

PŘESTAVBA NÁDRAŽÍ V NIZOZEMSKÉM ARNHEMU ■ REBUILDING OF THE RAILWAY STATION IN ARNHEM, THE NETHERLANDS

Jitka Prokopičová

V současné době probíhá v Nizozemsku rekonstrukce a výstavba desítek nádraží. Šest z nich je zahrnuto do skupiny tzv. klíčových železničních projektů, protože jimi probíhají trasy mezinárodních rychlostních vlaků. Jedním z nejkompexnějších a nejprogressivnějších projektů je výstavba nádraží v Arnhemu. Článek představuje koncept přestavby a přináší informace o první fázi rozsáhlého projektu, která se týkala především výstavby podzemních konstrukcí. ■ Tens of railway stations have been under construction recently in The Netherlands. Six of them have been included in a group of "key railway projects", as they are on the route of international speed trains. One of the most complex and most progressive projects is the construction of the railway station in Arnhem. This article shows the concept of the reconstruction and information of the first phase of the whole project. The first phase involves mainly construction of the underground structures.

Nádraží v Arnhemu je jedním z nejdůležitějších dopravních uzlů v Nizozemsku, kde se křižují lokální i mezinárodní trasy. Počet vlaků v poslední době výrazně narostl a počítá se, že nádražím projde více než sto tisíc cestujících denně. Takový nápor by nemohlo původní nádraží unést a již dlouho byl připravován nový projekt.

Projekt (Masterplan) pro přestavbu nádraží v Arnhemu byl vytvořen již v roce 1997. Je to jedna z největších poválečných staveb města a také jeden z nejnáročnějších, nejkompexnějších a nejprogressivnějších projektů, které právě v Nizozemsku probíhají. Na celkové ploše 160 000 m² je zastavěna plocha 40 000 m². Díky kombinaci inovativních řešení při výstavbě podzemních konstrukcí a integrální nadzemní konstrukci je možné realizovat tak objemný projekt, aniž by se významnou měrou narušoval běh města v blízkosti stavby.

Nádraží samotné je zahrnuto do skupiny šesti klíčových městských železničních projektů, které mají důležitou pozici i vzhledem k tomu, že jimi probíhají trasy mezinárodních rychlostních vlaků. Vedle Arnhemu do této skupiny patří ještě Amsterdam-Jih, Rotterdam, Utrecht, Den Haag a Breda.

Celý projekt (obr. 1) nezahrnuje jenom novou nádražní halu a rozšíření nástupišť, ale také vybudování nových garáží, autobusového i trolejbusového nádraží



1a

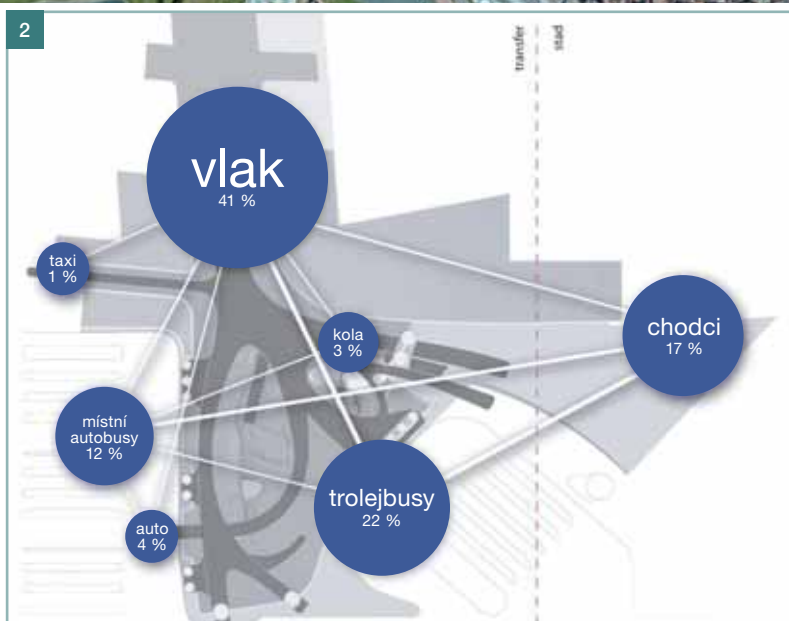


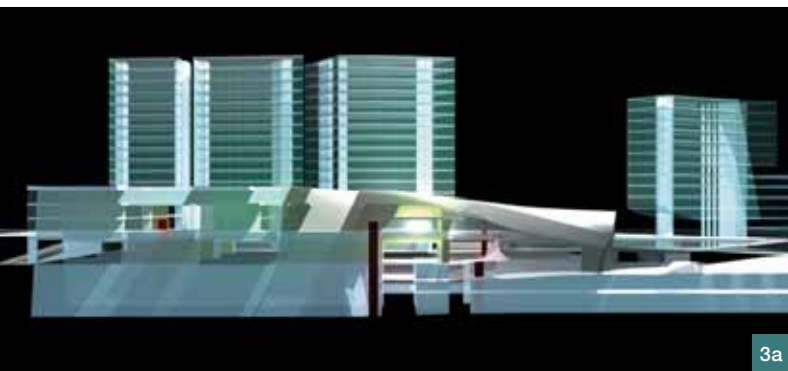
1b

Obr. 1 a) Počítačová vizualizace rekonstruovaného autobusového a vlakového nádraží v Arnhemu, b) letecký snímek oblasti ■ Fig. 1 a) Rebuilt bus terminal and railway station in Arnhem, computer visualisation, b) aerial photo of the affected area

Obr. 2 Schéma rozdělení jednotlivých typů dopravy střetávajících se v prostoru nádraží a jejich procentní podíly ■ Fig. 2 Scheme of the different types of transport meeting in the area of railway station and the percentage of individual types

Obr. 2 Schéma rozdělení jednotlivých typů dopravy střetávajících se v prostoru nádraží a jejich procentní podíly ■ Fig. 2 Scheme of the different types of transport meeting in the area of railway station and the percentage of individual types





3a



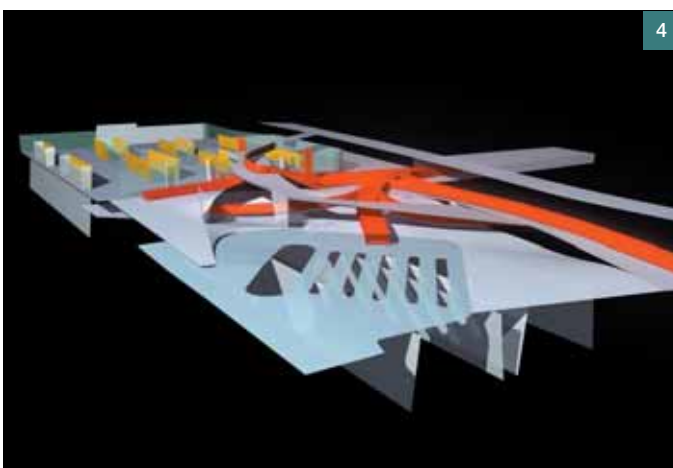
3b

Obr. 3 Model projektu nádraží, a) podélný řez modelem, b) příčný řez v západní části modelu ■ Fig. 3 Model of the railway station project, a) longitudinal section, b) cross-section of the western part of the model

Obr. 4 Počítačový model vybraných podzemních betonových konstrukcí, pohled od jihovýchodu ■ Fig. 4 Computer model of the selected parts of the underground concrete structures, view from the southeast

Obr. 5 Půdorys podzemního podlaží garáží ■ Fig. 5 Layout of the underground floor of the garage

Obr. 6 Řezy podzemními garážemi, a) podélný řez sekcí parkovacích stání, b) podélný řez v místě svislé V šachty, c) příčný řez ■ Fig. 6 Sections of underground garage, a) longitudinal section of the parking space part, b) longitudinal section of the V shaft, c) cross-section of the structure



4

(Arnhem je jediné město v Nizozemsku, kde jezdí i trolejbusy), parkoviště pro kola a ochodních a kancelářských prostor. Tomu předcházela pečlivá analýza všech systémů dopravy, které se v místě nádraží potkávají (obr. 2).

Investor se rozhodl rozdělit rozsáhlý a komplexní projekt z hlediska času výstavby do dvou částí.

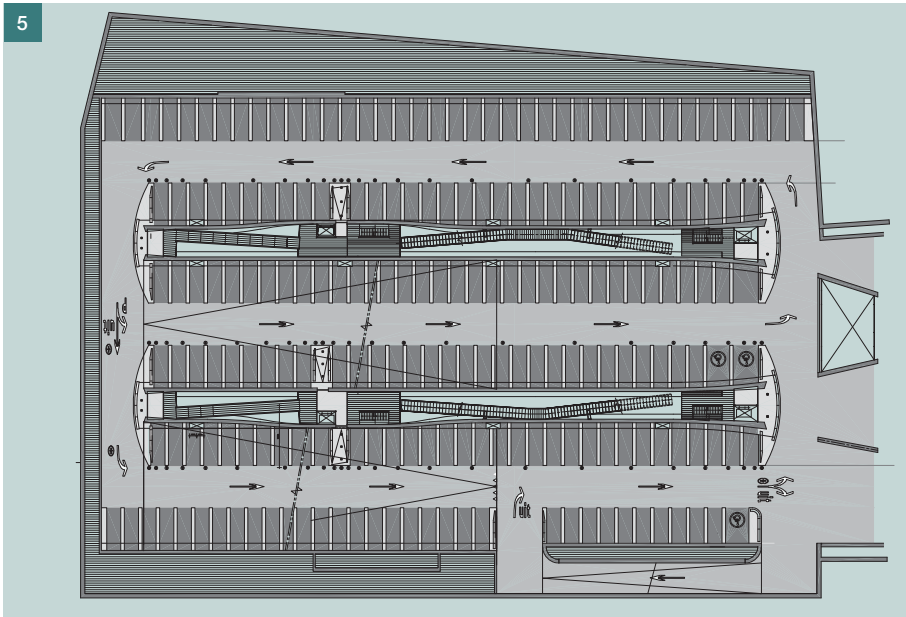
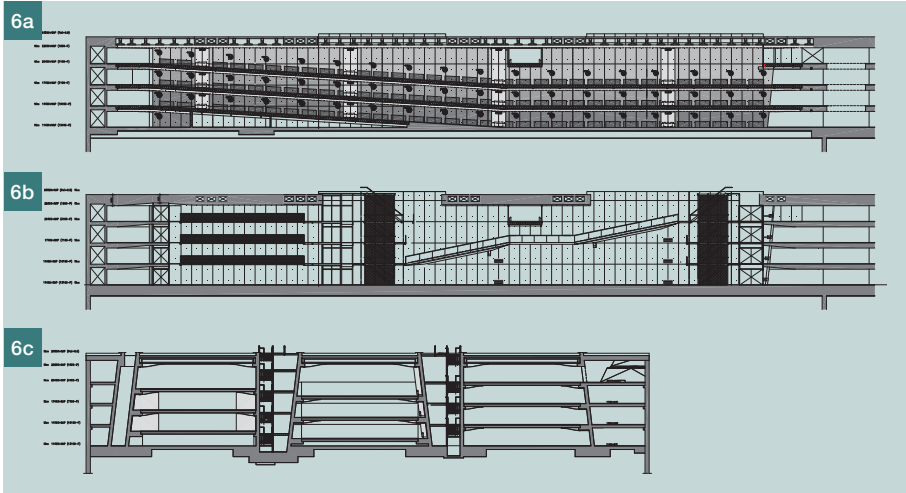
V první fázi byly vybudovány podzemní garáže a podzemní stání pro kola, nástupiště, přístupový tunel pro pěší k nástupišťům. Masterplan zahrnoval i zbudování automobilového tunelu (Willems Tunnel) v oblasti přednádraží, z kterého je přístup do garáží. Byl rozšířen také počet kolejí a nástupišť. Součástí této fáze bylo i vybudování příjezdového tunelu pro vlaky „Dive-under“, který umožňuje mimoúrovňové křížení vlaků v severo-jížním a západovýchodním směru, a tím značně urychluje železniční dopravu.

Ve druhé fázi probíhá realizace nádražní haly, a společně s ní i kancelářské budovy s názvem K5. Celý projekt má být dokončen a uveden do provozu na konci roku 2015.

V dalším textu budou popsány některé z řady zajímavých podzemních konstrukcí, které jsou součástí rozsáhlého a náročného projektu.

GARÁŽE

Vybudování garáží bylo jedním z prvních kroků celého projektu. Jako sou-





část celého Masterplan jsou propojeny s dalšími stavbami (obr. 3 a 4). Jejich konstrukce tvoří základ pro konstrukce nové haly nádraží, kancelářské budovy K5, platformy autobusového nádraží (na západní straně), trolejbusových zastávek (na východní straně) a uprostřed pod nádražní halou jsou umístěna dvě podzemní podlaží se stáním pro téměř pět tisíc jízdních kol.

V první fázi výstavby garáží byla zbudována čtyři podzemní podlaží pod budoucím autobusovým nádražím, která poskytují parkování pro 600 aut (obr. 5 a 6). V další fázi byly dokončeny tři podzemní podlaží pod navrženým trolejbusovým nádražím pro dalších 400 aut.

Prostorné garáže mají zajímavé architektonické a konstrukční řešení nosné konstrukce s minimem sloupů. Hlavní svíslé nosné konstrukce tvoří dvojce šikmých stěn, které mezi sebou svírají hluboké šachty procházející přes všechna podzemní podlaží (v řezu tvaru V). Prostor kapacitnější garáže je dvěma šachtami rozdělen na třetiny, v menší garáži jedna šachta dělí podzemní prostor na poloviny. V sevřeném prostoru mezi šikmými stěnami šachet procházejí betonové chodníky, rampy a schodiště pro pěší, kteří se chtějí dostat do/z garáží (obr. 7 a 8). Do garáží proniká světlíky šachet denní světlo, což podzemní prostor prosvětluje a vytváří neopakovatelný architektonický dojem.

Vnější stěny garáží tvoří podzemní stěny, které sloužily jako dočasné konstrukce při hloubení stavební jámy pro stavbu garáží a později úpravou převzaly trvalou funkci. Při výstavbě podzemních stěn musel být kladen velký důraz na bezpečnost, protože stěny le-

ží na samém okraji staveniště těsně vedle frekventované ulice Utrechtsestraat. Jednotlivé lamely podzemních stěn mají délku 21 m, šířku 7,2 m a tloušťku 0,6 m. Do připravené rýhy byly před zalitím betonem vkládány prefabrikované výztužné koše. Vzhledem k sousedním budovám a zákazu stavební činnosti vně stavební jámy nemohly být během stavby garáží obvodové stěny kotvené, a proto byly ve dvou úrovních rozepřeny příčnými a diagonálními rozpěrami (obr. 9).

V stěny, které spolu s podzemními obvodovými stěnami tvoří svíslé nosné konstrukce, mají tloušťku 500 mm a byly po celé výšce (11,25 m) betonovány vcelku bez pracovních spár. Stěny jsou nejen ve svíslém řezu šikmé, ale v podélném směru nejsou rovinné, jejich plocha se po délce vlní a trošku „kroutí“. Pro každý délkový úsek stěny tak muselo být sestavováno individuální bednění.

Stropní konstrukce jednotlivých podzemních podlaží jsou tvořeny prefabrikovanými dutinovými stropními panely, přes které byla položena vrstva monolitického betonu tloušťky 70 mm.

Střecha garáží ležící na úrovni ulice a tvořící plochu autobusového nádraží (obr. 10) je monolitická betonová deska nesená prefabrikovanými předpjatými nosníky. V desce jsou vynechány čtyři otvory, kterými proniká do garáží denní světlo.

První část garáží byla dokončena v roce 2001 a druhá v roce 2003.

PŘÍJEZDOVÝ TUNEL PRO VLAKY „DIVE-UNDER“

K významnému zrychlení dopravy a plynulému provozu přispělo nejen vybudování dalšího nástupiště, ale pře-

Obr. 7 Podhled chodníku pro pěší v prostoru V šachty ■ Fig. 7 Soffit of the pathway in the V shaft section

Obr. 8a,b Chodník a schodiště v prostoru V šachty ■ Fig. 8a,b Pathways and stairways in the V shaft section

Obr. 9 Stavební jáma s bedněním V stěn a příčnými rozpěrami [1] ■ Fig. 9 Construction pit with the formwork of the V walls and the cross struts [1]

Obr. 10a,b Prosklené vstupy do V šachet v prostoru autobusového a trolejbusového nádraží, c) dokončené garáže, ■

Fig. 10a,b Glased-in doorways into the V shafts on the bus and trolleybus terminal, c) completed garages

devším zbudování vlakového tunelu západně od nádraží (obr. 1b), který umožňuje, aby se soupravy přijíždějící ve směrech jih-sever a západ-východ křížovaly mimoúrovňově mimo nádraží a nemusely na sebe čekat. Dříve právě toto způsobovalo velká zdržení a nádraží Arnhem bylo jedním z nejkritičtějších bodů nizozemských drah.

Vyluka v dopravě způsobená výstavbou křížení trvala v létě roku 2011 pět týdnů. V jejich průběhu bylo nejprve dočasně odstraněno pět kolejíšť, vybudovány podzemní stěny a stropní konstrukce mimoúrovňového křížení a staveniště opět zasypáno. Později byla obnovena nástupiště, zastřešena a postupně uvedena do provozu.

Pro konstrukci této stavby v hloubce 10 m o celkové délce 735 m, z níž 230 m je uzavřených, byla zvolena metoda čelního odtěžování (*podobně jako při výstavbě tunelu Blanka v oblasti mezi Letnou a Prašným mostem pozn. red.*), kdy jsou nejprve zbudovány postranní podzemní stěny, mezi ně budoucí stropní konstrukce a poté se odtěží zemina pod ní.



10a



10b



9



10c

Uzavřená část tunelu sestává z deseti stěnových úseků délky cca 23 m. Nejhlubší část dive-under leží v hloubce 2,5 m nad hladinou podzemní vody, a tak hloubení mohlo být provedeno suchou metodou. Kromě toho je podloží v místě stavby na nizozemské poměry relativně únosné. Ve výkopu byly založeny štětovnicové stěny jako dočasná podpora pro stropní konstrukci. Tyto stěny byly později nahrazeny trvalými betonovými stěnami. Poté, co byly štětovnice zapuštěny do země, byly k jejich horní hraně osazeny prefabrikované betonové opěrné stěny tvaru L (v příčném řezu) a z vnějšku zasypány zemínou. L-stěny sloužily jako ztracené bednění pro monolitické betonové bloky tvořící přechod mezi štětovnicovou stěnou a stropní konstrukcí. Jakmile beton bloků ztuhl a získal předepsanou pevnost, byly na ně položeny prefabrikované betonové deskové panely, které tvořily ztracené bednění pro monolitickou stropní konstrukci tunelu. Během další výstavby sloužila stropní konstrukce také jako rozpěra pro štětovnice. Poté co beton stro-

pu získal požadovanou pevnost, byl zasypán a po ztuhnutí zásypu mohly být opět instalovány koleje a obnoven provoz.

Stavba dive-under mohla pod nimi pokračovat. Odtěžování probíhalo pod stropní konstrukcí až po úroveň podlahy. Poté byly vybudovány konstrukce drážního tělesa a trvalé stěny tunelu.

K urychlení celého procesu výstavby přispělo použití řady speciálních konstrukčních detailů včetně co nejširšího využití prefabrikátů jak betonových, tak i připravených prefabrikovaných výztužných košů. Rohové výztuže mezi stěnami a stropem však musely být vázány na místě.

Projektovou přípravu i výstavbu komplikovaly i některé stavby stojící v těsné blízkosti tunelu. Dive-under křížuje uprostřed své cesty most Oranjebrug z 19. století (jednopolový most, prosté nosníky), který spojuje obě části ulice Oranjestraat rozdělené kolejištěm (pět kolejí). Protože hloubení tunelu probíhalo v těsné blízkosti základů opěr mostu, musela být přijata zvlášt-

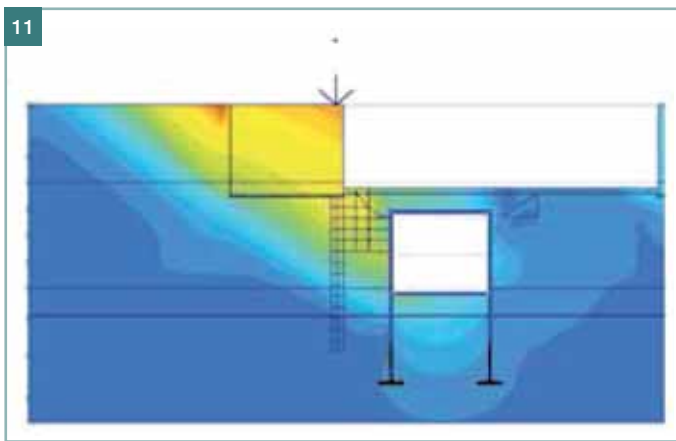
ní opatření, aby nedošlo k jejich deformacím nebo poklesu (obr. 11).

Namísto štětovnicových zde byly použity pilotové stěny. Vrty o průměru 457 a 508 mm byly vyplněny betonem (obr. 12). Osová vzdálenost pilot byla 610 mm a prostor mezi nimi byl zpevněn injektáží. Na opěrách mostu byla osazena citlivá čidla a po celou dobu výstavby bylo sledováno, zda dochází k nějakým reakcím na intenzivní stavební činnost pod jejich základy.

Realizace mimoúrovňového křížení kolejí (obr. 13) začala v roce 2009 a byla dokončena v roce 2012 (hlavní dodavatel byla firma BAM společně s firmou Dura Vermeer).

WILLEMS TUNNEL

K Masterplanu arnhemského nádraží patří i Willems Tunnel, který byl postaven v roce 2001 (obr. 14). Tunel je také částí městského vnitřního okruhu, je jednosměrný dvouproudový. Uprostřed tunelu je vjezd do podzemních garáží nádraží Arnhem. Celková délka tunelu s vjezdy je 400 m, z toho 100 m je v podzemí.



Obr. 11 Počítačový model vlivu průchodu železničního tunelu Dive-under v blízkosti základů opěry mostu Oranjebrug [2]

■ Fig. 11 Computer model of the impact of the construction of the new Dive-under railway tunnel on the behaviour of the foundation of the Oranjebrug bridge abutment [2]

Obr. 12 Odtěžený tunel v místě průchodu pod mostem Oranjebrug, ve střední části je patrné pažení pilotovou betonovou stěnou, v krajních částech jsou štětovicové stěny [2]

■ Fig. 12 Drawn tunnel under the foundation of the Oranjebrug abutment, braced concrete pile wall sheeting in the central part, sheet-pile wall in the outer parts [2]

Obr. 13 Vjezd do mimoúrovňového vlakového křížení Dive-under ■ Fig. 13 Gateway into the Dive-under grade-separated railway junction

Obr. 14 Willems tunel v přednádražním prostoru ■ Fig. 14 Willems tunnel in front of the railway station

Jako součást Masterplan byl i tunel navržen UNStudiem. Byl stavěn jako hloubený tunel. Jeho vnitřní betonové stěny jsou zakřivené a natřené na modro.

TERMINÁL

Nádražní hala a budova kanceláří s názvem K5 jsou poslední fází realizace celého projektu. Tato futuristická stavba má být dokončena během roku 2015. Článek o ní bude zařazen v některém z dalších čísel.

ZÁVĚR

Celý komplexní projekt nádraží v Arnhemu má být ukončen a slavnostně uveden do provozu koncem roku 2015. Ačkoliv je zatím nádraží na povrchu jedno velké staveniště, již teď mohou cestující pocítovat výhody realizovaných staveb první fáze projektu, které přispěly k výraznému zrychlení a zvýšení komfortu dopravy. Při výstavbě rozsáhlých podzemních objektů byly použity mnohé inovativní technologie a konstrukce s využitím betonu.



Projekt	nádraží Arnhem	
Investor	ProRail (Správa železničních tratí), NS (Nizozemské dráhy), město Arnhem, provincie Gelderland	
Architekt a autor celého projektu (Masterplan)	UNStudio	
Konstruktér	Arup, Arcadis, Van der Werf en Lankhorst, Movares, BAM A&E	
Provedení	fáze 1	BAM, Ballast Nedam, Dura Vermeer
	fáze 2	BAM, Ballast Nedam
Projekt a realizace	1997 až 2015	

Redakce časopisu děkuje UNStudiu a společnosti ProRail za všechny doplňující informace a poskytnuté obrazové materiály.

Jitka Prokopičová
e-mail: jitka.prokopcov@hotmial.com
autorka žije v Nizozemsku



Autoři fotografií a obrázků: 1 až 6, 10a,b a 14 UNStudio, 7, 8 a 10c Jirka Prokopičová, 13 Stefan Verkerk

Literatura:

- [1] Overbeek J., Wegman J., Loeffen F.: Parkeergarage Arnhem Centraal, voorbij de vorm, Cement 6/2000, pp. 41–49
- [2] Huisman K.: Snelle bouw dankzij slimme detaillering, Cement 1/2014, pp. 28–35
- [3] www.unstudio.com