlaží.

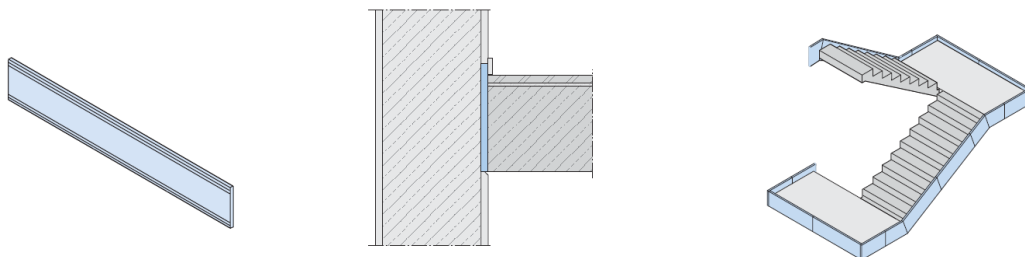


Obr. 5 Prvek HALFEN HTF-B<sup>[2]</sup>

HALFEN HTF-B snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 27$  dB.

### 2.3.1.4 HTPL (spárová deska)

Spárová deska HALFEN HTPL-100 spolehlivě zamezuje přenosu kročejového hluku. Akustické oddělení schodišťového ramene a stěny je velmi jednoduché: mezi stavební dílce se umístí spárová deska a styky mezi deskami se jednoduše zalepí lepicí páskou.

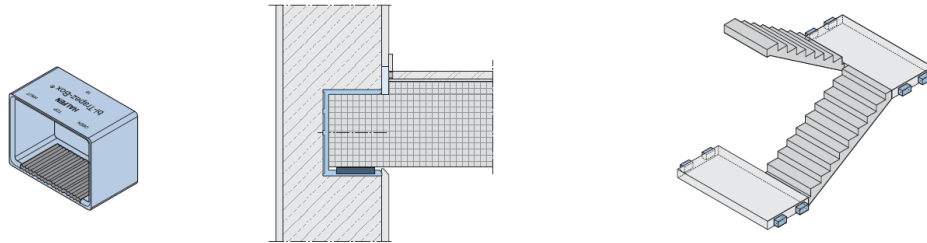


Obr. 6 HALFEN HTPL Spárová deska<sup>[2]</sup>

U tohoto produktu výrobce neuvádí hodnotu snížení kročejového hluku na schodišti  $\Delta L_w$ .

### 2.3.1.5 HBB-F pro prefabrikované podesty

Bi-trapézové boxy® se jednoduše před montáží prefabrikované schodišťové podesty nasunou na konzolu. Konzola s vnitřními rozměry boxu se vyrobí předem v trefě.

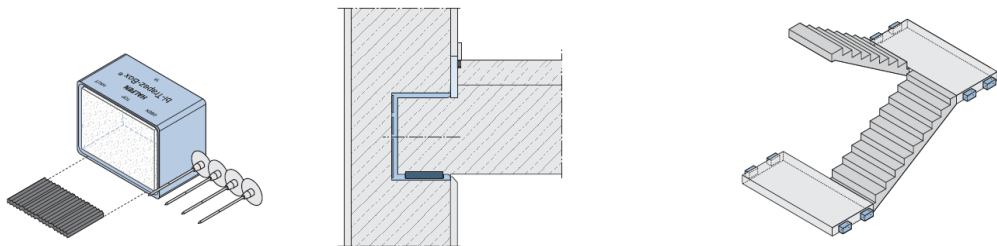


Obr. 7 Prvek HALFEN HBB-F<sup>[2]</sup>

HALFEN HBB-F snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 23$  dB.

### 2.3.1.6 HBB-O pro monolitické podesty

Při montáži do zděných stěn zaručuje polystyrénová vynechávka tvarovou stálost boxu během vyzdívky. Při montáži do železobetonových stěn se vynechávka upevní na bednění speciálními hřebíky, potom se box nasadí na vynechávku.

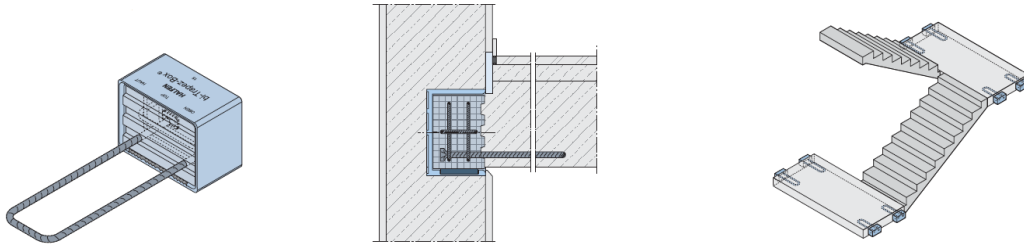


Obr. 8 Prvek HALFEN HBB-O<sup>[2]</sup>

HALFEN HBB-O snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 23$  dB.

### 2.3.1.7 HBB-T

Prefabrikovaný nosný prvek HBB HALFEN na jedné straně urychluje výstavbu, na druhé straně se díky třmínkům vyznačuje velmi jednoduchou manipulací.

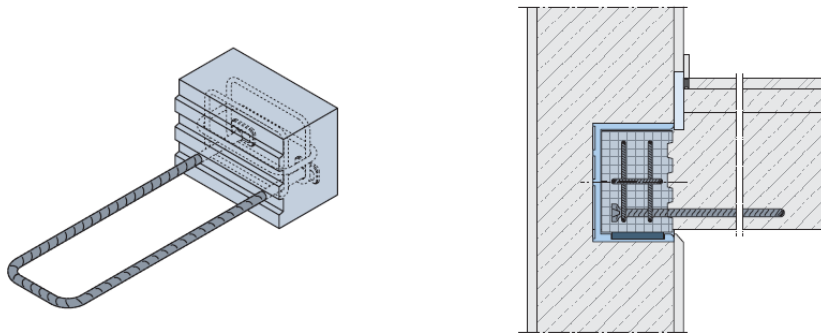


Obr. 9 Prvek HALFEN HBB-T [2]

HALFEN HBB-T snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 23$  dB.

### 2.3.1.8 HBB – nosný prvek

Nosný prvek HBB je určen pro jednodušší montáž na stavbě. Je vytvořen zabetonováním armokoše do betonu. Na stavbě se osadí do připravené krabice. Tímto odpadá problém s hutněním betonu v izolační krabici. Armokoš je zapotřebí správně provázat s nosnou výztuží desky podle pokynů výrobce.

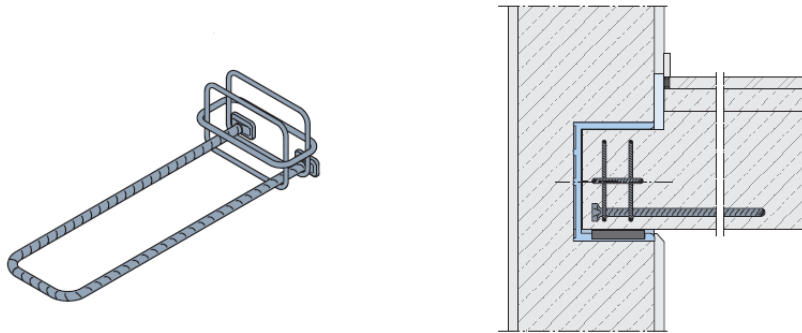


Obr. 10 HALFEN HBB – nosný prvek [2]

Nosný prvek HBB je jen dílčí prvek systémového řešení a musí být osazen do izolační krabice, aby došlo ke snížení kročejového hluku o hodnotu, kterou má krabice.

### 2.3.1.9 HBB – výztužný koš

Výztužný koš je určen pro monolitickou konstrukční variantu. Použitím toho prvku odpadá vázání výztuže pro izolační krabice. Nosnou výztuž armokoše je potřeba správně provázat s nosnou výztuží desek.



Obr. 11 HALFEN HBB – výztužný koš [2]

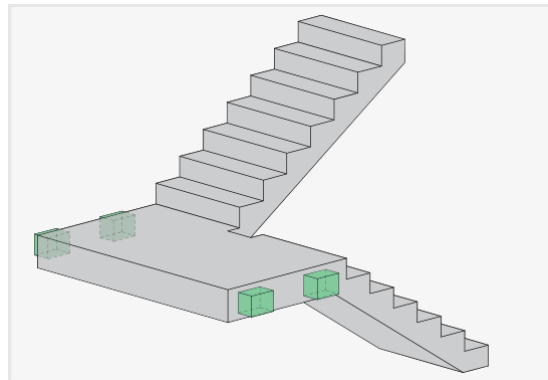
Nosný prvek HBB je jen dílčí prvek systémového řešení a musí být osazen do izolační krabice, aby došlo ke snížení kročejového hluku o hodnotu, kterou má krabice.

### 2.3.2 Produkty firmy Jordahl & Pfeifer

Firma Jordahl & Pfeifer opět vyrábí mnoho výrobků pro betonové konstrukce, jako jsou např. utěšňovací technika, prvky tepelné izolace, bednění a prvky pro montáž prefabrikátů. Tento výrobce prodává výrobky k odhlučnění schodiště. Pod názvem H-Bau je vyráběno několik typů výrobků pro různé zabudování v konstrukci.

#### 2.3.2.1 ISOBOX® TSB-F

Tato izolační krabice se používá pro prefabrikovaná konstrukční řešení. Navlečením na vzniklý ozub podestových panelů je pružně odděluje od přiléhajících nosných stěn. Je to také hlavní prvek pro užití této krabice při monolitickém procesu výroby.

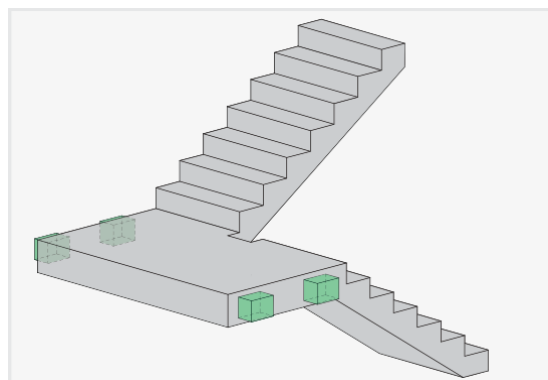


Obr. 12 ISOBOX® TSB-F<sup>[3]</sup>

ISOBOX® TSB-F snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w=23$  dB.

### 2.3.2.2 ISOBOX® TSB-M+B

Izolační krabice pro zabudování do monolitických nebo zděných stěn. Při montáži do zděných stěn zaručuje polystyrénová vynechávka tvarovou stálost boxu během vyzdívky. Při montáži do železobetonových stěn se vynechávka upevní na bednění speciálními hřebíky, potom se box nasadí na vynechávku.

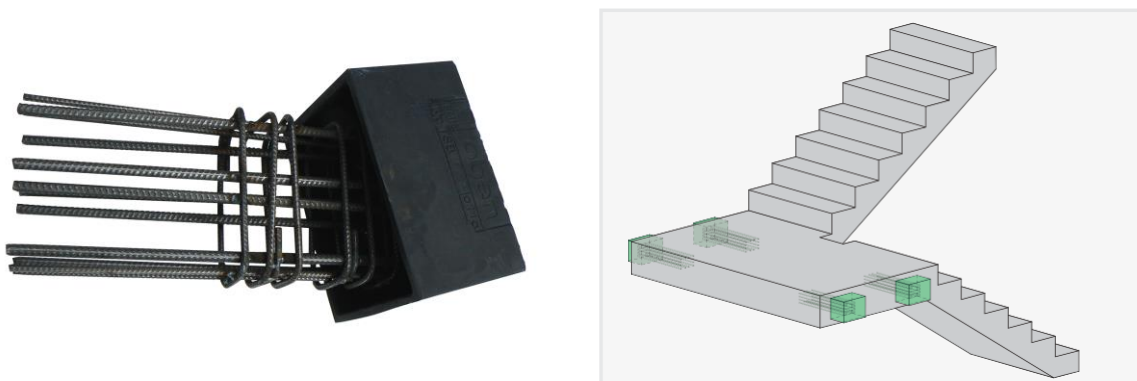


Obr. 13 ISOBOX® TSB-M+B<sup>[3]</sup>

ISOBOX® TSB-M+B snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w=23$  dB.

### 2.3.2.3 ISOBOX® TSB-T

Izolační krabice pro monolitické provedení schodiště doplněná o výztužný armokoš. Tento armokoš se osadí do izolační krabice a do bednění podesty. Na armokoš se musí navázat nosná výztuž podesty a poté se celý prvek zmonolitní betonem.

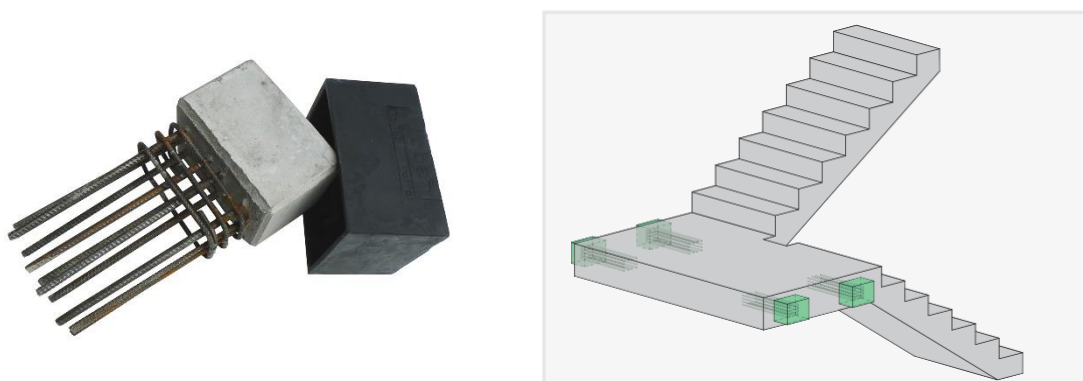


Obr. 14 ISOBOX® TSB-T<sup>[3]</sup>

ISOBOX® TSB-T snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 23$  dB.

### 2.3.2.4 ISOBOX® TSB-BT

Izolační krabice pro monolitické konstrukční řešení doplněná o výztuž se zabetonováním koncem. Zabetonovaný konec se osadí do izolační krabice a vyčnívající výztuž se osadí do bednění, na které se naváže nosná výztuž podestových desek

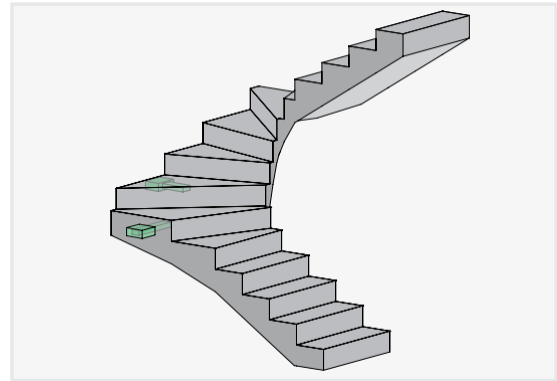
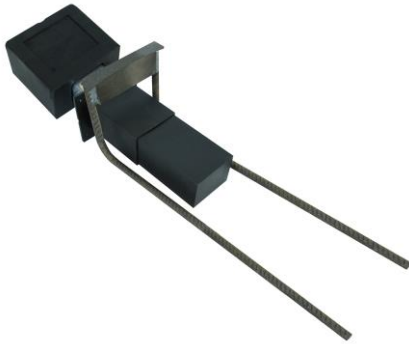


Obr. 15 ISOBOX® TSB-BT<sup>[3]</sup>

ISOBOX® TSB-BT snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 23$  dB.

### 2.3.2.5 ISODORN HQW

ISODORN typ HQW je speciální prvek pro odhlučnění točitých schodišťových ramen. Zabraňuje šíření vibrací do přilehlé nosné zdi. Je navrhnut pro monolitické provedení schodišťového ramene.

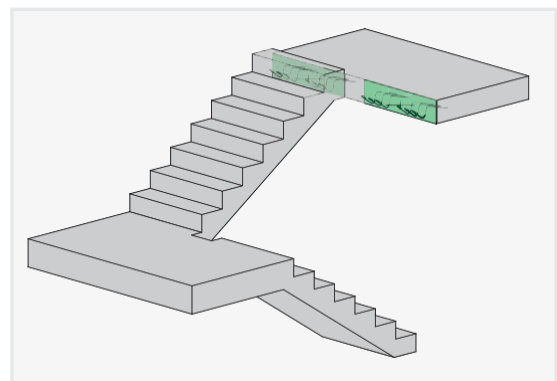
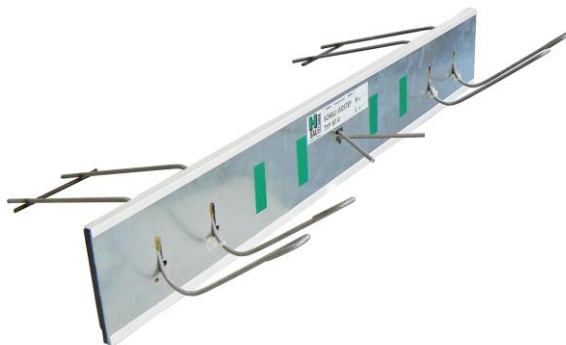


Obr. 16 ISODORN HQW [3]

ISODORN HQW snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 23$  dB.

### 2.3.2.6 ISOSTEP® HT-V

Tento prvek je zabudován ve schodišťovém rameni a pružně odděluje schodišťové rameno od podesty, mezipodesty a přilehlých stěn. Je určen jak pro prefabrikovaná schodišťová ramena, ale také pro monolitické provedení schodiště, kde se osadí přímo do bednění schodiště.

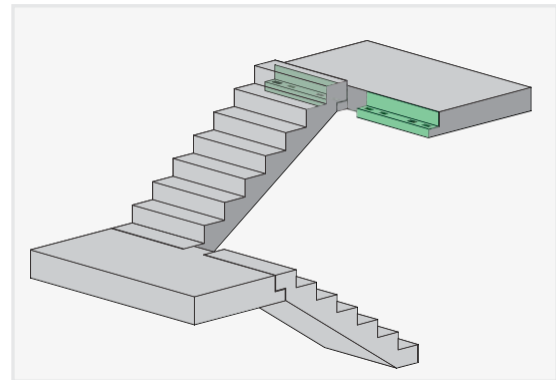


Obr. 17 ISOSTEP® HT-V [3]

ISOSTEP® HT-V snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 16$  dB.

### 2.3.2.7 ISOTRITT® Z

Tento produkt je určen pro prefabrikované konstrukční řešení schodišťového ramene a odděluje jej od podesty a mezipodesty. Je osazen na ozubu těchto podporujících desek.

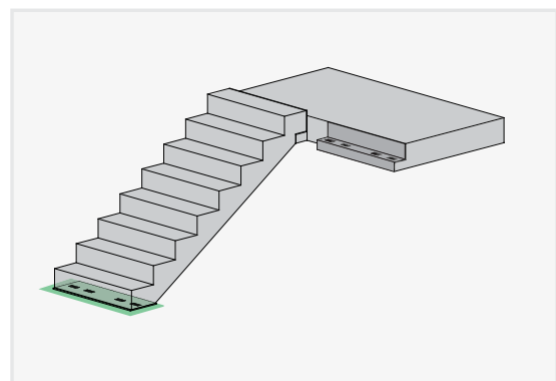


Obr. 18 ISOTRITT® Z<sup>[3]</sup>

ISOTRITT® Z snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 28$  dB.

### 2.3.2.8 ISOTRITT® ZB

ISOTRITT typ ZB se osazuje pod první schodišťové rameno prefabrikovaného systému na základovou desku a pružně jej odděluje od podporující vodorovné konstrukce.



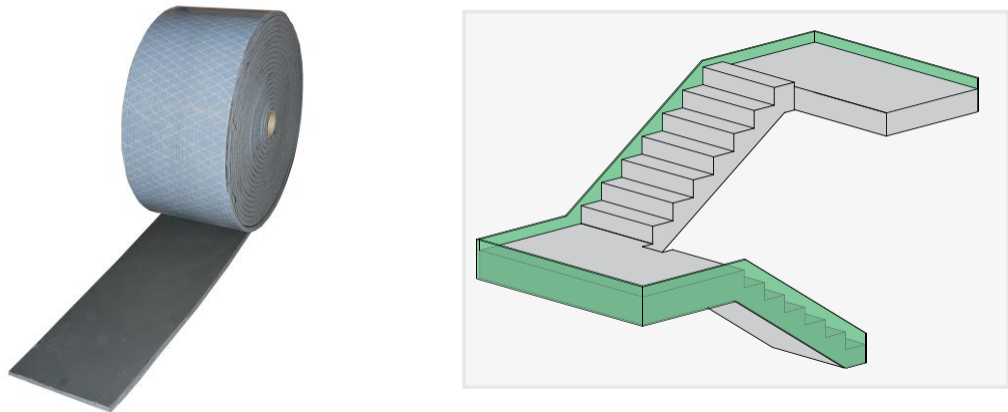
Obr. 19 ISOTRITT® ZB<sup>[3]</sup>

ISOTRITT® ZB snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 28$  dB.



### 2.3.2.9 Spárová izolační páska TSP

Izolační páska typ TSP je doplňující prvek pro všechny výše uvedené produkty. Zabraňuje vzniku akustických mostů mezi konstrukcemi schodiště a přílehlými nosnými konstrukcemi. Užití tohoto prvku je nezbytné pro vytvoření dokonalé izolace proti kročejovému hluku.



Obr. 20 Spárová izolační páska TSP<sup>[3]</sup>

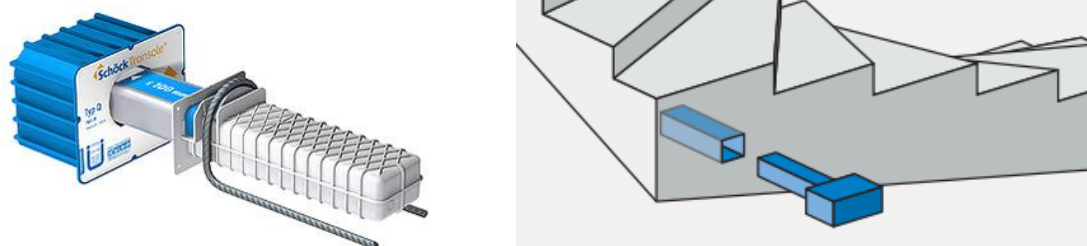
U tohoto produktu výrobce neuvádí hodnotu snížení kročejového hluku na schodišti  $\Delta L_w$ .

### 2.3.3 Produkty firmy Schöck Wittek s.r.o.

Firma Schöck Wittek s.r.o. zhotovuje akustické izolace schodiště. Pod obchodním názvem Schöck Tronsole<sup>®</sup> je vyráběno několik typů výrobků pro různé zabudování v konstrukci.

### 2.3.3.1 Schöck Tronsole® typ Q

Slouží jako bodové podepření zajišťující přerušování akustického mostu mezi točícím schodišťovým ramenem, či mezipodestou a schodišťovou stěnou. Schodišťové rameno, či mezipodesta mohou být provedeny jako monolit nebo jako plně prefabrikovaný prvek. Schodišťová stěna může být ze železobetonu nebo zděná.

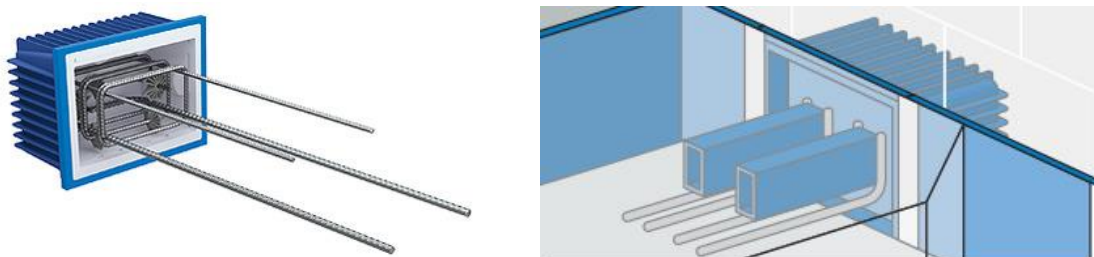


Obr. 21 Schöck Tronsole® typ Q<sup>[4]</sup>

Schöck Tronsole® typ Q snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w=34$  dB

### 2.3.3.2 Schöck Tronsole® typ Z

Slouží k přerušování akustických mostů mezi schodišťovým ramenem a podestou. Schodišťové rameno může být z monolitického betonu nebo plně prefabrikované. Podesta může být provedena jako monolit nebo poloprefabrikát dobetonovaný na stavbě.

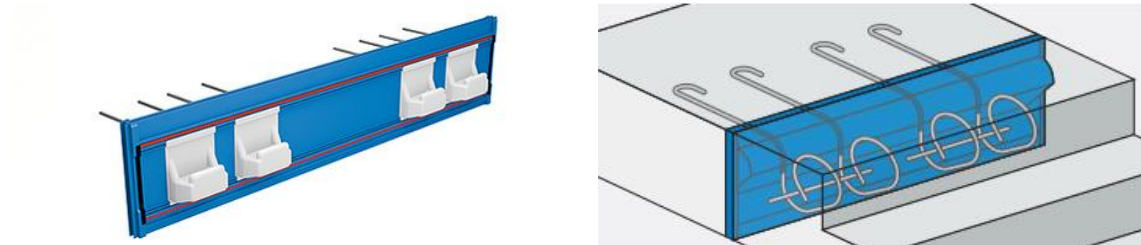


Obr. 22 Schöck Tronsole® typ Z<sup>[4]</sup>

Schöck Tronsole® typ Z snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w=38$  dB

### 2.3.3.3 Schöck Tronsole® typ T

Slouží k přerušení akustických mostů mezi schodišťovým ramenem a podestou. Schodišťové rameno může být z monolitického betonu nebo plně prefabrikované. Podesta může být provedena jako monolit nebo poloprefabrikát dobetonovaný na stavbě.

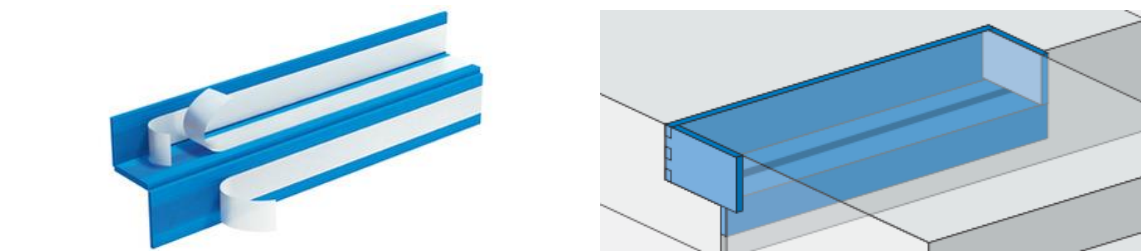


Obr. 23 Schöck Tronsole® typ T <sup>[4]</sup>

Schöck Tronsole® typ T snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w=37$  dB

### 2.3.3.4 Schöck Tronsole® typ F

Slouží k přerušení akustických mostů mezi prefabrikovaným schodišťovým ramenem a podestou s betonovým ozubem. Podesta může být provedena jako monolit, poloprefabrikát dobetonovaný na stavbě nebo plně prefabrikovaný prvek.

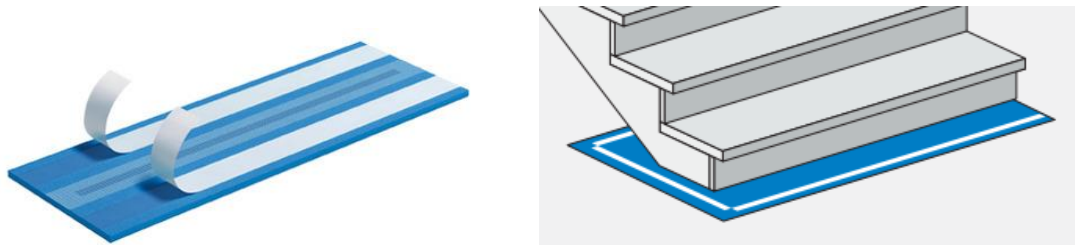


Obr. 24 Schöck Tronsole® typ F <sup>[4]</sup>

Schöck Tronsole® typ F snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w=34$  dB

### 2.3.3.5 Schöck Tronsole® typ B

Slouží k přerušení akustických mostů mezi schodišťovým ramenem a základovou deskou. Schodišťové rameno může být provedeno jako monolit nebo prefabrikovaný prvek.

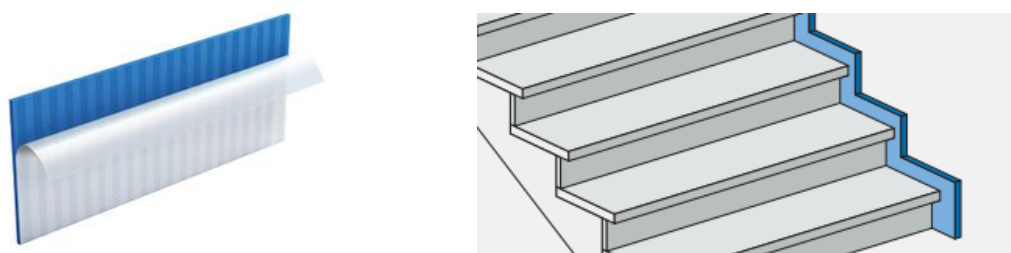


Obr. 25 Schöck Tronsole® typ B<sup>[4]</sup>

Schöck Tronsole® typ B snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w=34$  dB

### 2.3.3.6 Schöck Tronsole® typ L (spárová deska)

Slouží jako výplň spár mezi schodišťovým ramenem resp. podestou a schodišťovou stěnou zabraňující vzniku akustických mostů. Tyto prvky lze použít u monolitických i prefabrikovaných konstrukcí. Spárové desky Tronsole® typ L jsou k dispozici také jako balík protihlukové ochrany.



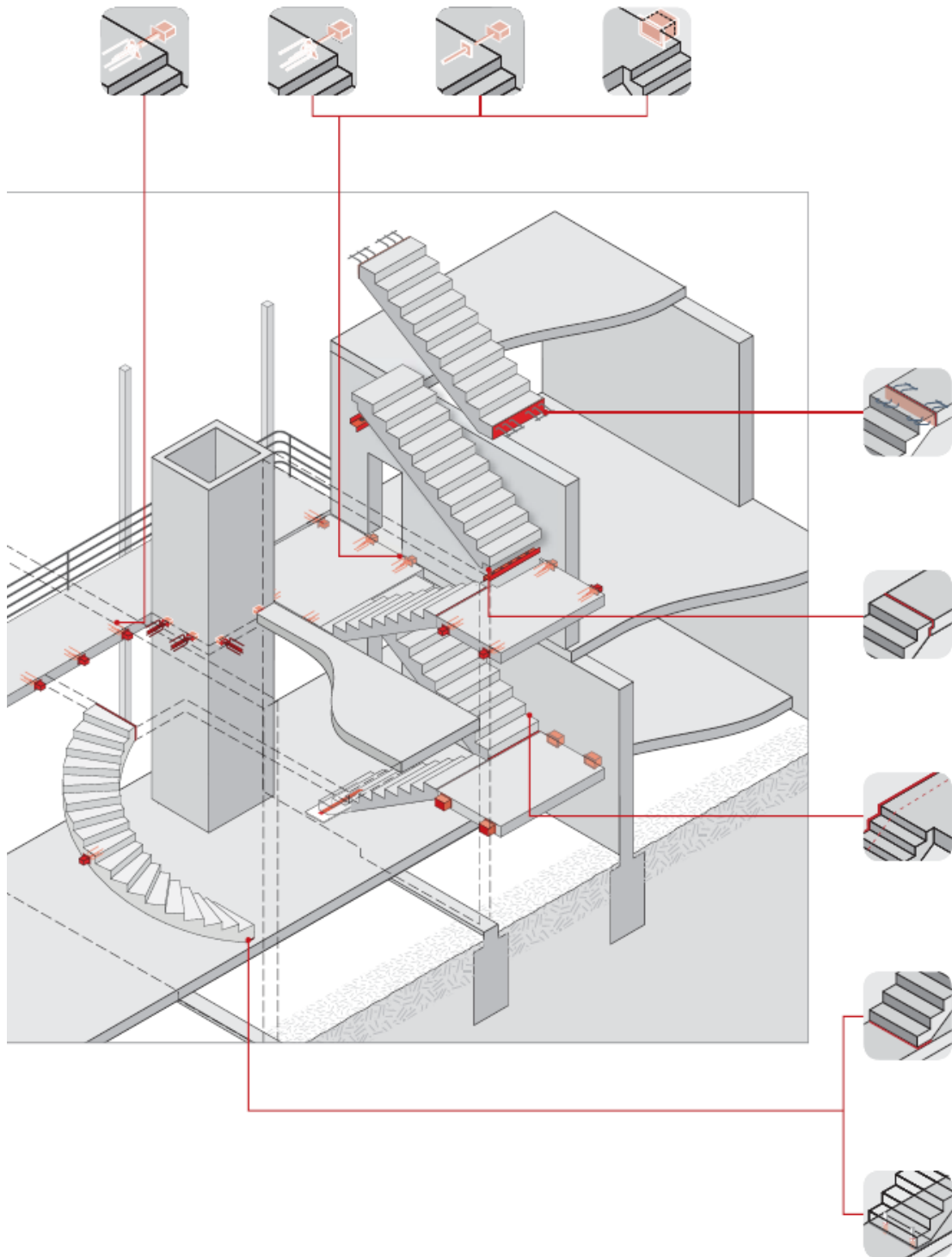
Obr. 26 Schöck Tronsole® typ L<sup>[4]</sup>

U tohoto produktu výrobce neuvádí hodnotu snížení kročejového hluku na schodišti  $\Delta L_w$ .

### 2.3.4 Produkty firmy Max Frank

Firma Max Frank vyrábí veliké množství prvků pro betonové konstrukce, např. bednicí prvky, distanční podložky, prvky pro omezení teplených mostů předsazených konstrukcí, ale také prvky sloužící pro akustickou izolaci stavby. Zhotovuje i systémové prvky pro odhlučnění schodišť.

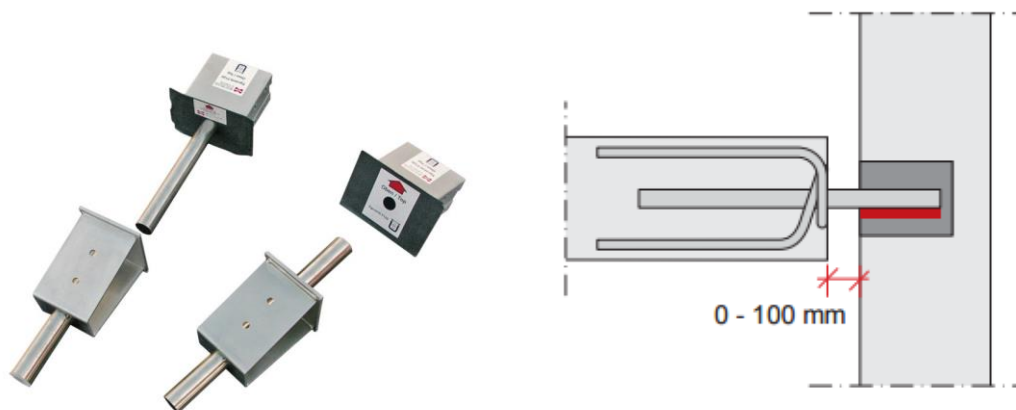
Na níže uvedeném obrázku výrobce ukazuje možnosti použití své produkce.



Obr. 27 Možnosti použití prvků akustické izolace firmy Max Frank<sup>[5]</sup>

### 2.3.4.1 Egcotritt

Smykový trh Egcotritt se používá jak u přímých, tak i u zakřivených schodišťových ramen. Tento prvek se dá použít také pro omezení tepelných mostů u balkonů. Ve schodištích se uplatní při monolitickém procesu výroby, osazením na stavbě do bednění, je také určen pro prefabrikovaná schodišťová ramena. Při montáži se trh osadí do ramene a dále se vloží do připraveného pouzdra umístěného v podporující nosné konstrukci.

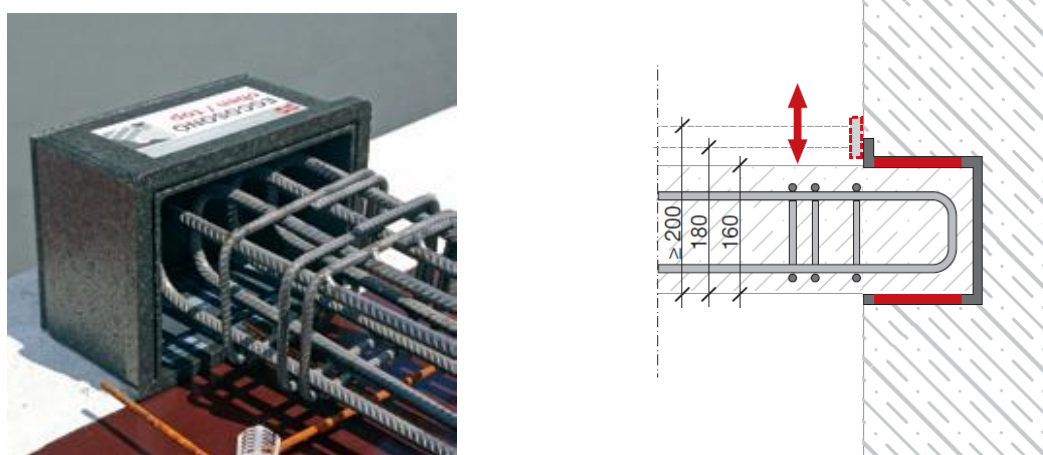


Obr. 28 Smykový trh Egcotritt<sup>[5]</sup>

Egcotritt snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 34$  dB.

### 2.3.4.2 Egcosono

Prvek Egcosono se skládá z výztužného armokoše a izolačního boxu. Tento prvek je určen jedině pro monolitickou technologii provádění schodišťové konstrukce. Je zapotřebí správně provázat výztuž armokoše s nosnou výztuží deskové konstrukce.

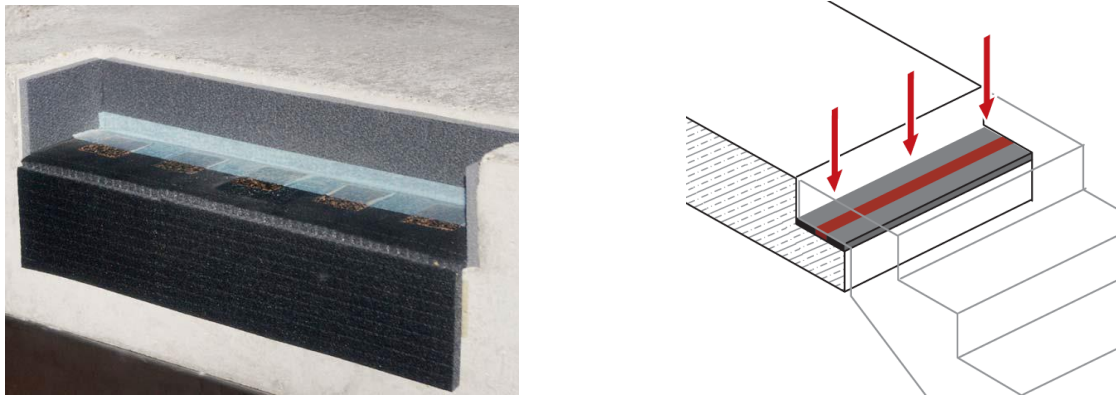


Obr. 29 Egcosono<sup>[5]</sup>

Egcosono snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 27$  dB.

### 2.3.4.3 Egcoscal S

Schodišťové ložisko Egcoscal S je určen pro prefabrikovaná schodišťová ramena. Osazuje se na stavbě na vzniklý ozub podesty a mezipodesty. Odděluje tím schodišťové rameno od vodorovné nosné konstrukce.

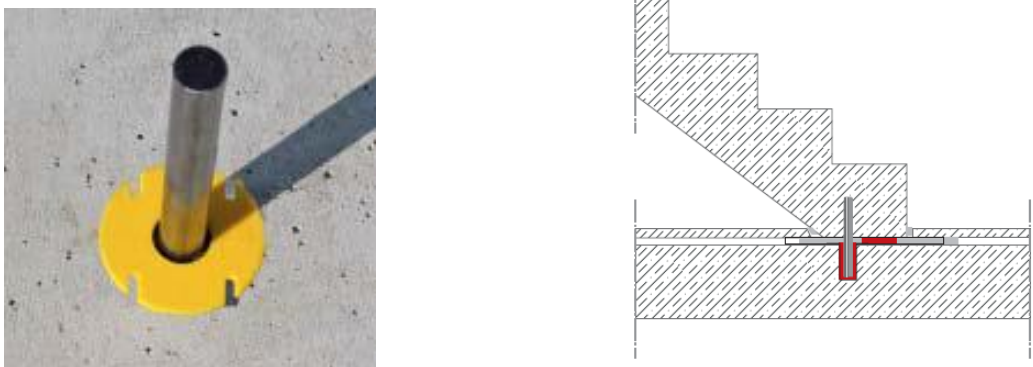


Obr. 30 Egcoscal S<sup>[5]</sup>

Egcoscal S snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 31$  dB.

### 2.3.4.4 Egcoscal TD

Zajišťovací trn schodišťového ramene Egcoscal TD se používá k zabezpečení prvního schodišťového ramene a je zabudován do základové desky. Takovým napojením na vodorovnou nosnou konstrukci zabráňuje šíření vibrací do dalších konstrukcí a ke všemu zajišťuje konstruktivní polohu schodišťového prvku.

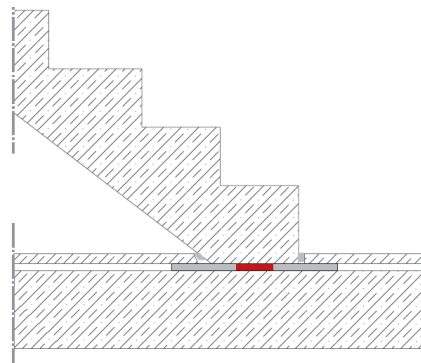
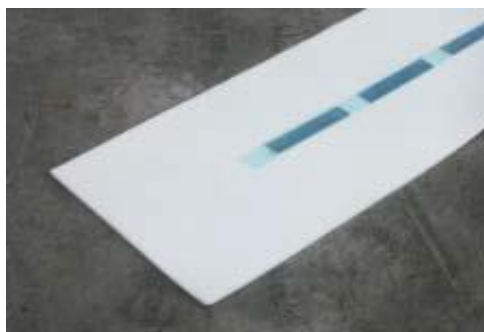


Obr. 31 Egcoscal TD<sup>[5]</sup>

Egcoscal TD snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 31$  dB.

### 2.3.4.5 Egcoscal F

Schodišťové ložisko Egcoscal F se osazuje pod první schodišťové rameno na základovou desku a tím odděluje jej od podporující vodorovné konstrukce.

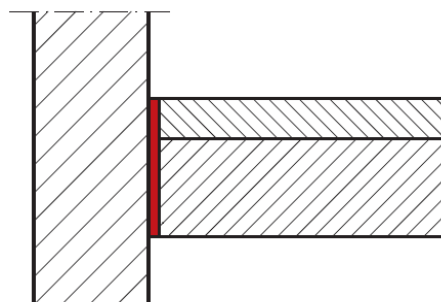


Obr. 32 Egcoscal F<sup>[5]</sup>

U tohoto produktu výrobce neuvádí hodnotu snížení kročejového hluku na schodišti  $\Delta L_w$ .

### 2.3.4.6 Egcoscal FDPL (distanční deska)

Distanční deska Egcoscal FDPL je doplňující prvek akustické izolace pro všechny zmíněné produkty firmy Frank. Zabraňuje vzniku akustických mostů mezi konstrukcemi schodiště a přilehlými nosnými konstrukcemi. Užití tohoto prvku je nezbytné pro vytvoření dokonalé izolace proti kročejovému hluku.



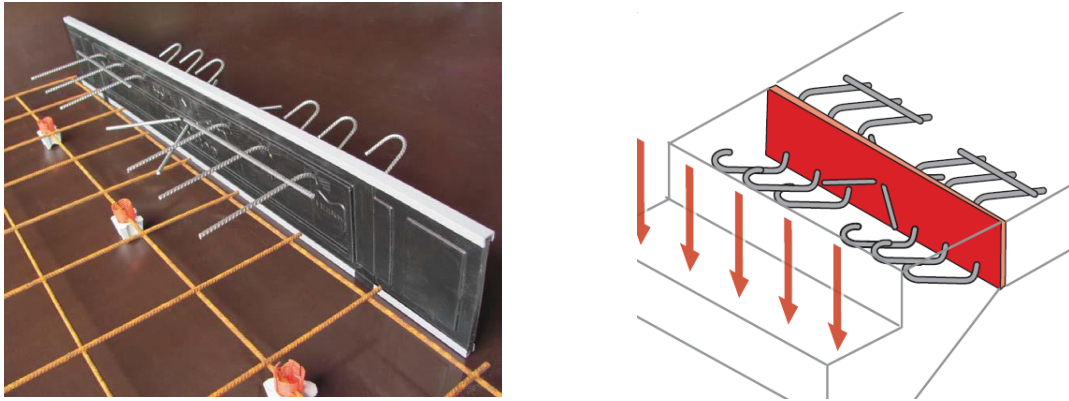
Obr. 33 Egcoscal FDPL<sup>[5]</sup>

U tohoto produktu výrobce neuvádí hodnotu snížení kročejového hluku na schodišti  $\Delta L_w$ .



### 2.3.4.7 Egcostep

Smyková lišta Egcostep odděluje schodišťové rameno od schodišťové podesty. Používá se jak u prefabrikátu, tak i u monolitických provedení osazením přímo na stavbě do bednění.



Obr. 34 Egcostep<sup>[5]</sup>

Egcostep snižuje kročejový hluk na schodišti o hodnotu max.  $\Delta L_w = 14$  dB.

## 2.4 Doplnující informace pro kročejovou izolaci schodiště

Ochrana proti kročejovému hluku se skládá z kombinací několika produktů. Především nosného prvku, který je uložen na podporující svislé nosné konstrukci. Dále spárové izolační desky, která odděluje po obvodu nosnou konstrukci od přilehajících svislých nosných konstrukcí. K zajištění správné funkce těchto vyjmenovaných produktů je potřeba dodržet několik zásad.

U většiny výrobků je potřeba provést na podestách správně provedenou plovoucí podlahou, se správně zvolenou skladbou, tak aby nevznikaly akustické mosty. Při použití izolačních boxů a krabic, se nemusí provést plovoucí podlaha, protože izolační páska zajistí pružné oddělení podesty od svislé nosné konstrukce. Stačí provést pouze nášlapnou vrstvu, která musí být pružně oddělena od přilehlé svislé nosné konstrukce.

# 3. VARIANTY NÁVRHU SCHODIŠTĚ BYTOVÉHO DOMU

## 3.1 Návrh geometrie schodiště

### 3.1.1 Popis zadaného schodišťového prostoru

- Rozměry pole 4800x2750 mm
- Konstrukční výška podlaží  $h_k = 2930$  mm
- Tloušťka stropní desky  $h_d = 180$  mm
- Skladba podlahy uvažována  $h_p = 130$  mm
- Skladba podlahy stupňů uvažována  $h_s = 20$  mm

### 3.1.2 Návrh rozměrů schodiště

- Ideálně chceme výšku stupně 165 mm
- $2930 / 165 = 17,76 \Rightarrow 18$  stupňů (2 ramena po 9 stupních)
- Výška stupně  $h = 2930 / 18 = 163$  mm
- Šířka stupně  $b = 630 - 2h = 304$  mm  $\Rightarrow 300$  mm

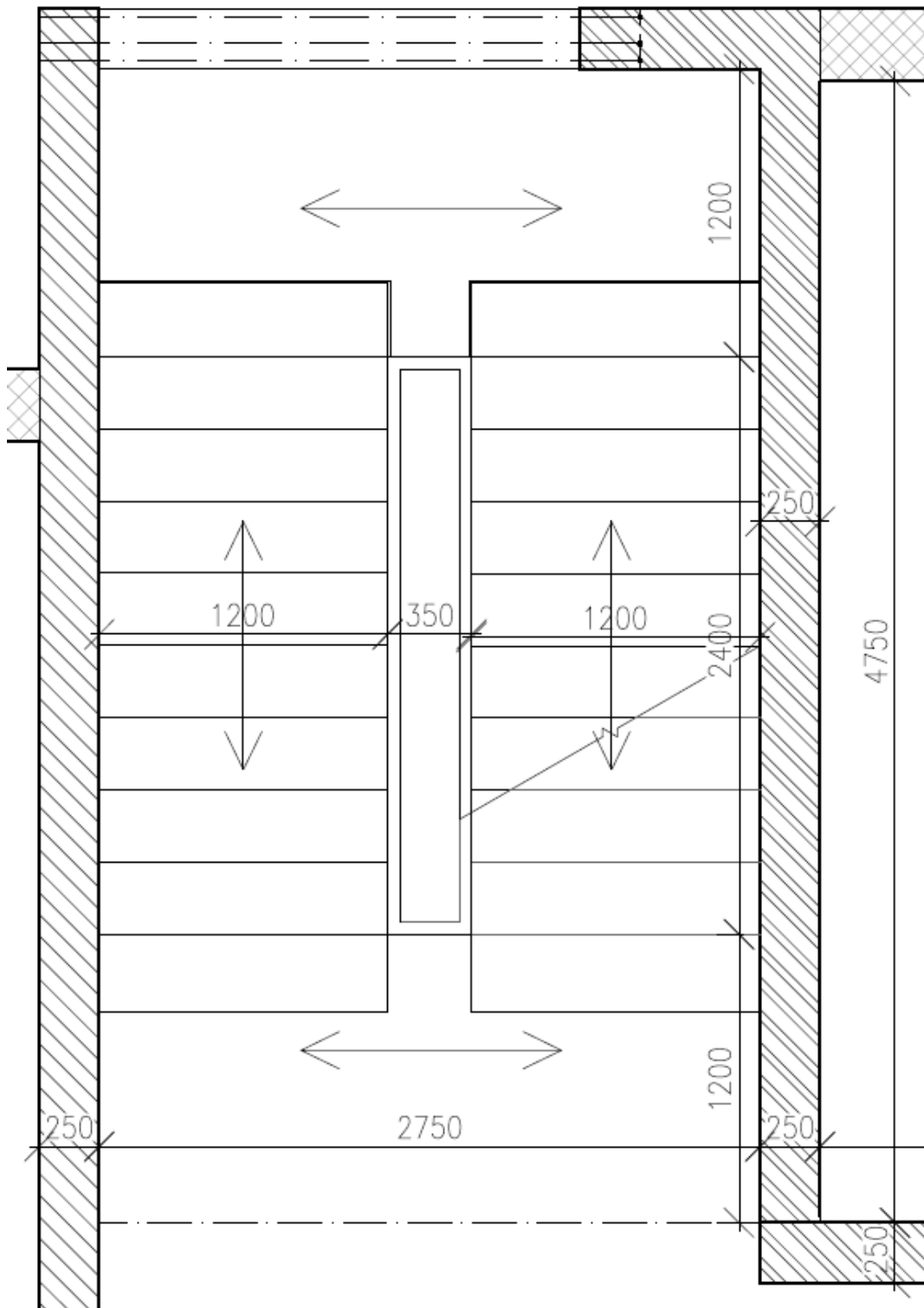
**NÁVRH: Dvouramenné deskové schodiště se stupni 163/300 mm, 9 stupňů v každém rameni**

- Šířku ramene volíme 1200 mm
- Šířku zrcátka volíme 350 mm
- Šířku podesty volíme 1200 mm
- Šířku mezipodesty volíme 1200 mm
- Šířka schodiště je tedy  $1200 * 2 + 350 = 2750$  mm
- Sklon schodiště je  $\alpha = \arctan(163/300) = 28,52^\circ$

### 3.1.3 Kontrola tloušťky desek

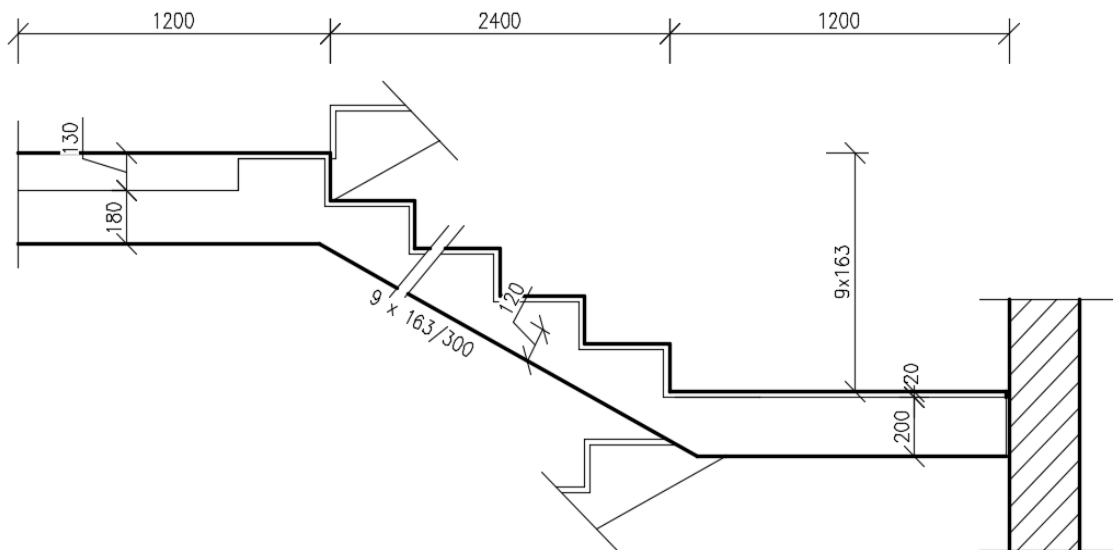
- Podesta je jednosměrně pnutá deska na rozpon 3000 mm (2750mm + uložení 2x125mm)  $\Rightarrow$  tloušťka min.  $3000/25 = 120$  mm  $\Rightarrow$  Podesta bude provedena ve stejné tloušťce jako stropní deska (180 mm).
- Schodišťové rameno působí jako jednosměrně pnutá deska na rozpon 3035 mm  $\Rightarrow$  tloušťka min.  $2400/25 = 96$  mm. Z detailu vyjde tloušťka 120 mm, což je vyhovující hodnota.

### 3.1.4 Schéma schodiště



Obr. 35 Schéma schodiště<sup>[6]</sup>

### 3.1.5 Tvar schodiště



Obr. 36 Tvar schodiště<sup>[6]</sup>

### 3.1.6 Kontrola podchodné a průchodné výšky

- Podchodná výška schodiště musí být vyšší než  $1500 + 750/\cos\alpha = 1500 + 750/\cos(28,52^\circ) = 2333,2$  mm a zároveň vyšší než 2100 mm.
- Podchodná výška schodiště je  $h_1 = h_k - h_d - h_p - h = 2930 - 180 - 200 - 163 = 2713$  mm, což je vyhovující hodnota.
- Průchodná výška schodiště musí být vyšší než  $750 + 1500 \cdot \cos\alpha = 750 + 1500 \cdot \cos(28,52^\circ) = 2067,9$  mm a zároveň vyšší než 1900 mm.
- Průchodná výška schodiště je  $h_2 = h_1 \cos\alpha = 2713 \cdot \cos(28,52^\circ) = 2383,8$  mm, což je vyhovující hodnota.

## 3.2 VARIANTA č. 1 – Prefabrikované konstrukční řešení

### 3.2.1 Základní popis

Schodišťový prostor je vytvořen z prefabrikovaných schodišťových ramen tloušťky 120 mm a prefabrikovaných panelů podesty tloušťky 200mm a mezipodesty tloušťky 180 mm.

Pro omezení šíření kročejového hluku byl použit prvek Schöck Tronsole typ F, který se osadí před montáží ramen na ozub podestových desek. Na obvodovou stranu schodišťového ramene přilehající ke zdi bude nalepená spárová deska firmy HALFEN typ HTPL.

### 3.2.2 Materiálové charakteristiky

$$\text{Beton: C25/30} \quad E_{cm} = 31\text{GPa} \quad f_{ck} = 25\text{MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16,667\text{MPa}$$

$$f_{ck} = 25\text{MPa} \quad f_{ctm} = 2,6\text{MPa}$$

$$\text{Ocel: B500B} \quad E_s = 210\text{GPa} \quad f_{yk} = 500\text{MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{500}{1.5} = 434,783\text{MPa}$$

### 3.2.3 Výpočet zatížení schodišťového ramene

$q=3\text{kN/m}^2$  – užitné zatížení (podle EN 1991-1-1)

$q_1=0,74\text{kN/m}^2$  – povrchová úprava schodiště

$g_1=2,0375\text{kN/m}^2$  – stupně výšky 163mm → náhradní vrstva betonu tl.  $163/2=81,5$  mm  
→  $81,5 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 2,0375\text{kN/m}^2$

$g_2=3,414\text{kN/m}^2$  – ŽB deska kolmé tloušťky 120 mm ve sklonu  $28,52^\circ$  → svislá tl.

$$\frac{120}{\cos(28,52^\circ)} = 136,57\text{mm} \rightarrow 0,13657 \cdot 25 = 3,414\text{kN/m}^2$$

$$f_d = \gamma_G \cdot \sum g_i + \gamma_Q \cdot q = 1,35 \cdot (0,74 + 2,0375 + 3,414) + 1,5 \cdot 3 = 12,86\text{kN/m}^2 \quad (3.2.1)$$

Pro zjednodušení výpočtu všechny parametry (zatížení, vnitřní síly, množství výztuže) jsou vztahovány na celou šířku prvku, což je 1,2m.

$$f_d' = 1,2 \cdot f_d = 1,2 \cdot 12,86 = 15,43\text{kN/m} \quad (3.2.2)$$

### 3.2.4 Návrh a výpočet výztuže schodišťového ramene

- výpočet návrhového ohybového momentu:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f_d \cdot L_R^2 = \frac{1}{8} \cdot 15,43 \cdot 2,925^2 = 16,5 \text{ kNm} \quad (3.2.3)$$

- účinná výška průřezu:

$$d_R = H_R - c - \varnothing/2 = 120 - 20 - 8/2 = 96 \text{ mm} \quad (3.2.4)$$

- minimální plocha výztuže:

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot B_R \cdot d_R; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot B_R \cdot d_R}{f_{yk}}\right) \quad (3.2.5)$$

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot 1200 \cdot 96; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 96}{500}\right) = 155,75 \text{ mm}^2$$

- návrh výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{16,5 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 96 \cdot 434,783} = 439,24 \text{ mm}^2 \quad (3.2.6)$$

→ návrh výztuže: **10 Ø8mm** ( $A_s = 502,65 \text{ mm}^2$ )

### 3.2.5 Návrh a výpočet výztuže ozubu schodišťového ramene

- návrh rozměrů ozubu:  $b_1 = 110 \text{ mm}$

$$h_1 = 95 \text{ mm}$$

- předpokládaná ohybová výztuž ozubu:  $\varphi_1 = 6 \text{ mm}$

- poloha reakce ramene:  $a_1 = \frac{b_1}{2} = \frac{110}{2} = 55 \text{ mm}$

- účinná výška průřezu ozubu:

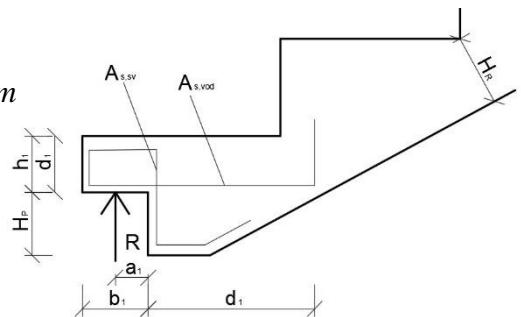
$$d_1 = h_1 - c - \varnothing/2 = 95 - 20 - 6/2 = 72 \text{ mm}$$

- reakce schodišťového ramene:

$$R_d = \frac{f_d \cdot L_R}{2} = \frac{15,43 \cdot 2,925}{2} = 22,566 \text{ kN} \quad (3.2.7)$$

- ohybový moment ozubu:

$$M_{Ed,1} = R_d \cdot (a_1 + d_1) = 22,566 \cdot (0,055 + 0,072) = 2,866 \text{ kNm} \quad (3.2.8)$$



Obr. 37 Výkres ozubu schod. ramene<sup>[6]</sup>

- návrh vodorovné ohybové výztuže:

$$A_{s,vod,req} = \frac{M_{Ed,1}}{z_1 \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed,1}}{0,9 \cdot d_1 \cdot f_{yd}} = \frac{2,866 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 72 \cdot 434,783} = 101,725 \text{mm}^2 \quad (3.2.9)$$

$$A_{s,vod,min} = \max\left(0,0013 \cdot b \cdot d_1; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d_1}{f_{yk}}\right) =$$

$$= \max\left(0,0013 \cdot 1200 \cdot 72; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 72}{500}\right) = 116,81 \text{mm}^2$$

→ návrh výztuže: **10 Ø6 mm** ( $A_{s,vod} = 282,74 \text{mm}^2$ )

- návrh svislé tahové výztuže:

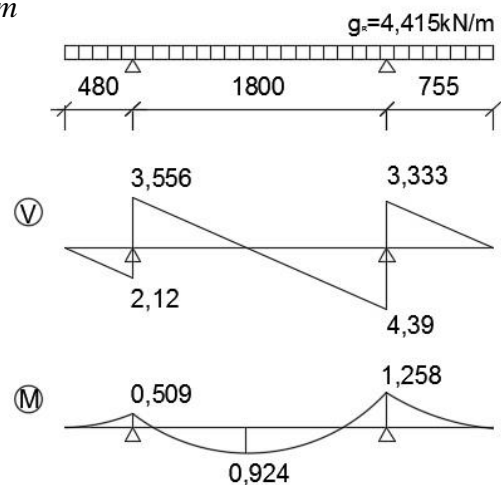
$$A_{s,sv,req} = \frac{R_d}{f_{yd}} = \frac{22,566 \cdot 10^3}{434,783} = 51,9 \text{mm}^2 \rightarrow \text{stačí kotvit výztuž z pole (10Ø8)} \quad (3.2.10)$$

### 3.2.6 Návrh transportní kotvy schodišťového ramene

Návrhové zatížení schodišťového ramene při zvedání (počítáno na polovinu šířky ramene)

$$g_{R,d} = (3,414 + 2,0375) \cdot 1,35 \cdot 1,2 \cdot \frac{1}{2} = 4,415 \text{kN/m}$$

Návrh transportní kotvy  
PFEIFER Typ DR 1.3



Není nutno provádět zesílení schodišťového prvku pro zvedání a manipulaci.

Obr. 38 Vnitřní síly na schod. ramene při zvedání<sup>[6]</sup>

### 3.2.7 Výpočet zatížení schodišťové podesty

$$g_{0,P,d} = \gamma_G \cdot H_P \cdot \gamma_{BETON} = 1,35 \cdot 0,2 \cdot 25 = 6,75 \text{kN/m}^2 \quad (3.2.11)$$

$$(g - g_0)_{P,d} = \gamma_G \cdot (g - g_0)_{P,k} = 1,35 \cdot (24 \cdot 0,02) = 0,648 \text{kN/m}^2 \quad (3.2.12)$$

$$q_{P,d} = \gamma_G \cdot q_{P,k} = 1,5 \cdot 3,0 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

(3.2.13)

$$(g + q)_{P,d} = g_{o,P,d} + (g - g_0)_{P,d} + q_{P,d} = 6,75 + 0,648 + 4,5 = 11,223 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2.14)$$

$$f_{d,A} = (g + q)_{P,d} \cdot b_A + f_{R,d} = (g + q)_{P,d} \cdot b_A + \frac{R_d}{L_p} = 11,223 \cdot 0,5 + \frac{22,566}{3,0} = 13,1335 \text{ kN/m}$$

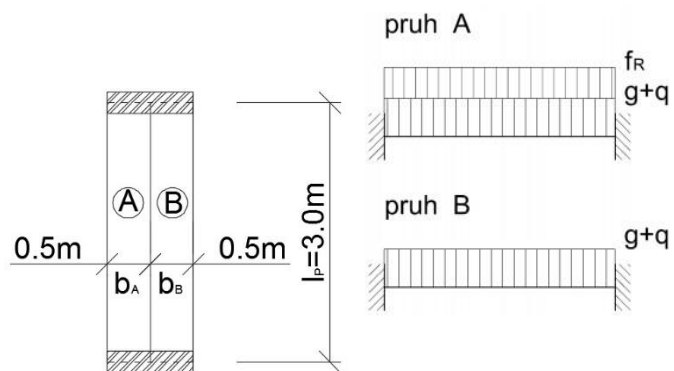
$$f_{d,B} = (g + q)_{P,d} \cdot b_B = 11,223 \cdot 0,5 = 5,6115 \text{ kN/m} \quad (3.2.15)$$

### 3.2.8 Návrh a výpočet výztuže schodišťové podesty:

- rozdělení podesty na 2 části:

$$b_A = \frac{1}{6} \cdot l_p = \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5 \text{ m}$$

$$b_B = b_p - \frac{1}{6} \cdot l_p = 1 - \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5 \text{ m}$$



Obr. 39 Tvar a zatížení podesty<sup>[6]</sup>

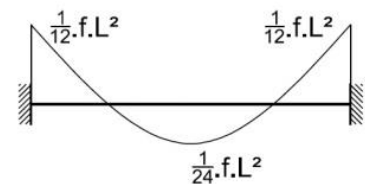
- výpočet návrhového ohybového momentu:

$$M_{Ed,podp,A} = \frac{1}{12} \cdot f_{d,A} \cdot L_p^2 = \frac{1}{12} \cdot 13,1335 \cdot 3,0^2 = 9,85 \text{ kNm} \quad (3.2.16)$$

$$M_{Ed,mezi,A} = \frac{1}{24} \cdot f_{d,A} \cdot L_p^2 = \frac{1}{24} \cdot 13,1335 \cdot 3,0^2 = 4,925 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,podp,B} = \frac{1}{12} \cdot f_{d,B} \cdot L_p^2 = \frac{1}{12} \cdot 5,6115 \cdot 3,0^2 = 4,208 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,mezi,B} = \frac{1}{24} \cdot f_{d,B} \cdot L_p^2 = \frac{1}{24} \cdot 5,6115 \cdot 3,0^2 = 2,104 \text{ kNm}$$



Obr. 40 Ohybový moment<sup>[6]</sup>

- účinná výška průřezu:

$$d_p = H_p - c - 1,5 \varnothing = 200 - 20 - 1,5 \cdot 10 = 150 \text{ mm} \quad (3.2.17)$$

- minimální plocha výztuže:

$$A_{s,\min} = \max \left( 0,0013 \cdot b \cdot d_p ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d_p}{f_{yk}} \right) \quad (3.2.18)$$



$$A_{s,\min,A} = \max\left(0,0013 \cdot 500 \cdot 150; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 500 \cdot 150}{500}\right) = 101,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min,B} = \max\left(0,0013 \cdot 500 \cdot 150; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 500 \cdot 150}{500}\right) = 101,4 \text{ mm}^2$$

- požadovaná plocha výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{z_p \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d_p \cdot f_{yd}} \quad (3.2.19)$$

$$A_{s,req,podp,A} = \frac{M_{Ed,podp,A}}{0,9 \cdot d_p \cdot f_{yd}} = \frac{9,85 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 150 \cdot 434,783} = 167,81 \text{ mm}^2$$

→ návrh výztuže: **3 Ø10 mm** ( $A_{s,sv} = 235,62 \text{ mm}^2$ )

$$A_{s,req,mezi,A} = \frac{M_{Ed,mezi,A}}{0,9 \cdot d_p \cdot f_{yd}} = \frac{4,925 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 150 \cdot 434,783} = 83,91 \text{ mm}^2$$

→ návrh výztuže: **3 Ø10 mm** ( $A_{s,sv} = 235,62 \text{ mm}^2$ )

$$A_{s,req,podp,B} = \frac{M_{Ed,podp,B}}{0,9 \cdot d_p \cdot f_{yd}} = \frac{4,208 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 150 \cdot 434,783} = 71,69 \text{ mm}^2$$

→ návrh výztuže: **3 Ø10 mm** ( $A_{s,sv} = 235,62 \text{ mm}^2$ )

$$A_{s,req,mezi,B} = \frac{M_{Ed,mezi,B}}{0,9 \cdot d_p \cdot f_{yd}} = \frac{2,104 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 150 \cdot 434,783} = 35,85 \text{ mm}^2$$

→ návrh výztuže: **3 Ø10 mm** ( $A_{s,sv} = 235,62 \text{ mm}^2$ )

### 3.2.9 Návrh a výpočet výztuže ozubu schodišťové podesty

- návrh rozměrů ozubu:  $b_1 = 110 \text{ mm}$

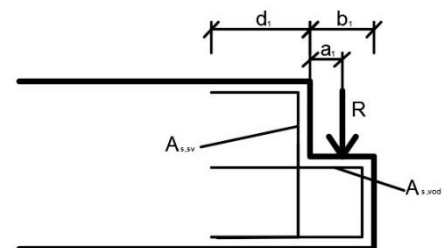
$$h_1 = 95 \text{ mm}$$

- předpokládaná ohybová výztuž ozubu:  $\phi_1 = 6 \text{ mm}$

- poloha reakce mezipodesty:  $a_1 = \frac{b_1}{2} = \frac{110}{2} = 55 \text{ mm}$

- účinná výška průřezu ozubu:

$$d_1 = h_1 - c - \phi_1/2 = 95 - 20 - 6/2 = 72 \text{ mm}$$



Obr. 41 Výkres ozubu podesty<sup>[6]</sup>

- reakce mezipodesty:

$$R_{m-p} = R_d = \frac{f_d \cdot L_R}{2} = \frac{15,43 \cdot 2,925}{2} = 22,566 \text{ kN} \quad (3.2.20)$$

- ohybový moment ozubu:

$$M_{Ed,1} = R_d \cdot (a_1 + d_1) = 22,566 \cdot (0,055 + 0,072) = 2,866 \text{ kNm} \quad (3.2.21)$$

- návrh ohybové výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed,1}}{z_1 \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed,1}}{0,9 \cdot d_1 \cdot f_{yd}} = \frac{2,866 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 72 \cdot 434,783} = 101,725 \text{ mm}^2 \quad (3.2.22)$$

$$A_{s,min} = \max \left( 0,0013 \cdot b \cdot d_1; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d_1}{f_{yk}} \right) = \quad (3.2.23)$$

$$= \max \left( 0,0013 \cdot 1200 \cdot 72; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 72}{500} \right) = 116,81 \text{ mm}^2$$

→ návrh výztuže: **10 Ø6 mm** ( $A_{s,vod} = 282,74 \text{ mm}^2$ )

### 3.2.10 Návrh transportní kotvy schodišťové podesty

Návrhové zatížení schodišťové podesty při zvedání (počítáno na polovinu šířky podesty)

$$g_{R,d} = 6,75 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot \frac{1}{2} = 4,56 \text{ kN/m}$$

Návrh transportní kotvy PFEIFER Typ DR 1.3

Není nutno provádět zesílení schodišťového prvku pro zvedání a manipulaci.

### **3.2.11 Výkresy stavební – VARIANTA č. 1**

- V Příloze 1

**3.2.12 Výkres tvaru a výztuže prefabrikovaného schodišťového ramene –  
VARIANTA č. 1**

- V Příloze 2

### **3.2.13 Výkres tvaru a výztuže prefabrikované podesty – VARIANTA č. 1**

- V Příloze 3

### 3.3 VARIANTA č. 2 - Monolitické konstrukční řešení

#### 3.3.1 Základní popis

Nosnou konstrukci schodišťového prostoru tvoří monolitická spojitá deska. Schodišťová ramena jsou podporována mezipodestou a podestou, uloženými ve zdi do izolačních boxů firmy SCHALL-ISOBOX typ TSB-M+B vyztužených armokošem. Tloušťka spojitě desky v místě schodišťových ramen je 120 mm, prostoru podesty je 180mm a mezipodesty je 200 mm.

Pro omezení šíření kročejového hluku na obvodovou stranu schodišťového ramene přilehající ke zdi bude nalepená spárová deska firmy HALFEN typ HTPL.

#### 3.3.2 Materiálové charakteristiky

$$\text{Beton: C25/30} \quad E_{cm} = 31\text{GPa} \quad f_{ck} = 25\text{MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16,667\text{MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,6\text{MPa} \quad f_{ctm} = 2,6\text{MPa}$$

$$\text{Ocel: B500B} \quad E_s = 210\text{GPa} \quad f_{yk} = 500\text{MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{500}{1.5} = 434,783\text{MPa}$$

#### 3.3.1 Výpočet zatížení schodišťového ramene

$q=3\text{kN/m}^2$  – užité zatížení (podle EN 1991-1-1)

$q_1=0,74\text{kN/m}^2$  – povrchová úprava schodiště

$g_1=2,0375\text{kN/m}^2$  – stupně výšky 163mm → náhradní vrstva betonu tl.  $163/2=81,5\text{ mm}$   
→  $81,5 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 2,0375\text{kN/m}^2$

$g_2=3,414\text{kN/m}^2$  – ŽB deska kolmé tloušťky 120 mm ve sklonu  $28,52^\circ$  → svislá tl.

$$\frac{120}{\cos(28,52^\circ)} = 136,57\text{mm} \rightarrow 0,13657 \cdot 25 = 3,414\text{kN/m}^2$$

$$f_d = \gamma_G \cdot \sum g_i + \gamma_Q \cdot q = 1,35 \cdot (0,74 + 2,0375 + 3,414) + 1,5 \cdot 3 = 12,86\text{kN/m}^2 \quad (3.3.1)$$

#### 3.3.2 Výpočet zatížení schodišťové podesty

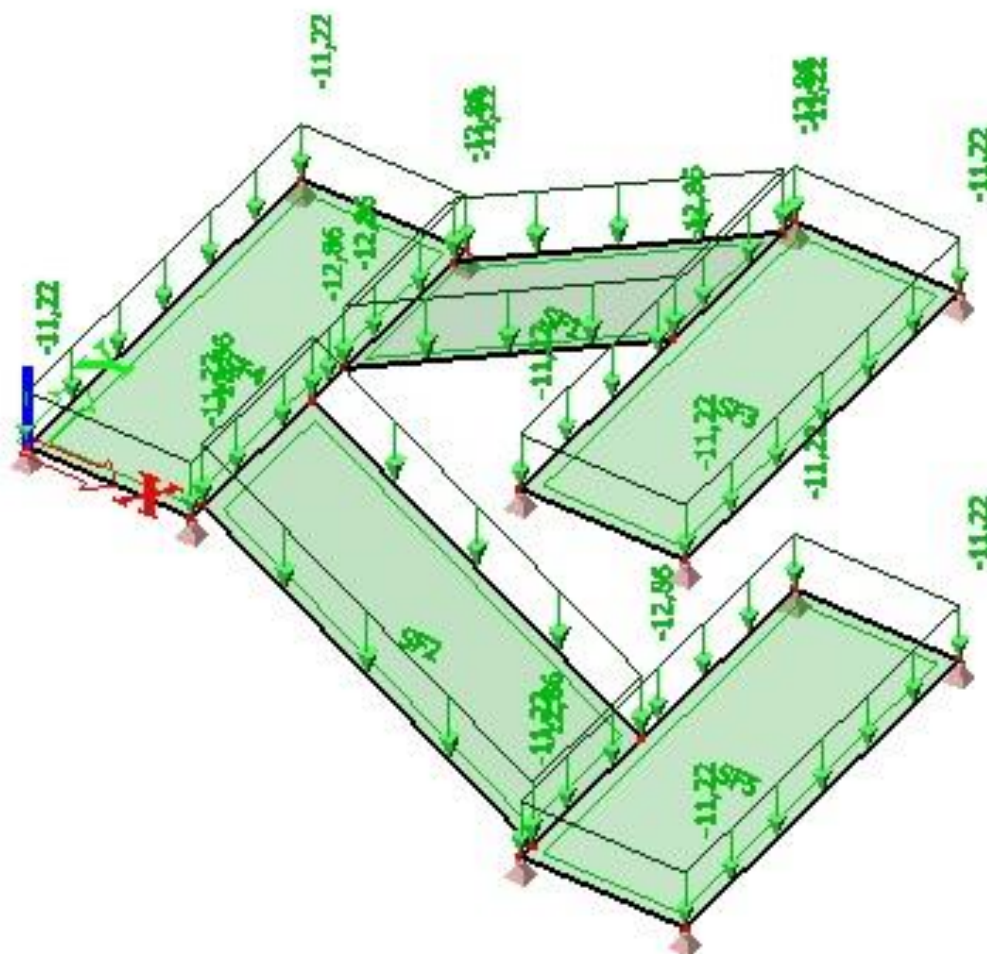
$$g_{o,p,d} = \gamma_G \cdot H_P \cdot \gamma_{\text{BETON}} = 1,35 \cdot 0,2 \cdot 25 = 6,75\text{kN/m}^2 \quad (3.3.2)$$

$$(g - g_0)_{p,d} = \gamma_G \cdot (g - g_0)_{p,k} = 1,35 \cdot (24 \cdot 0,02) = 0,648\text{kN/m}^2 \quad (3.3.3)$$

$$q_{p,d} = \gamma_G \cdot q_{p,k} = 1,5 \cdot 3,0 = 4,5\text{kN/m}^2 \quad (3.3.4)$$

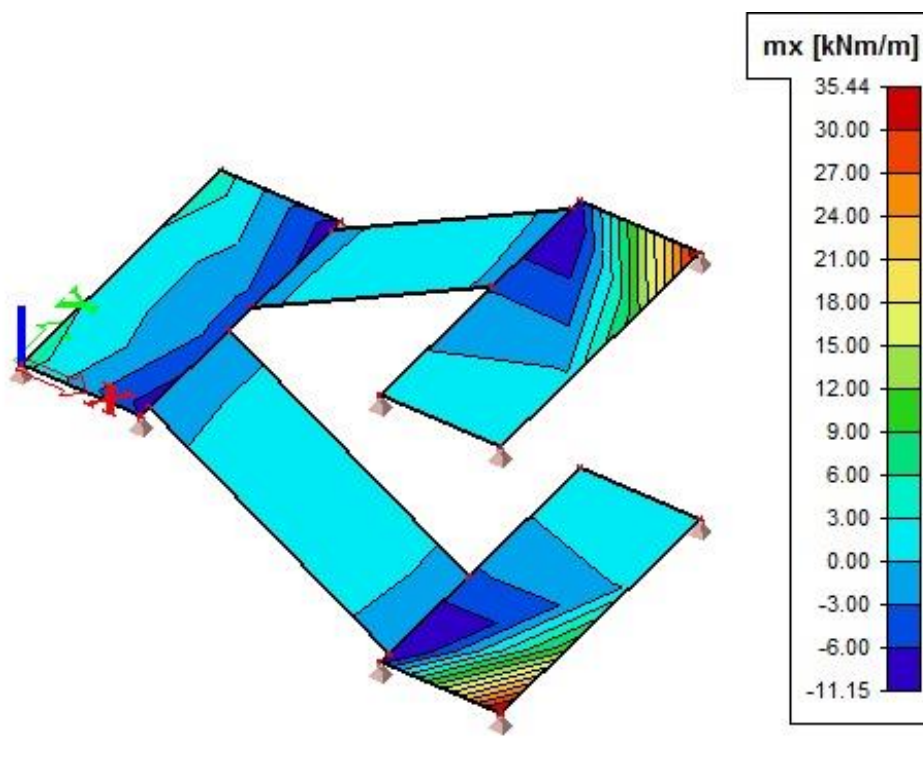
$$(g + q)_{p,d} = g_{o,p,d} + (g - g_0)_{p,d} + q_{p,d} = 6,75 + 0,648 + 4,5 = 11,223\text{kN/m}^2 \quad (3.3.5)$$

### 3.3.3 Schéma zatížení

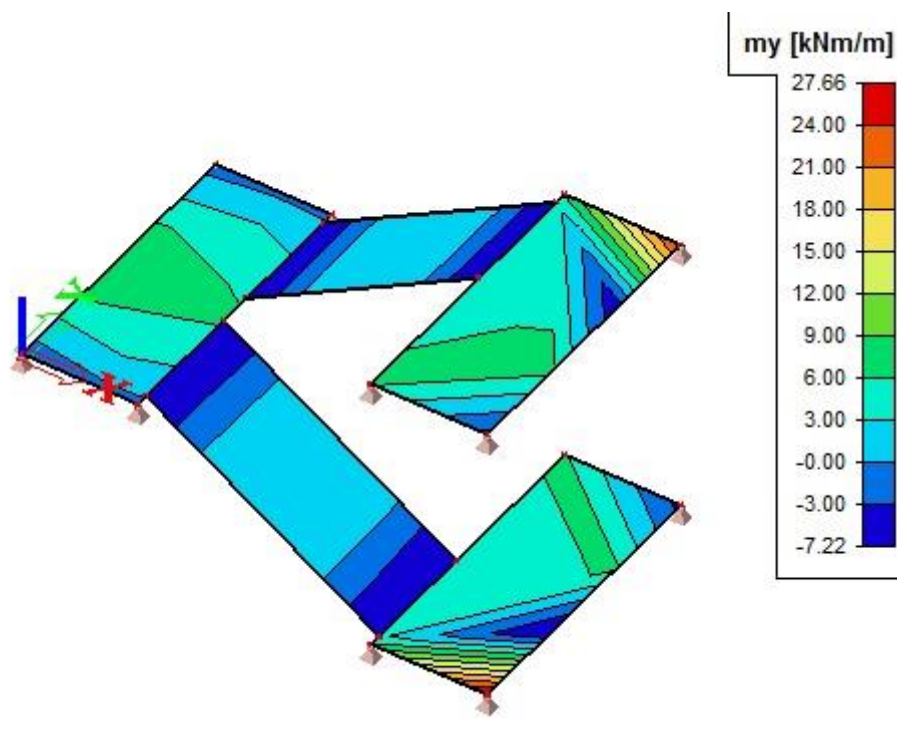


Obr. 42 Schéma zatížení – VARIANTA č. 2<sup>[6]</sup>

### 3.3.4 Výsledné sily



Obr. 43 Výsledný moment  $m_x$  – VARIANTA č. 2<sup>[6]</sup>



Obr. 43 Výsledný moment  $m_y$  – VARIANTA č. 2<sup>[6]</sup>



### 3.3.5 Návrh a výpočet výztuže schodišťového ramene

#### 3.3.5.1 Spodní povrch – schodišťové ramene

- návrhový ohybový moment

$$m_{Ed} = 3,0 \text{ kNm}$$

- účinná výška průřezu

$$d_R = H_R - c - \varnothing/2 = 120 - 20 - 8/2 = 96 \text{ mm} \quad (3.3.6)$$

- minimální plocha výztuže

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot B_R \cdot d_R; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot B_R \cdot d_R}{f_{yk}}\right) \quad (3.3.7)$$

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot 1200 \cdot 96; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 96}{500}\right) = 155,75 \text{ mm}^2$$

- návrh výztuže

$$A_{s,\text{req}} = \frac{m_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3,0 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 96 \cdot 434,783} = 79,86 \text{ mm}^2 \quad (3.3.8)$$

→ návrh výztuže: **9 Ø8 mm** ( $A_s = 452,39 \text{ mm}^2$ )

- osová vzdálenost prutů

$$s_a \leq \min(2h; 250) \text{ mm}$$

$$\frac{1200}{9} \leq \min(240; 250) \text{ mm} \quad (3.3.9)$$

$$150 \leq 240 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok}$$

- světlá vzdálenost prutů

$$s_c \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2\phi; D_{\max} + 5 \text{ mm})$$

$$142 \geq \max(20 \text{ mm}; 10 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) \quad (3.3.10)$$

$$142 \geq 21 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok}$$

### 3.3.5.2 Horní povrch – schodišťové ramene

- návrhový ohybový moment

$$m_{Ed} = 7,22 \text{ kNm}$$

- účinná výška průřezu

$$d_R = H_R - c - \varnothing/2 = 120 - 20 - 8/2 = 96 \text{ mm} \quad (3.3.11)$$

- minimální plocha výztuže

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot B_R \cdot d_R; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot B_R \cdot d_R}{f_{yk}}\right) \quad (3.3.12)$$

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot 1200 \cdot 96; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 96}{500}\right) = 155,75 \text{ mm}^2$$

- návrh výztuže

$$A_{s,\text{req}} = \frac{m_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7,22 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 96 \cdot 434,783} = 192,20 \text{ mm}^2 \quad (3.3.11)$$

→ návrh výztuže: **9 Ø8 mm** ( $A_s = 452,39 \text{ mm}^2$ )

- osová vzdálenost prutů

$$\begin{aligned} s_a &\leq \min(2h; 250) \text{ mm} \\ \frac{1200}{9} &\leq \min(240; 250) \text{ mm} \\ 150 &\leq 240 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok} \end{aligned} \quad (3.3.12)$$

- světlá vzdálenost prutů

$$\begin{aligned} s_c &\geq \max(20 \text{ mm}; 1,2\phi; D_{\max} + 5 \text{ mm}) \\ 142 &\geq \max(20 \text{ mm}; 10 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) \\ 142 &\geq 21 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok} \end{aligned} \quad (3.3.13)$$

### 3.3.6 Návrh a výpočet výztuže podestového nosníku

#### 3.3.6.1 Spodní povrch – podestový nosník

- návrhový ohybový moment

$$m_{Ed} = 12,0 \text{ kNm}$$

- účinná výška průřezu

$$d_R = H_R - c - \varnothing/2 = 200 - 20 - 8/2 = 176 \text{ mm} \quad (3.3.14)$$

- minimální plocha výztuže

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot b \cdot d_P; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d_P}{f_{yk}}\right) \quad (3.3.15)$$

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot 1200 \cdot 176; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 176}{500}\right) = 285,54 \text{ mm}^2$$

- návrh výztuže

$$A_{s,\text{req}} = \frac{m_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12,0 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 176 \cdot 434,783} = 174,24 \text{ mm}^2 \quad (3.3.16)$$

→ návrh výztuže: **9 Ø8 mm** ( $A_s = 452,39 \text{ mm}^2$ )

- osová vzdálenost prutů

$$s_a \leq \min(2h; 250) \text{ mm}$$

$$\frac{1200}{9} \leq \min(240; 250) \text{ mm} \quad (3.3.17)$$

$$150 \leq 240 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok}$$

- světlá vzdálenost prutů

$$s_c \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2\phi; D_{\max} + 5 \text{ mm})$$

$$142 \geq \max(20 \text{ mm}; 10 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) \quad (3.3.18)$$

$$142 \geq 21 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok}$$

### 3.3.6.2 Horní povrch – podestový nosník

- návrhový ohybový moment

$$m_{Ed} = 7,22 \text{ kNm}$$

- účinná výška průřezu

$$d_R = H_R - c - \varnothing/2 = 200 - 20 - 8/2 = 176 \text{ mm} \quad (3.3.19)$$

- minimální plocha výztuže

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot b \cdot d_p; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d_p}{f_{yk}}\right) \quad (3.3.20)$$

$$A_{s,\min} = \max\left(0,0013 \cdot 1200 \cdot 176; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 176}{500}\right) = 285,54 \text{ mm}^2$$

- návrh výztuže

$$A_{s,\text{req}} = \frac{m_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{m_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7,22 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 175 \cdot 434,783} = 104,84 \text{ mm}^2 \quad (3.3.21)$$

→ návrh výztuže: **9 Ø8 mm** ( $A_s = 452,39 \text{ mm}^2$ )

- osová vzdálenost prutů

$$s_a \leq \min(2h; 250) \text{ mm}$$

$$\frac{1200}{9} \leq \min(240; 250) \text{ mm} \quad (3.3.22)$$

$$150 \leq 240 \text{ mm} \Rightarrow \text{ok}$$

- světlá vzdálenost prutů

$$s_c \geq \max(20 \text{ mm}; 1,2\phi; D_{\max} + 5 \text{ mm})$$

$$142 \geq \max(20 \text{ mm}; 10 \text{ mm}; 2 \text{ lmm})$$

$$142 \geq 2 \text{ lmm} \Rightarrow \text{ok}$$

### **3.3.7 Výkresy stavební – VARIANTA č. 2**

- V Příloze 4

### **3.3.8 Výkres tvaru a výztuže monolitického schodiště – VARIANTA č. 2**

- V Příloze 5

### 3.4 VARIANTA č. 3 – Kombinace (prefabrikované rameno + prefabrikovaná mezipodesta + monolitická podesta)

#### 3.4.1 Základní popis

Schodišťový prostor je vytvořen z prefabrikovaných schodišťových ramen tloušťky 120 mm, prefabrikované mezipodesty tloušťky 200 mm a podesty tloušťky 180 mm tvořenou stropní konstrukcí objektu.

Pro omezení šíření kročejového hluku byl použit prvek Schöck Tronsole typ F, který se osadí před montáží ramen na ozub podestových desek. Na obvodovou stranu schodišťového ramene přilehající ke zdi bude nalepená spárová deska firmy HALFEN typ HTPL.

#### 3.4.2 Materiálové charakteristiky

$$\text{Beton: C25/30} \quad E_{cm} = 31\text{GPa} \quad f_{ck} = 25\text{MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16,667\text{MPa}$$

$$f_{ctk} = 2,5\text{MPa} \quad f_{ctm} = 2,6\text{MPa}$$

$$\text{Ocel: B500B} \quad E_s = 210\text{GPa} \quad f_{yk} = 500\text{MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{500}{1.5} = 434,783\text{MPa}$$

#### 3.4.3 Výpočet zatížení schodišťového ramene

$q=3\text{kN/m}^2$  – užité zatížení (podle EN 1991-1-1)

$q_1=0,74\text{kN/m}^2$  – povrchová úprava schodiště

$g_1=2,0375\text{kN/m}^2$  – stupně výšky 163mm → náhradní vrstva betonu tl.  $163/2=81,5\text{ mm}$   
→  $81,5 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 2,0375\text{kN/m}^2$

$g_2=3,414\text{kN/m}^2$  – ŽB deska kolmé tloušťky 120 mm ve sklonu  $28,52^\circ$  → svislá tl.

$$\frac{120}{\cos(28,52^\circ)} = 136,57\text{mm} \rightarrow 0,13657 \cdot 25 = 3,414\text{kN/m}^2$$

$$f_d = \gamma_G \cdot \sum g_i + \gamma_Q \cdot q = 1,35 \cdot (0,74 + 2,0375 + 3,414) + 1,5 \cdot 3 = 12,86\text{kN/m}^2 \quad (3.4.1)$$

Pro zjednodušení výpočtu všechny parametry (zatížení, vnitřní síly, množství výztuže) jsou vztahovány na celou šířku prvku, což je 1,2m.

$$f_d' = 1,2 \cdot f_d = 1,2 \cdot 12,86 = 15,43\text{kN/m} \quad (3.4.2)$$

### 3.4.4 Výpočet zatížení schodišťové podesty

$$g_{0,P,d} = \gamma_G \cdot H_P \cdot \gamma_{BETON} = 1,35 \cdot 0,2 \cdot 25 = 6,75 \text{ kN/m}^2 \quad (3.4.3)$$

$$(g - g_0)_{P,d} = \gamma_G \cdot (g - g_0)_{P,k} = 1,35 \cdot (24 \cdot 0,02) = 0,648 \text{ kN/m}^2 \quad (3.4.4)$$

$$q_{P,d} = \gamma_G \cdot q_{P,k} = 1,5 \cdot 3,0 = 4,5 \text{ kN/m}^2 \quad (3.4.5)$$

$$(g + q)_{P,d} = g_{o,P,d} + (g - g_0)_{P,d} + q_{P,d} = 6,75 + 0,648 + 4,5 = 11,223 \text{ kN/m}^2 \quad (3.4.6)$$

$$f_{d,A} = (g + q)_{P,d} \cdot b_A + f_{R,d} = (g + q)_{P,d} \cdot b_A + \frac{R_d}{L_P} = 11,223 \cdot 0,5 + \frac{22,566}{3,0} = 13,1335 \text{ kN/m}$$

$$f_{d,B} = (g + q)_{P,d} \cdot b_B = 11,223 \cdot 0,5 = 5,6115 \text{ kN/m} \quad (3.4.7)$$

Výpočet, výkresy tvarů a výztuže pro prefabrikovanou mezipodestu a prefabrikované schodiště jsou uvedené ve VARIANTĚ č. 1.

Ozub monolitické podesty bude vyztužen stejným způsobem jako ozub prefabrikované mezipodesty a bude přivázán k spodnímu povrchu hlavní výztuže stropní konstrukce.



### **3.4.5 Výkresy stavební – VARIANTA č. 3**

- V Příloze 6

### 3.5 VARIANTA č. 4 – prefabrikované schodiště v objektu s prefabrikovanou stropní konstrukcí

#### 3.5.1 Základní popis

Nosnou konstrukci schodišťového prostoru tvoří prefabrikovaná schodišťová ramena tloušťky 120 mm, podporované prefabrikovanou mezipodestou tloušťky 200 mm a prefabrikovaným trámem uloženým ve zdi. Podesta tloušťky 180 mm je tvořena filigránovou deskou tloušťky 60 mm, dobetonované do výšky přilehlé stropní konstrukce.

Pro omezení šíření kročejového hluku byl použit prvek Schöck Tronsole typ F, který se osadí před montáží ramen na ozub prefabrikované mezipodesty a tramu. Na obvodovou stranu schodišťového ramene přilehající ke zdi bude nalepená spárová deska firmy HALFEN typ HTPL.

#### 3.5.2 Materiálové charakteristiky

$$\text{Beton: C25/30} \quad E_{cm} = 31\text{GPa} \quad f_{ck} = 25\text{MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16,667\text{MPa}$$

$$f_{ctk} = 25\text{MPa} \quad f_{ctm} = 2,6\text{MPa}$$

$$\text{Ocel: B500B} \quad E_s = 210\text{GPa} \quad f_{yk} = 500\text{MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{500}{1.5} = 434,783\text{MPa}$$

#### 3.5.3 Výpočet zatížení schodišťového ramene

$q=3\text{kN/m}^2$  – užité zatížení (podle EN 1991-1-1)

$q_1=0,74\text{kN/m}^2$  – povrchová úprava schodiště

$g_1=2,0375\text{kN/m}^2$  – stupně výšky 163mm → náhradní vrstva betonu tl.  $163/2=81,5\text{ mm}$   
→  $81,5 \cdot 10^{-3} \cdot 25 = 2,0375\text{kN/m}^2$

$g_2=3,414\text{kN/m}^2$  – ŽB deska kolmé tloušťky 120 mm ve sklonu  $28,52^\circ$  → svislá tl.

$$\frac{120}{\cos(28,52^\circ)} = 136,57\text{mm} \rightarrow 0,13657 \cdot 25 = 3,414\text{kN/m}^2$$

$$f_d = \gamma_G \cdot \sum g_i + \gamma_Q \cdot q = 1,35 \cdot (0,74 + 2,0375 + 3,414) + 1,5 \cdot 3 = 12,86\text{kN/m}^2 \quad (3.5.1)$$

Pro zjednodušení výpočtu všechny parametry (zatížení, vnitřní sily, množství výztuže) jsou vztahovány na celou šířku prvku, což je 1,2m.

$$f_d' = 1,2 \cdot f_d = 1,2 \cdot 12,86 = 15,43\text{kN/m} \quad (3.5.2)$$

### 3.5.4 Výpočet zatížení schodišťové podesty

$$g_{0,P,d} = \gamma_G \cdot H_P \cdot \gamma_{BETON} = 1,35 \cdot 0,2 \cdot 25 = 6,75 \text{ kN/m}^2 \quad (3.5.3)$$

$$(g - g_0)_{P,d} = \gamma_G \cdot (g - g_0)_{P,k} = 1,35 \cdot (24 \cdot 0,02) = 0,648 \text{ kN/m}^2 \quad (3.5.4)$$

$$q_{P,d} = \gamma_G \cdot q_{P,k} = 1,5 \cdot 3,0 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

(3.5.5)

$$(g + q)_{P,d} = g_{0,P,d} + (g - g_0)_{P,d} + q_{P,d} = 6,75 + 0,648 + 4,5 = 11,223 \text{ kN/m}^2 \quad (3.5.6)$$

$$f_{d,A} = (g + q)_{P,d} \cdot b_A + f_{R,d} = (g + q)_{P,d} \cdot b_A + \frac{R_d}{L_P} = 11,223 \cdot 0,5 + \frac{22,566}{3,0} = 13,1335 \text{ kN/m}$$

$$f_{d,B} = (g + q)_{P,d} \cdot b_B = 11,223 \cdot 0,5 = 5,6115 \text{ kN/m} \quad (3.5.7)$$

Výpočet, výkresy tvarů a výztuže pro prefabrikovanou mezipodestu a prefabrikované schodiště jsou uvedené ve VARIANTĚ č. 1.

### 3.5.5 Návrh rozměrů trámu

$$l_T = 3000 \text{ mm}$$

Stanovíme podle empirických vztahů

- výška trámu

$$h_T = \left( \frac{1}{15} \div \frac{1}{12} \right) \cdot l_T = \left( \frac{1}{15} \div \frac{1}{12} \right) \cdot 3250 = (217 \div 270) \text{ mm} \quad (3.5.8)$$

Z konstrukčních důvodů navrhuji:

$$h_T = 290 \text{ mm}$$

- šířka trámu

$$b_T = \left( \frac{1}{3} \div 0,4 \right) \cdot h_T = \left( \frac{1}{3} \div 0,4 \right) \cdot 290 = (97 \div 116) \text{ mm} \quad (3.5.9)$$

Z důvodu zeslabení průřezu trámu ozubem pro uložení schodišťového ramene navrhuji:

$$b_T = 290 \text{ mm}$$

### 3.5.6 Výpočet zatížení trámu

$$g_{0,P,d} = \gamma_G \cdot H_P \cdot \gamma_{BETON} = 1,35 \cdot 0,29 \cdot 25 = 9,7875 \text{ kN/m}^2 \quad (3.5.10)$$

$$(g - g_0)_{P,d} = \gamma_G \cdot (g - g_0)_{P,k} = 1,35 \cdot (24 \cdot 0,02) = 0,648 \text{ kN/m}^2 \quad (3.5.11)$$

$$q_{P,d} = \gamma_G \cdot q_{P,k} = 1,5 \cdot 3,0 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

(3.5.12)

$$(g + q)_{P,d} = g_{o,P,d} + (g - g_0)_{P,d} + q_{P,d} = 9,7875 + 0,648 + 4,5 = 14,9355 \text{ kN/m}^2 \quad (3.5.13)$$

$$f_{d,T} = (g + q)_{P,d} \cdot b_A + f_{R,d} = (g + q)_{P,d} \cdot b + \frac{R_d}{L_P} = 14,94 \cdot 0,29 + \frac{22,566}{3,25} = 11,27 \text{ kN/m}$$

### 3.5.7 Návrh a výpočet výztuže trámu

- výpočet návrhového ohybového momentu:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f_{d,T} \cdot L_R^2 = \frac{1}{8} \cdot 11,27 \cdot 3,0^2 = 12,68 \text{ kNm} \quad (3.5.14)$$

- účinná výška průřezu:

$$d_R = H_R - c - \varnothing/2 = 120 - 20 - 8/2 = 96 \text{ mm} \quad (3.5.15)$$

- minimální plocha výztuže:

$$A_{s,\min} = \max \left( 0,0013 \cdot B_R \cdot d_R; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot B_R \cdot d_R}{f_{yk}} \right) \quad (3.5.16)$$

$$A_{s,\min} = \max \left( 0,0013 \cdot 290 \cdot 96; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 290 \cdot 96}{500} \right) = 37,64 \text{ mm}^2$$

- návrh výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12,68 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 96 \cdot 434,783} = 337,55 \text{ mm}^2 \quad (3.5.17)$$

→ návrh výztuže: **4 Ø12mm** ( $A_s = 452,39 \text{ mm}^2$ )

### 3.5.8 Návrh a výpočet výztuže ozubu trámu

- návrh rozměrů ozubu:  $b_1 = 110 \text{ mm}$   
 $h_1 = 95 \text{ mm}$
- předpokládaná ohybová výztuž ozubu:  $\varphi_1 = 6 \text{ mm}$
- poloha reakce mezipodesty:  $a_1 = \frac{b_1}{2} = \frac{110}{2} = 55 \text{ mm}$
- účinná výška průřezu ozubu:

$$d_1 = h_1 - c - \varnothing_1/2 = 95 - 20 - 6/2 = 72 \text{ mm} \quad (3.5.18)$$

- reakce trámu:

$$R_{m-p} = R_d = \frac{f_d \cdot L_R}{2} = \frac{15,43 \cdot 2,925}{2} = 22,566 \text{ kN} \quad (3.5.19)$$

- ohybový moment ozubu:

$$M_{Ed,1} = R_d \cdot (a_1 + d_1) = 22,566 \cdot (0,055 + 0,072) = 2,866 \text{ kNm} \quad (3.5.20)$$

- návrh ohybové výztuže:

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed,1}}{z_1 \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed,1}}{0,9 \cdot d_1 \cdot f_{yd}} = \frac{2,866 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 72 \cdot 434,783} = 101,725 \text{ mm}^2 \quad (3.5.21)$$

$$A_{s,min} = \max\left(0,0013 \cdot b \cdot d_1; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot b \cdot d_1}{f_{yk}}\right) = \quad (3.5.22)$$

$$= \max\left(0,0013 \cdot 1200 \cdot 72; 0,26 \cdot \frac{2,6 \cdot 1200 \cdot 72}{500}\right) = 116,81 \text{ mm}^2$$

→ návrh výztuže: **10 Ø6 mm** ( $A_{s,vod} = 282,74 \text{ mm}^2$ )

### **3.5.9 Výkresy stavební – VARIANTA č. 4**

- V Příloze 7

## 4. ZÁVĚR

Každý výrobek pro odhlučnění schodišťového prostoru má své klady a zápory. V závislosti na konstrukčním systému a provozu v budově je nutné pečlivě zvážit volbu izolačního prvku.

Za nejméně pracné, při instalaci, považuji pásové izolační prvky s ložisky pro prefabrikovaná schodišťová ramena. Tyto odhlučňovací schodišťové prvky mají vysokou hodnotu snížení kročejového hluku  $\Delta L_w$ . Za nevýhodu považuji nutnost aplikování plovoucí podlahy na mezipodestách a podestách.

Po mém celkovém srovnání neshledávám příliš vhodnými pro použití smykové lišty pro prefabrikované a monolitické provedení. Za prvé ze srovnávaných prvků snížení kročejového hluku na schodišti je vykazováno nejmenší hodnotou. Za druhé podle mého názoru je obtížná manipulace s dílcem, ve kterém je lišta zabudovaná. Za třetí je nutná aplikace plovoucí podlahy na mezipodestách a podestách.

Za nejvhodnější prvek ze všech srovnaných považuji izolační krabice, které nejlépe snižují kročejový hluk. Dále v nosné konstrukci schodiště se nemusí aplikovat plovoucí podlaha, a proto je shledávám jako nejvýhodnější. Jediná nevýhoda v izolační krabici ale i v deskové nosné konstrukci schodiště spočívá ve správném zhutnění betonu v krabici a nebo špatně navázanou výztuží.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

- [1] ČSN 73 05 32. Schodiště a šikmé rampy. Základní ustanovení. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [2] Technické informace firmy Halfen
- [3] Technické informace firmy Jordahl & Pfeifer
- [4] Technické informace firmy Schöck Wittek s.r.o.
- [5] Technické informace firmy Max Frank
- [6] Vlastní tvorba
- [7] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační Institut, 2004.
- [8] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [9] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [10] PROCHÁZKA, J., ŠTĚPÁNEK, P., KRÁTKÝ, J., KOHOUTKOVÁ, A., VAŠKOVÁ, J. Navrhování betonových konstrukcí 1 – Prvky z prostého a železového betonu. ISBN 978-80- 903807-5-2. Praha: ČBS Servis, s. r. o., 2009.
- [11] PROCHÁZKA, J., KOHOUTKOVÁ, A., VAŠKOVÁ, J. Příklady navrhování betonových konstrukcí 1. ISBN 978-8001-03675-4. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2009.
- [12] AutoCAD 2016
- [13] Microsoft Office Word 2016



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Podchodná a průchodná výška schodiště .....	13
Obr. 2 Schéma vzniku a šíření hluku a vibrací v objektu .....	14
Obr. 3 Smyková lišta HALFEN HTT .....	16
Obr. 4 Prvek HALFEN HTF[.....	16
Obr. 5 Prvek HALFEN HTF-B .....	17
Obr. 6 HALFEN HTPL Spárová deska.....	17
Obr. 7 Prvek HALFEN HBB-F .....	18
Obr. 8 Prvek HALFEN HTF-O .....	18
Obr. 9 Prvek HALFEN HBB-T .....	19
Obr. 10 HALFEN HBB – nosný prvek.....	19
Obr. 11 HALFEN HBB – výztužný koš.....	20
Obr. 12 ISOBOX® TSB-F .....	21
Obr. 13 ISOBOX® TSB-M+B.....	21
Obr. 14 ISOBOX® TSB-T .....	22
Obr. 15 ISOBOX® TSB-BT .....	22
Obr. 16 ISODORN HQW .....	23
Obr. 17 ISOSTEP® HT-V.....	23
Obr. 18 ISOTRITT® Z .....	24
Obr. 19 ISOTRITT® ZB .....	24
Obr. 20 Spárová izolační páska TSP.....	25
Obr. 21 Schöck Tronsole® typ Q.....	26
Obr. 22 Schöck Tronsole® typ Z.....	26
Obr. 23 Schöck Tronsole® typ T.....	27
Obr. 24 Schöck Tronsole® typ F.....	27
Obr. 25 Schöck Tronsole® typ B .....	28
Obr. 26 Schöck Tronsole® typ L.....	28
Obr. 27 Možnosti použití prvků akustické izolace firmy Max Frank .....	29
Obr. 28 Smykový trh Egcotritt.....	30
Obr. 29 Egcosono .....	30
Obr. 30 Egcoscal S .....	31
Obr. 31 Egcoscal TD.....	31
Obr. 32 Egcoscal F .....	32
Obr. 33 Egcoscal FDPL .....	32
Obr. 34 Egcostep .....	33
Obr. 35 Schéma schodiště.....	35
Obr. 36 Tvar schodiště .....	36
Obr. 38 Vnitřní síly na schod. ramene při zvedání .....	39
Obr. 39 Tvar a zatížení podesty.....	40
Obr. 42 Schéma zatížení – VARIANTA č. 2.....	47
Obr. 43 Výsledný moment $m_x$ – VARIANTA č. 2 .....	48
Obr. 43 Výsledný moment $m_y$ – VARIANTA č. 2 .....	48