

POLSKÉ OCELOVÉ DŮLNÍ VÝZTUŽE POUŽITÉ PŘI REKONSTRUKCI KANALIZAČNÍ ŠTOLY NA ULICI SPORTOVNÍ V BRNĚ

POLISH STEEL MINING SUPPORTS USED IN THE RECONSTRUCTION OF THE SEWER TUNNEL ON SPORTOVNÍ STREET IN BRNO

DAVID ZUBA, MAREK GRODZICKI, JAROMÍR ZLÁMAL

ABSTRAKT

V článku se popisuje náhrada české ocelové důlní výztuže za polskou na stavbě „Brno, Sportovní, Rekonstrukce kanalizace“. V České republice skončila výroba ocelové důlní výztuže typu K21 a K24 a dodavatelé i projektanti jsou nuceni hledat náhradu. Po odstoupení několika dodavatelů, nabízejících dokonce náhradu za nedostupnou ocelovou důlní výztuž typu K21 a K24 firmy Liberty profily HEB 100, nastala na této stavbě kritická situace. Nakonec firma Erebos nabídla kruhovou výztuž z Polska vyráběnou ve firmě Huta Łabedy S.A. S ní byl projekt zdárně dokončen. Huta Łabedy S.A. je polská ocelárna s tradicí od roku 1848, specializující se na výrobu ocelových důlních výztuží a příslušenství. Inovativní materiály, jako oceli S480W a S550W, zajišťují vysokou pevnost a odolnost proti korozi. Produkty jsou certifikovány ve spolupráci s odbornými institucemi a široce využívány v důlním průmyslu a podzemním stavitelství. Firma poskytuje technickou podporu i pro zákazníky v České a Slovenské republice.

ABSTRACT

This article discusses the replacement of Czech steel mining supports with Polish ones in the project “Brno, Sportovní Street, Sewer Reconstruction”. In the Czech Republic, production of steel mining supports of types K21 and K24 has ceased, forcing suppliers and designers to seek alternatives. After several suppliers withdrew, some offering substitutes for the unavailable K21 and K24 supports from Liberty with HEB 100 profiles, a critical situation arose on this project. Ultimately, the company Erebos provided circular supports from Poland, manufactured by Huta Łabedy S.A., enabling the successful completion of the project. Huta Łabedy S.A. is a Polish steelworks with a tradition dating back to 1848, specializing in the production of steel mining supports and accessories. Innovative materials such as S480W and S550W steels ensure high strength and corrosion resistance. The products are certified in cooperation with specialized institutions and are widely used in the mining industry and underground construction. The company also provides technical support to customers in the Czech and Slovak Republics.

1. POUŽITÍ DŮLNÍ VÝZTUŽE V21 FIRMY HUTA ŁABĘDY S.A. NA STAVBĚ V BRNĚ

V letech 1990–91 byla v rámci akce „Brno – Svitavská radiála, Ponávka III“ v ulici Sportovní v Brně vybudována kmenová stoka C [1]. Při zahájení stavebních prací bylo zjištěno, že na rekonstruovaném úseku mezi Š32727 (Š6B) – Š27420 (Š7) je jiná situace z hlediska směrového vedení stoky v obloucích, než uváděl GIS Brněnských vodovodů a kanalizací a.s., a než předpokládala původní projektová dokumentace. Pod rušnou křižovatkou, kde nadloží nad štolou bylo pouze 3,5 m, byla dle projektu navržena kruhová ocelová důlní výztuž K24 o průměru 3160/3560 mm (obr. 1). Situace v ČR dozrála k ukončení výroby ocelové důlní výztuže ve firmě Liberty Ostrava (dřívější Nová huť Klementa Gottwalda, pozdější Nová huť a Arcelor Mittal Steel Ostrava) [2] a nezbývalo než přejít k jinému dodavateli. Jedním z nich je firma Huta Łabedy S.A. z Polska.

1.1 Inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry na předmětné lokalitě

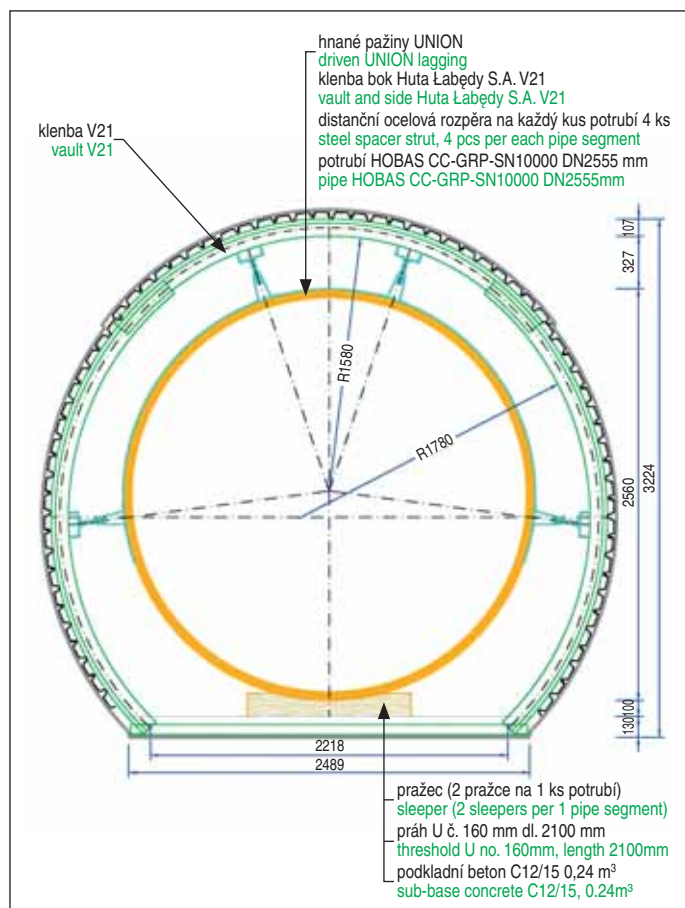
Rekonstruovaná štola je situovaná převážně v údolním dně říčky Ponávky. Podle geomorfologického členění náleží k oblasti Brněnská vrchovina, celku Bobravská vrchovina, podcelku Řečkovicko-kouřimský prolom, okrsku Řečkovický prolom. Údolní niva je lemována stupni říčních teras. Povrchové útvary se utvářely v kvartéru za rozsáhlé denudační a akumuláční činnosti. Morfologii zájmového území odpovídají i rozdílné geologické poměry svrchních vrstev. V údolní nivě jsou uloženy povodňové sedimenty

1. USE OF V21 MINE SUPPORT FROM HUTA ŁABĘDY S.A. ON A CONSTRUCTION SITE IN BRNO

In the years 1990–91, as part of the project “Brno – Svitavská radiála, Ponávka III,” the main sewer C was constructed on Sportovní Street in Brno [1]. At the start of construction work, it was discovered that in the reconstructed section between Š32727 (Š6B) – Š27420 (Š7), the horizontal alignment of the sewer in the curves was different than stated by the GIS of Brno Waterworks and Sewage Ltd., and different from what the original project documentation had assumed. Under a busy intersection, where the overburden above the tunnel was only 3.5m, the project proposed a circular steel mine support K24 with a diameter of 3160/3560mm (Fig. 1). The situation in the Czech Republic matured to the termination of steel mine support production at Liberty Ostrava (formerly Nová huť Klementa Gottwalda, later Nová huť and Arcelor Mittal Steel Ostrava) [2], and there was no option but to switch to another supplier. One of these is the company Huta Łabedy S.A. from Poland.

1.1 Engineering geological and hydrogeological conditions at the site

The reconstructed tunnel is situated mainly in the valley bottom of the Ponávka stream. According to geomorphological classification, it belongs to the Brno Highlands area, the Bobrava Highlands unit, the Řečkovice-Kouřimský fault trough subunit, Řečkovice fault trough district. The valley floodplain is bordered by river terrace steps. The surface formations developed in the Quaternary sediments during extensive denudation and accumulation processes. The morphology of the area corresponds to different geological conditions of the



Obr. 1 Příčný řez novou kanalizační štolou na ulici Sportovní v Brně
Fig. 1 Cross-section of the new sewer tunnel on Sportovní Street in Brno

Ponávky a antropogenní uloženiny, na akumulčních terasách jsou naváty spraše.

V tektonicky predisponovaném území se nacházelo terciární řečiště paleotoku. Paleogenní sedimenty jsou reprezentovány jíly až prachovitými jíly, v nich se vyskytují polohy jemnozrnného písku. Bázi paleogenních sedimentů tvoří drobnozrnný slepenec.

V nadloží štol jsou marinní sedimenty lanzendorfské série badenu. Jedná se o monotónní souvrství vápnitých vysoce plastických jílu (brněnských „téglů“). Povrch jílového souvrství není původní sedimentační. Po dokončení sedimentace byly tyto horniny vystaveny působení erozně-denudačních sil, které jejich povrch nově zformovaly, a došlo k odlehčení denudací. Vlivem geologické historie jsou jíly překonsolidované, v horních odlehčených polohách lokálně potřhané. Souvrství jílu obsahuje omezeně mocné polohy písku.

Údolní niva je tvořena dvěma vzájemně se odlišujícími souvrstvími. Svrchní část tvoří jemnozrnné, většinou soudržné povodňové hlíny, které jsou budovány špatně propustnými, horizontálně zvrstvenými, ve vertikálním i horizontálním směru slabě proměnlivými sedimenty. Zarovnávají nerovnosti v povrchu podložních hrubozrnných uloženin. Soudržné náplavy jsou jemnozrnné prachovité, zájilované, prachovito-jílovité a jílovité hlíny (až kvartérní jíly), proměnlivě písčité. Místa jsou přimíseny zetlelé organické zbytky. Spodní část souvrství údolní nivy je tvořena především hrubozrnnými sedimenty facie říčního koryta Ponávky, představovaných zde polohami šterků s různým stupněm příměsi písku. Jsou dobře opracovány, polohově s kamenitými frakcemi. Nepravidelné složení hrubozrnných nesoudržných sedimentů je příčinou různých směrů proudění podzemní vody a způsobuje kolísání a variabilitu filtračních parametrů zvodněných souvrství.

upper layers. In the valley floodplain, flood sediments of the Ponávka and anthropogenic deposits are found, while on the accumulation terraces, loess deposits have been laid down.

In the tectonically predisposed area, there was a tertiary stream paleochannel. Paleogene sediments are represented by clays to silty clays, within which fine-grained sand layers occur. The base of the Paleogene sediments consists of fine-grained conglomerate.

Above the tunnel there are marine sediments of the Lanzendorf series of the Badenian stage. This is a monotonous sequence of calcareous highly plastic clays (the so-called Brno «tégl»). The surface of the clay sequence is not the original sedimentary surface. After sedimentation was completed, the ground was exposed to erosional-denudational forces, which reshaped their surface and caused denudation unloading. Due to geological history, the clays are overconsolidated, locally fissured in the upper denudation-relieved zones. The clay sequence contains limited thickness layers of sand.

The valley floodplain consists of two mutually distinct sequences. The upper part is formed by fine-grained, mostly cohesive flood loams, composed of poorly permeable, horizontally stratified sediments, weakly variable in both vertical and horizontal directions. They level irregularities on the surface of the underlying coarse-grained deposits. The cohesive alluvia are fine-grained dusty, silty, dusty-clayey, and clayey loams (up to Quaternary clays), variably sandy. In places, decayed organic remains are mixed in. The lower part of the floodplain sequence is mainly formed by coarse-grained sediments of the Ponávka river channel facies, represented here by layers of gravels with varying degrees of sand admixture. They are well worked and locally contain stony fractions. The irregular composition of the coarse-grained, non-cohesive sediments causes different directions of groundwater flow and results in fluctuations and variability of the filtration parameters of the aquifer layers.

The uppermost layer consists of anthropogenic sediments represented by clayey-sandy fill containing construction debris, used to level the terrain during periods of intensive construction activity. Historical anthropogenic activity also plays a role. In the Ponávka valley, ponds were built, which subsequently silted up with pond deposits of low geotechnical quality.

A continuous groundwater table is found only in the fluvial sediments in the valley floor of the Ponávka, or in the sandy gravels of the terraces above the erosional base. The groundwater table is mostly under hydrostatic pressure and, in a hydraulically relieved environment, it rises to a higher level. Groundwater level fluctuations depend on seasonal water availability, geomorphological conditions, and the movement of groundwater. Factors influencing these fluctuations include the original Ponávka riverbed, the slope and elevation of the undulating surface of the Neogene bedrock, and the variable thickness of the saturated aquifer layer.

1.2 Reconstruction Procedure for the Sewer Section

Along the route of the main sewer C (KSC), there are significant direction changes, breaks, (Figs. 2 and 3), most likely caused by the construction or concreting of the main sewer C over a section approximately 8–10m long that follows the course of the original Ponávka riverbed. In the project for the new conventionally mined tunnel, these directional breaks and curves were eliminated, the route of the main sewer was straightened, and a full reconstruction of the entire section between shafts Š6B and Š7 was proposed.

GRP (glass fiber reinforced plastic) pipes, specifically CC-GRP-SN10000 DN2555, will be inserted into the tunnel. The tunnel is being excavated with shallow overburden and crosses several engineering utility lines. The existing trapezoidal-profile tunnel,

Nejsvrchnější vrstvu tvoří antropogenní sedimenty reprezentované hlinitopísčitymi navážkami s příměsí stavebního odpadu, kterými bylo území zarovnáno při intenzivní stavební činnosti. Význam má i historická antropogenní činnost. V údolí Ponávky byly budovány rybníky, které se následně zanášely rybníčními náplavy nízkých geotechnických kvalit.

Souvislá hladina podzemní vody se nachází až ve fluvialních sedimentech v údolním dně Ponávky, resp. v terasových písčitéch štěrčích nad erozní bází. Hladina podzemní vody je většinou hydrostaticky napjatá a v hydraulicky odlehčeném prostředí se propaguje do vyšší úrovně. Kolísání hladiny podzemní vody je závislé na vodnosti období, geomorfologických podmínkách a pohybu podzemní vody. Faktory, které kolísání ovlivňují, jsou původní koryto Ponávky, sklon a úroveň zvlhčeného povrchu neogenního podloží a proměnlivá mocnost zvodnělého kolektoru.

1.2 Postup rekonstrukce předmětného úseku stoky

Na uvedené trase kmenové stoky C (KSC) jsou výrazné směrové lomy (obr. 2 a 3) způsobené zřejmě zhotovením, resp. vybetonováním, kmenové stoky C v úseku cca 8–10 m v trase původního koryta Ponávky. V projektu nové klasicky ražené štolky byly zrušeny směrové lomy a oblouky, napřímila se trasa kmenové stoky a byla navržena plnohodnotná rekonstrukce celého úseku mezi šachtami Š6B-Š7. Do štolky bude vloženo potrubí z materiálu GRP (plast vyztužený skelnými vlákny) CC-GRP-SN10000 DN2555. Štola je ražena s nízkým nadložím a kříží několik tras inženýrských sítí. Stávající štolu lichoběžníkového profilu, která má v počvě značnou šířku a má výrazné směrové lomy, bylo nutno podle původní projektové dokumentace přerazit novou štolou staticky zajištěnou důlní výztuží K24 s předráženými pažnicemi UNION (obr. 4). Výztuže K24 firmy Liberty nejsou ale v současnosti vyráběny, což komplikovalo rekonstrukci předmětné stoky. Od provádění této zakázky postupně odstoupilo několik firem, jeden dodavatel dokonce požadoval nahradit ocelovou důlní výztuž K24 přímými válcovanými profily HEB100. Až firma Erebos tuto zakázku zdárně dokončila s využitím výztuže V21 firmy Huta Łabędy S.A. [3].

Pracovní postup a jednotlivé kroky nebylo možno stanovit identické pro celý úsek. Ke každému jednotlivému pracovnímu postupu, kdy jednomu kroku odpovídaly dva rámy, muselo být přístupováno zcela individuálně. Pracovní postup také nebylo možné zobecnit z hlediska různých překážek, zakřivení stávající stoky, bourání železobetonových částí a vyřezávání různých důlních či betonářských výztuže. Bezpečný postup prací si vyžádal větší požadavky na výztuž, jednak provizorní, ale také finální, včetně délky zmáhaného úseku. Vybudování každého rámu předcházela důkladná příprava a rozvaha, posouzení

which has a wide base and distinct directional breaks, had to be re-mined according to the original design documentation using a new tunnel reinforced with K24 mine supports and pre-driven UNION lagging (Fig. 4).

However, K24 supports from the company Liberty are no longer in production, which complicated the reconstruction of this sewer section. Several companies withdrew from the project; one supplier even proposed replacing the K24 steel mine supports with straight-rolled HEB100 profiles. Ultimately, the company Erebos successfully completed the contract using V21 supports from Huta Łabędy S.A. [3].

The construction procedure and individual steps could not be standardized for the entire section. Each specific operation, corresponding to the installation of two support frames, had to

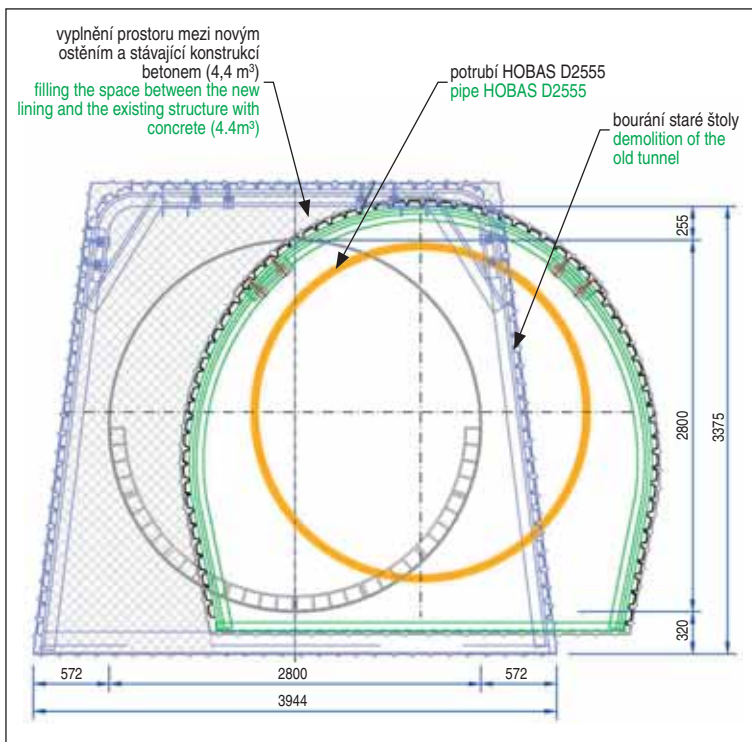


Obr. 2 Původní štola s rámy LB (lichoběžníkový průřez se sklonem bočních stran 1 : 6)
Fig. 2 Original tunnel with LB frames (trapezoidal cross-section with side slopes of 1 : 6)



pohled od těžní jámy U Š7 k šachtě Š6B
view from the hoisting shaft U Š7 towards shaft Š6B

Obr. 3 Stará štola se směrovými lomy
Fig. 3 Old tunnel with change in horizontal alignment



Obr. 4 Příčný řez starou a novou štolou

Fig. 4 Cross-section of the old and new tunnel

stavu stávající výztuže, plán pro rozmístění dodatečných podpěr a případné doplnění převážek. Základním pravidlem pro vymáhání starého lichoběžníkového rámu výztuže či zásah do zabudovaných starých pažnic UNION nebo staré výdřevy bylo vytvoření bezpečného staticky zajištěného prostoru před místem zmáhání. Výslovně bylo zakázáno odstraňovat původní důlní výztuž bez zajištění přilehlých částí štolý.

Staticky zajištěný prostor představoval:

- Jeden krok postupu s nově budovanou výztuží, zahrnující dva rámy ocelové důlní výztuže, kompletně vystrojené, zcela osazené pažnicemi UNION. Volný prostor mezi starou výztuží a pažnicemi UNION byl vyplněn betonem třídy C20/25 (obr. 5 a 6).

be approached individually. The procedure could not be generalized due to various obstacles, the curvature of the existing sewer, demolition of reinforced concrete parts, and the cutting of different types of mine or concrete reinforcements.

A safe working process required greater demands on both temporary and final support systems, including the length of the excavated section. The installation of each frame was preceded by careful preparation and assessment, evaluating the condition of the existing supports, planning the placement of additional props, and potentially adding struts.

The fundamental rule for reinforcing the old trapezoidal support frame or interfering with the installed old UNION lagging or timbering was to first create a safe, statically secured space in front of the area being excavated. It was explicitly forbidden to remove any of the original mine support structures without first securing the adjacent parts of the tunnel.

A statically secured space was defined as:

- One excavation round involving newly installed support, consisting of two fully equipped steel mine support frames, completely fitted with UNION lagging. The space between the old support and the UNION lagging was filled with concrete of class C20/25 (Figs. 5 and 6).
- In the most exposed areas, one excavation round with the newly built support was supplemented with vertical struts, which were only removed after concreting that step.

Where the existing trapezoidal support had wider spacing between individual frames, it was necessary to install new, firmly secured supports. A firmly secured excavation round always consisted of a pair of frames placed between the existing trapezoidal supports, supplemented by backfilling concrete behind the UNION lagging. These secured rounds were constructed in every second round relative to the original trapezoidal supports.

After identifying the safest location, the surrounding area was reinforced with additional props or struts. Once the braces were installed, the tunnel floor (invert) was excavated for both frames to the required depth, so that the thresholds for the new arched support could be laid. The steel mine support frames of type V21 were then installed into the placed thresholds.



Obr. 5 Postup při osazování výztuže Huta Łabedy S.A. – V21

Fig. 5 Procedure for installing the Huta Łabedy S.A. V21 reinforcement



Obr. 6 Uzavření jednoho kroku

Fig. 6 Closure of one excavation round



Obr. 7 Zajištění ocelové důlní výztuže Huta Łabedy S.A. – realizace střikaného betonu

Fig. 7 Securing the Huta Łabedy S.A. steel mining reinforcement – sprayed concrete application

b) V nejvíce exponovaných místech byl jeden krok postupu s nově budovanou výztuží doplněn o svislé stojky, odstraněné až po vybetonování jednoho kroku.

Tam, kde stávající lichoběžníková výztuž měla mezi jednotlivými rámy větší vzdálenost, bylo nutné instalovat nové výztuže – pevně zajištěné. Pevný zajištěný krok tvořila vždy dvojice rámu mezi stávající lichoběžníkovou výztuží doplněná dobetonováním za pažnicemi UNION. Pevný krok byl zhotoven vždy ob jeden krok vzhledem k původní lichoběžníkové výztuži. Po vytipování nejbezpečnějšího místa se okolí zajistilo doplňujícími podpěrami nebo převázkami. Po osazení vzpěr bylo možné vybourat dno štoly (počvu) pro oba rámy na požadovanou úroveň tak, aby bylo pro novou obloukovou výztuž možné usadit práh. Do položených prahů byly usazeny rámy z ocelové důlní výztuže V21. V místech, kde nový rám překračoval ostění nebo přístropí, byly vyřezány stávající pažnice, a to pouze na šířku cca 1 m mezi novými rámy. Po osazení dvou rámu byly v přístropí doplněny přímé díly z důlní ocelové výztuže V21 firmy Huta Łabedy S.A., které byly vloženy vně nově budované výztuže do meziprostoru pod stávající starou důlní lichoběžníkovou výztuž. Tímto způsobem bylo doplňkově zajištěno, že pokud bude nutno starou důlní výztuž v přístropí vyřezávat, budou stávající rámy opřeny o nově budovanou výztuž.

Prostor mezi novou a původní výztuží byl následně doplněn betonem. Jeden stavební krok byl uzavřen stříkaným betonem SB 25 (C 20/25) o průměrné hodnotě krychelné pevnosti v tlaku 25 MPa. Místa s mezerami mezi pažnicemi UNION byla doplněna KARI sítí, v bocích mezi kruhovou a lichoběžníkovou výztuží začilkována tak, aby mohl být celý volný prostor vyplněn betonem. Pokud byly v přístropí volné prostory, které již nemohly být vyplněny stříkaným betonem (obr. 7), vyplnil se tento prostor injektáží.

2. PRODUKTY FIRMY HUTA ŁABEDY S.A. PRO TĚŽEBNÍ PRŮMYSL A JEJICH POROVNÁNÍ S K21 A K24

Firma Huta Łabedy S.A. je jednou z nejstarších slezských oceláren v Polsku. Její počátky sahají do roku 1848, kdy byla zahájena výstavba závodu tehdy nazývaného „Hermina Steelworks“. Hlavním produktem tohoto závodu byly ocelové válcované výrobky zhotovované v pěti malých válcovnách, pro které dodávalo vstupní materiál asi dvacet vysokých pecí. První část ocelárny, přestavěná po druhé světové válce, byla otevřena v roce 1948. V posledních desetiletích byla ocelárna mnohokrát modernizována.

Huta Łabedy S.A. vyrábí přes 30 různých typů důlních výztuží, které lze nalézt v [4]. Důlní výztuže a příslušenství jsou vyvinuty ve spolupráci s Ústředním báňským institutem GIG (Główny Instytut Górnictwa), který poskytuje služby pro Huta Łabedy S.A. v oblasti návrhu, testování a certifikace vyráběných produktů.

Uvedená firma dokáže ohýbat profily V21 o délkách od 1000 mm do 5500 mm. Minimální poloměr ohybu je 1100 mm. Je také možné ohýbat „reverzně“, tedy spodní částí profilu směrem ven.

Pro některé důlní chodby se vyrábí reverzně ohnuté profily, tzn. že V-profil je ohnut proti běžně ohýbaným profilům zrcadlově. Reverzně ohýbané profily se používají při technologii stříkaného betonu, neboť usnadní výplň profilu betonovou směsí a zároveň není výztuž vystavena větší korozi při styku s horninovým masivem.

Testy ocelové důlní výztuže provedly Výzkumné technické laboratoře Opava [5].

In places where the new frame crossed the existing tunnel lining or crown, the old liners were cut out only to a width of approximately 1 meter between the new frames. After installing two frames, straight sections of the V21 steel mine support from Huta Łabedy S.A. were added in the crown area. These were inserted outside the newly built support structure into the gap beneath the existing old trapezoidal mine support.

This ensured that, if it became necessary to cut out the old mine support in the crown, the existing frames would rest on the newly constructed support.

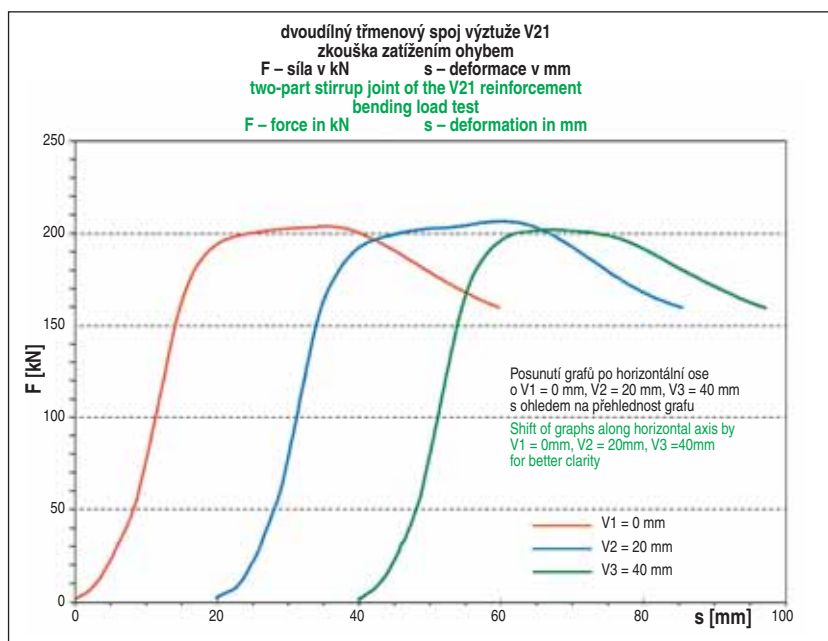
The space between the new and original support structures was subsequently filled with concrete. One excavation round was completed with sprayed concrete SB 25 (C 20/25), with an average cube compressive strength of 25MPa. Gaps between UNION lagging were reinforced with KARI mesh, and the sides between the circular and trapezoidal supports were breasted to allow the entire free space to be completely filled with concrete. If voids remained in the crown (ceiling) that could no longer be filled with sprayed concrete (Fig. 7), these spaces were filled using injection grouting.

2. PRODUCTS OF HUTA ŁABEDY S.A. FOR THE MINING INDUSTRY AND THEIR COMPARISON WITH K21 AND K24

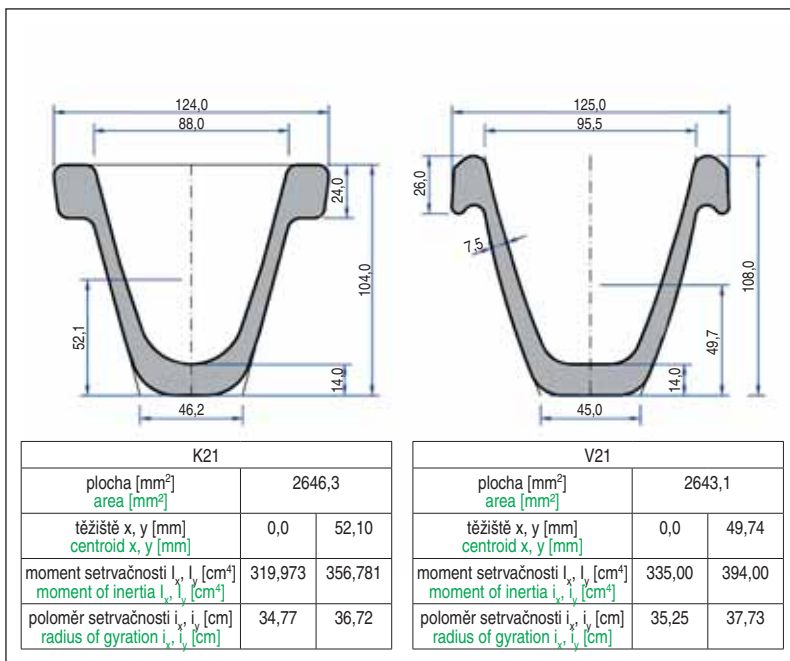
Huta Łabedy S.A. is one of the oldest Silesian steelworks in Poland. Its origins date back to 1848, when construction began on a plant then known as the «Hermina Steelworks.» The main products of this plant were rolled steel goods from five small rolling mills, supplied with feedstock by about twenty blast furnaces. The first section of the steelworks rebuilt after World War II opened in 1948, and in recent decades, the plant has undergone numerous modernizations.

Huta Łabedy S.A. currently produces over 30 different types of mining supports, which can be found in source [4]. The mining supports and accessories are developed in cooperation with the Central Mining Institute (GIG – Główny Instytut Górnictwa), which provides Huta Łabedy S.A. with services in design, testing, and certification of its products.

The company is capable of bending V21 profiles in lengths ranging from 1,000mm to 5,500mm, with a minimum bending



Obr. 8 Výsledky průběhu zkoušky při zatížení ohybem dvoudílného třmenového spoje výztuže V21
Fig. 8 Results of the bending load test on a two-part stirrup coupling of the V21 reinforcement



Obr. 9 Srovnání profilu K21 s V21

Fig. 9 Comparison of the K21 and V21 profiles

Při testech únosnosti třmenů na výztuži V21 (obr. 8) a spojek dle normy ČSN 44 4410-4 bylo zjištěno:

- třmeny vyhovují předepsanému max. zkušebnímu zatížení dle výše zmíněné normy;
- spojky vyhovují předepsanému zkušebnímu zatížení dle technické výrobní dokumentace, při zatížení normálovou silou $F_{max} = 380$ kN nebyly zjištěny žádné deformace;
- při osové zatížení normálovou silou (zkouška na prokluz) byla dosažena síla v průměru 60 kN při přesahu spoje v délce 400 mm, utahovacím momentu 250 Nm a posuvu v délce 200 mm.

Huta Łabędy S.A. nabízí také široký sortiment příslušenství pro důlní a tunelové výztuže, jako jsou: šroubové a třmenové spoje, stojky, stropnice, rozpínky a jiné. Profily ocelových důlních výztuží pro štoly a tunely řad V16, V21, V25, V29, V32, V34, V36 a USG podle PN-H-93441-1,3 se vyrábí v následujících jakostech oceli: 25G2, 31Mn4, S480W a S550W. V-profily jsou kompatibilní s TH-profily vyráběnými podle DIN 21530. Srovnání průřezu profilu K21 a V21 je uvedeno na obr. 9.

Tab. 1 Srovnání charakteristik profilu K21 a K24 s profily Huta Łabędy S.A.

Profil	I _x [mm ⁴]	W _x [mm ³]	I _y [mm ⁴]	W _y [mm ³]	F [mm ²]	Hmotnost 1 bm [kg]
V16,5	186	40	223	42	21,0	16,5
V21	335	59,3	394	63	26,8	21
V25	464	74,6	540	80	31,7	25
V29	581	87,5	756	100,5	36,3	28,5
V32	838	121,4	1174	137,3	40,9	32,1
V34	885	124	1190	139	43,5	34,1
V36	923	127,6	1229	143,7	45,2	35,5
K21	319,10	61,24	356,46	57,99	26,42	20,74
K24	372,37	69,19	404,49	65,47	26,42	23,67

3. OCEL SE ZVÝŠENÝMI PARAMETRY ŽIVOTNOSTI

Aby bylo možné uspokojit poptávku dolů po důlních výztužích, které se vyznačují zvýšenou životností, zahájila společnost Huta Łabędy S.A. ve spolupráci s IMŽ (Institutem metalurgie železa)

radius of 1,100mm. It is also possible to bend in reverse orientation, meaning with the bottom part of the profile facing outward.

For certain mine galleries, reverse-bent profiles are manufactured, meaning the V-profile is bent in the opposite (mirror-image) direction compared to standard profiles. Reverse-bent profiles are used in shotcrete technology, as they make it easier to fill the profile with concrete mixture and at the same time prevent the reinforcement from being exposed to excessive corrosion when in direct contact with the rock mass.

Tests of the steel mine supports were conducted by the Research Technical Laboratories in Opava [5].

During load-bearing tests on the V21 support stirrups (Fig. 8) and couplings according to the ČSN 44 4410-4 standard, the following results were found:

- the stirrups met the required maximum test load specified by the standard;
- the couplings met the required test load according to the technical manufacturing documentation; under a normal force $F_{max} = 380$ kN, no deformations were detected;
- during the axial force test (checking for slippage under axial load), an average force of 60 kN was achieved with coupling length of 400 mm, tightening torque of 250 Nm, and displacement of 200 mm.

Huta Łabędy S.A. also offers a wide range of accessories for mining and tunnel supports, including: bolt and stirrups couplings, struts, roof beams, spacers, and other components.

Steel support profiles for galleries and tunnels in the V-series (V16, V21, V25, V29, V32, V34, V36) and USG profiles manufactured according to PN-H-93441-1,3, are using the following steel grades: 25G2, 31Mn4, S480W, and S550W.

The V-profiles are compatible with TH-profiles produced according to DIN 21530.

A comparison of the cross-sections of the K21 and V21 profiles is shown in Fig. 9.

Tab. 1 Comparison of the characteristics of K21 and K24 Profiles with Huta Łabędy S.A. profiles

Profile	I _x [mm ⁴]	W _x [mm ³]	I _y [mm ⁴]	W _y [mm ³]	F [mm ²]	Weight 1bm [kg]
V16,5	186	40	223	42	21.0	16.5
V21	335	59.3	394	63	26.8	21
V25	464	74.6	540	80	31.7	25
V29	581	87.5	756	100.5	36.3	28.5
V32	838	121.4	1174	137.3	40.9	32.1
V34	885	124	1190	139	43.5	34.1
V36	923	127.6	1229	143.7	45.2	35.5
K21	319,10	61.24	356.46	57.99	26.42	20.74
K24	372,37	69.19	404.49	65.47	26.42	23.67

3. STEEL WITH ENHANCED DURABILITY PARAMETERS

To meet the demand from mines for mining supports characterized by increased durability, Huta Łabędy S.A., in cooperation with the IMŽ (Institute of Iron Metallurgy), initiated a project titled: "Commencement of production of V-type mining supports with increased durability achieved through a combination of high strength and corrosion resistance to mining environments."

realizaci projektu s názvem: „Zahájení výroby důlních výztuží typu V se zvýšenou životností získanou v důsledku kombinace vysoké pevnosti a odolnosti proti korozi vůči těžebnímu prostředí“.

V rámci projektu byly provedeny zkoušky korozní odolnosti vůči důlním vodám na vzorcích odebraných z profilu v jakostech S480W a S550W a srovnány s ocelí 25G2A a 31Mn4. Zkoušky byly prováděny za pomoci zařízení vyvinutého v IMŽ, které simulovalo důlní podmínky. Jedním z prvků vyvinuté metodiky bylo použití vody odebrané z dolů pro korozní zkoušky. Výsledky ukázaly, že korozní odolnost profilu z oceli S480W a S550W byla o více než 50 % vyšší než korozní odolnost profilu z oceli 25G2 a 31Mn4, navíc je koroze zastavena po dosažení určité tloušťky vrstvy korozních produktů, což je způsobeno přítomností přísad chromu, mědi a niklu v oceli. Ocel S480W nelze využít jako materiál pro výrobu výztuží, které jsou ohnuty pravoúhle, tedy o úhel 90°. Výsledky výzkumu přispěly k širokému používání důlních výztuží z oceli S480W a S550W.

4. ZÁVĚR

Na stavbě „Brno – Svitavská radiála, Ponávka III“, kmenová stoka C v ulici Sportovní, bylo nutné ze statických důvodů nahradit původní lichoběžníkovou ocelovou důlní výztuž důlní výztuží kruhovou.

Zápis projektanta 20. 5. 2024 do stavebního deníku stanovil postup, podle kterého se přestavba původní stoky s lichoběžníkovou ocelovou důlní výztuží prováděla. Zahájilo se bouráním tří výztužných rámců, vyřezáním pažnic Union a osazením dvou rámců z kruhové výztuže V21. Na rámy V21 se uložily krátké pažiny Union a po začátkování se prostor mezi pažnicemi Union a zemínou vybetonoval tak, aby došlo ke kontaktu betonu a zeminy. Další zajištění se provádělo po mezerách 1,5 m a zajištění mezi rámy a zemínou bylo stejné jako ve výše uvedeném případě. V místech, kde stará ocelová lichoběžníková důlní výztuž byla velmi hustě rozmístěna (rozteč 50–70 cm), bylo možné vynechat mezery a zajištění novými rámy provádět kontinuálně. Nové rámy byly osazovány s roztečí max. 800 mm. Vyplnění betonem pro zajištění kontaktu se zemínou bylo prováděno stejně jako v předšlém případě.

Protože se česká ocelová důlní výztuž již nevyrábí, byla při této prezentované rekonstrukci s úspěchem použita ocelová důlní výztuž z Polska od firmy Huta Łabędy S.A. Tato firma je stále vlastněna státem, tedy je jistota, že výroba ocelové důlní výztuže neskončí jako na Moravě. Lze jen doufat, že dodávky polské ocelové důlní výztuže budou možné i v budoucnosti.

*Ing. DAVID ZUBA, dzuba@drsteel.eu,
D&R Steel s.r.o.,*

*Ing. MAREK GRODZICKI, mgrodzicki@hutralab.com.pl,
Huta Łabędy s.a.,*

*Ing. JAROMÍR ZLÁMAL, zlamal@pohl.cz,
POHL cz. a.s.*

Recenzovala Reviewed by: doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.

Within the project, corrosion resistance tests against mine waters were conducted on samples taken from profiles made of steel grades S480W and S550W, and these were compared with steels 25G2A and 31Mn4. The tests were performed using equipment developed at IMŽ that simulated mining conditions. One key aspect of the developed methodology was the use of water taken directly from mines for the corrosion tests.

The results showed that the corrosion resistance of the profiles made from steels S480W and S550W was more than 50% higher than that of profiles made from steels 25G2 and 31Mn4, additionally, corrosion was halted after reaching a certain thickness of the corrosion product layer, which is due to the presence of additives such as chromium, copper, and nickel in the steel.

Steel S480W cannot be used as a material for supports that are bent at a right angle (i.e., bent 90°).

The research results contributed to the widespread use of mining supports made from steels S480W and S550W.

4. CONCLUSION

At the construction site of the “Brno – Svitavská radiála, Ponávka III,” on the main sewer C in Sportovní Street, it was necessary for statical reasons to replace the original trapezoidal steel mining support with a circular mining support.

The project engineer’s entry on May 20, 2024, in the construction logbook specified the procedure according to which the reconstruction of the original sewer with trapezoidal steel mining support was carried out. It began with the demolition of three support frames, cutting out the Union steel lagging, and installing two frames made of circular V21 support. Short Union steel sets were placed on the V21 frames, and after face breasting, the space between the Union sets and the soil was concreted to ensure contact between the concrete and the soil.

Additional securing was done at 1.5m intervals, and the securing between the frames and soil was the same as described above. In places where the old trapezoidal steel mining support was very densely spaced (spacing 50–70cm), it was possible to omit gaps and continuously secure with new frames. The new frames were installed with a maximum spacing of 800mm. The concrete filling to ensure contact with the soil was done in the same manner as previously.

Because Czech steel mining supports are no longer produced, steel mining supports from Poland’s Huta Łabędy S.A. were successfully used in this reconstruction. This company is still state-owned, ensuring that the production of steel mining supports will not end as it did in Moravia. It is to be hoped that supplies of Polish steel mining supports will remain available in the future.

*Ing. DAVID ZUBA, dzuba@drsteel.eu,
D&R Steel s.r.o.,*

*Ing. MAREK GRODZICKI, mgrodzicki@hutralab.com.pl,
Huta Łabędy s.a.,*

*Ing. JAROMÍR ZLÁMAL, zlamal@pohl.cz,
POHL cz. a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ZLÁMAL, J. *Brno, Sportovní, Rekonstrukce kanalizace, I. Etapa, změna č. 3 – Úprava trasy stávající KSC před Š7.* POHL cz, a.s., Praha – Roztoky, květen–červenec 2023.
- [2] *Katalog důlních výztuží Nová huť OSTRAVA.* Ostrava, 2006.
- [3] *Katalog důlních výztuží HUTA ŁABĘDY S.A.* Gliwice, 2022.
- [4] WWW.HUTALAB.COM.PL. *Oferta-handlowa/wyroby-dla-gornictwa.* Online. 2025. [cit. 2025-06-14].
- [5] *ZKUŠEBNÍ PROTOKOL č. A-ZP-4101/24.* Technické laboratoře Opava a.s., 2024.