

Lukáš Fiala¹

Návrh metodiky stanovování prvků zhlaví

Klíčová slova: *propustnost zhlaví, prvky zhlaví*

Úvod

Stávající platná Směrnice pro stanovování propustné výkonnosti železničních tratí a stanic SŽDC (ČD) D24 (dále jen směrnice) využívá pro stanovení propustné výkonnosti zhlaví zjišťování poměrného zatížení určitých segmentů zhlaví stanoveným rozsahem pohybů. Tyto segmenty se nazývají prvky. O jejich stanovení hovoří směrnice následovně:

„...; jejich počet musí odpovídat maximálnímu počtu jízdnicích cest (vlakových i posunovacích), které lze na zhlaví současně (souběžně, paralelně) postavit podle tabulky současně dovolených jízd vlaků. Do každého prvku se pojmu jen výměny², které pracují současně, tj. jestliže je jedna z nich obsazena určitou jízdou, nesmějí být ostatní výměny téhož prvku obsazeny jinou jízdou.“ [1]

Praxe posledních desítek let ukazuje, že podmínky stanovené v obou větách v téměř všech prověřovaných stanicích nelze splnit současně a zároveň pravidlo z druhé věty je natolik obecné, že může existovat hned několik variant stanovení počtu i rozsahu prvků na témž zhlaví. Jelikož správné stanovení rozsahu a počtu prvků je prvním a základním krokem určení propustné výkonnosti zhlaví, je nezbytné pravidla jejich určování novelizovat a výrazně konkretizovat, aby nedocházelo k nejednotnostem a zkreslování výsledků.

1. Navrhované přístupy stanovování prvků zhlaví

Základní princip byl inspirován jedním z německých analytických přístupů stanovování propustnosti zhlaví, který bere v potaz pouze topologii zhlaví a jeho hranice, nicméně nezohledňuje umístění jakýchkoliv návěstidel (podrobnosti například v [2]). Modifikací a rozšířením tohoto postupu za použití teorie grafů vznikly dva následující přístupy, jejichž uplatnění je z větší části možné i pro současnou nezměněnou metodiku výpočtu propustnosti podle zmiňované směrnice.

¹ Ing. Lukáš Fiala, 1985, absolvent oboru Technologie a řízení dopravy, Univerzita Pardubice. Externí doktorand oboru Technologie a management v dopravě a telekomunikacích, Univerzita Pardubice. V současnosti působí jako systémový specialista Oddělení podpory provozu aplikací, GR SŽDC, s. o.

² Výměna – podle dnešní terminologie by byl použit termín výhybka

a) Přístup určený jen pro jízdy bez pobytu v oblasti zhlaví

Bere v potaz jen koleje určené pro jízdy vlaků a návěstidla platná pro jízdu vlaků. Základní filozofií přístupu je, že pohyb na zhlaví musí začínat nebo končit vždy pouze na určených hranicích zhlaví. Dílčí posunové cesty s úvratí uprostřed zhlaví, kde posunový díl vyčkává na uvolnění prvků po současně probíhající jiné jízdě, se neuvažují. U případných úvratových cest, kdy začátek i konec jízdy je na téže straně zhlaví, se uvažuje obsazení všech prvků současně. Tento přístup je vhodný zejména pro zhlaví stanic s elektromechanickým zabezpečovacím zařízením, nevybavená seřaďovacími návěstidly.

b) Přístup zohledňující pobyt v oblasti zhlaví

Rozšiřuje přístup podle a) zohledněním i seřaďovacích návěstidel uvnitř zhlaví. Předpokládá, že jízda posunového dílu může končit u seřaďovacího návěstidla uvnitř zhlaví, pokud zároveň v místě stání posunového dílu existuje návěstidlo, od kterého by začala posunová cesta při jízdě úvratí. Neobsahuje-li úsek mezi těmito návěstidly žádnou výhybku a posunový díl (zpravidla jen lokomotiva) je kratší než tento úsek, uvažuje se každá jízda za samostatné obsazení dotčených prvků a pobyt na bezvýhybkovém úseku se zaznamenává samostatně. Tento přístup je vhodný zejména pro rozsáhlá zhlaví stanic s reléovým nebo elektronickým zabezpečovacím zařízením, vybavená seřaďovacími návěstidly.

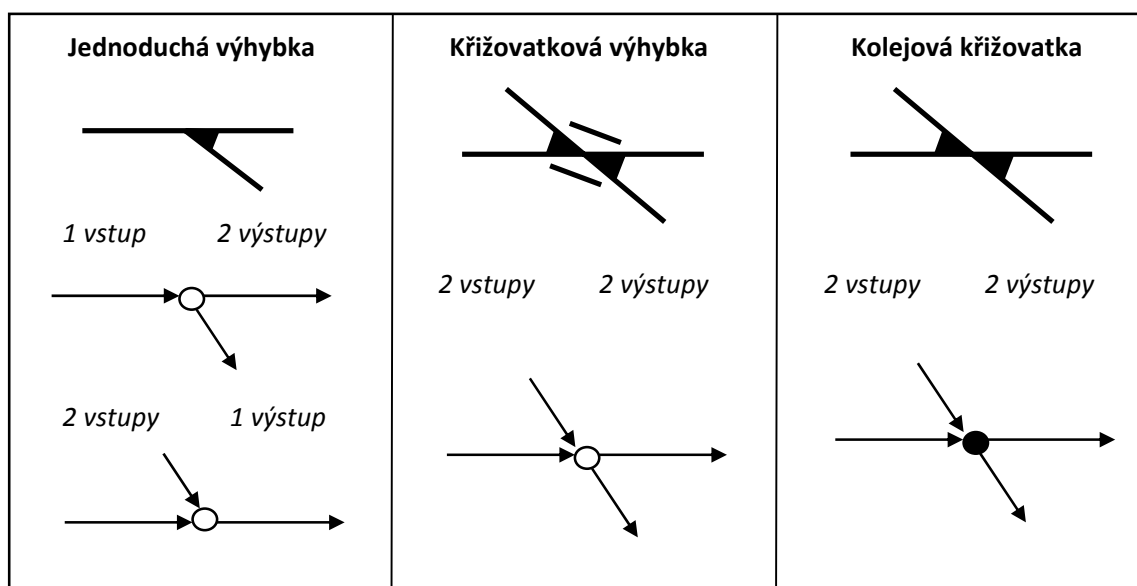
2. Prvky a jejich vlastnosti

V úvodu byl citován odstavec, který by se dal považovat za stávající definici prvku podle směrnice. Pokud bylo následně konstatováno, že zmíněná pravidla definice nelze reálně dodržet, pak je nutné tuto definici upravit. Při zachování stávajícího principu funkce prvků stále platí, že prvek je skupina výhybek včetně kolejových křížovatek, kdy obsazení alespoň jedné z nich jízdni cestou, vylučuje obsazení všech ostatních jinou cestou, přestože nejsou v rámci postavené jízdni cesty pojížděny. To však nic neříká o tom, jak je stanovit. Doposud se prvky určovaly víceméně intuitivně podle současně možných cest na zhlaví. Aby nebylo nutné prověřovat všechny možné kombinace jízdni cest, kterých při rozsáhlejších zhlavích může být značné množství, byl hledán způsob založený pouze na vazbách mezi malou skupinou sousedících výhybek (zpravidla mezi dvojicemi nebo trojicemi), čímž se celý proces vymezení prvků zjednoduší. Pro hledání typických vlastností výhybek, které mohou tvořit společný prvek, se jako vhodný nástroj ukázala teorie grafů. Za tím tímto účelem byla zkušebně vyšetřovaná zhlaví převedena do podoby orientovaného grafu.

Orientovaný graf zhlaví

Každá výhybka a kolejová křížovatka je reprezentována jedním vrcholem a každý úsek koleje spojující jednotlivé výhybky je reprezentován orientovanou hranou v závislosti

na stanoveném směru orientace zhlaví (jeho stanovení bude popsáno dále). Celý graf zhlaví pak sestává ze dvou (resp. tří) typů struktur uvedených na obrázku 1, mezi nimiž jsou posuzovány vztahy hran sousedících vrcholů. Z obrázku 1 je patrné, že každý vrchol má jednu nebo dvě vstupní hrany a jednu nebo dvě výstupní hrany. S výjimkou krajních vrcholů grafu platí, že každá výstupní hrana n -tého vrcholu je zároveň vstupní hranou následujícího vrcholu. Tato vlastnost orientovaného grafu zhlaví je klíčová pro stanovení prvků zhlaví. Pozorný čtenář si již jistě všimnul téměř shodné interpretace křižovatkové výhybky a kolejové křižovatky v orientovaném grafu. Přestože kolejová křižovatka neumožňuje volbu směru průjezdu, liší se pouze barvou vrcholu. Jelikož při hledání množiny vrcholů patřící do společného prvku bude hrát hlavní roli vztah hrany a incidentních vrcholů, jedná se v tomto případě o zjednodušení poměrně málo významné. Naopak nevýznamné není ono barevné odlišení vrcholů. Narozdíl od ostatních vrcholů se ve stanoveném případě u takto označeného vrcholu posuzuje vztah výstupních a současně i vstupních hran. O těchto vztazích pojednávají následující odstavce.



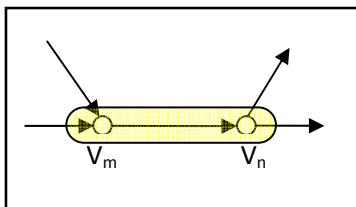
Obr. 1 - Základní struktury grafu zhlaví

Zdroj: Autor

Vztahy mezi vrcholy vymežujícími prvek

Na orientovaném grafu je prvek možné vidět také jako podgraf, sestavený podle určitých pravidel, která je možné aplikovat jak na jednotlivé vrcholy, tak i na již vybranou skupinu vrcholů a hran tj. prvek resp. podgraf. Pokud je některé pravidlo uplatňováno na již jednou vybraný podgraf, je takový podgraf považován za jediný vrchol se všemi vstupními a výstupními hranami původních vrcholů incidentních s vrcholy mimo vlastní prvek. Na prvek lze uplatnit pouze pravidlo se stejným nebo vyšším číslem, na základě kterého vznikl. Tato pravidla byla stanovena následovně:

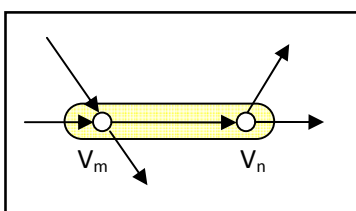
1. Má-li vrchol V_m následníka V_n (tj. V_m tvoří začátek a V_n konec téže orientované hrany), který je jediným následníkem vrcholu V_m , pak oba patří do společné množiny vrcholů – téhož prvku.



Obr. 2 - Pravidlo sloučení vrcholů 1

Zdroj: Autor

2. Má-li vrchol V_n předchůdce V_m (sousední vrchol na začátku orientované hrany), který je jediným předchůdcem vrcholu V_n , pak oba patří do společné množiny vrcholů – téhož prvku.

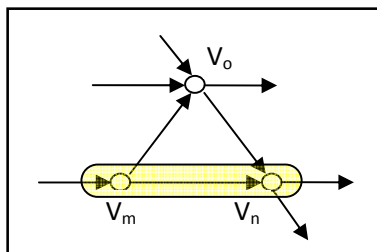


Obr. 3 - Pravidlo sloučení vrcholů 2

Zdroj: Autor

Z toho plyne, že každý vrchol představující jednoduchou výhybku, který není krajním vrcholem grafu, je vždy součástí prvku čítajícího alespoň jednu další výhybku nebo kolejovou křižovatku.

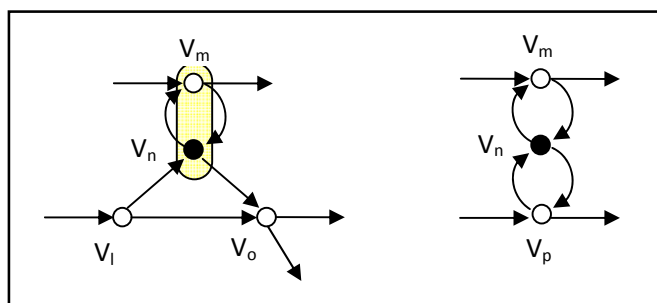
3. Má-li vrchol V_m právě dva následníky V_n a V_o a platí-li, že vrchol V_n má právě dva předchůdce V_m a V_o , pak vrcholy V_m a V_n patří do společné množiny vrcholů – téhož prvku. Ekvivalentně toto pravidlo platí, je-li libovolný z vrcholů nahrazen prvkem čítajícím více vrcholů. Pak se na prvek nahlíží jako na vrchol s větším počtem vstupních a výstupních hran (viz. vrchol V_3 na obrázku 4).



Obr. 4 - Pravidlo sloučení vrcholů 3

Zdroj: Autor

4. Má-li černě označený vrchol V_n jednoho následníka V_m , který je zároveň jeho předchůdcem, pak jsou tyto dva vrcholy součástí společné množiny vrcholů – téhož prvku. Má-li černě označený vrchol V_n dva následníky V_m a V_p , kteří jsou zároveň jeho předchůdci, může být vrchol V_n součástí množiny vrcholů s jakýmkoliv jedním z nich.



Obr. 5 - Pravidlo sloučení vrcholů 4

Zdroj: Autor

Pravidlo 4 se uplatňuje jen na vrcholy představující kolejové křižovatky, které nebylo možné přiřadit do společné množiny s jiným vrcholem. Z toho lze vyvodit, že uplatňování pravidel je nutné provádět postupně v pevném pořadí, tak jak jsou očíslována. Jejich aplikaci blíže osvětlí praktický příklad v závěru tohoto článku.

3. Bezvýhybkové úseky

Na zhlavích ovládaných reléovými nebo elektronickými stavědly bývá rozmístěno množství seřadovacích návěstidel, u kterých mohou končit dílčí posunové cesty. Na řadě takových míst může pravidelně docházet k zastavení posunového dílu například z důvodu zamýšlené úvratové jízdy. Pokud k takovému zastavení dojde na výhybce (z našeho pohledu tedy na prvku), dochází k jeho započítání do doby obsazení příslušného prvku. Pokud ovšem posunový díl nestojí na žádné výhybce ani mezi výhybkami téhož prvku, ale ani mimo prostor zhlaví a přesto je umožněna jízda po všech výhybkách (byť ne všemi směry, díky obsazenému úseku posunovým dílem), na základě čeho se vyjádří obsazení zhlaví? Fyzicky není obsazen žádný prvek, ale přesto je zhlaví obsazeno a možnosti jízdy přes něj omezeny. Doposud se povětšinou postupuje obdobně jako u vlakových cest. Tedy započítáním prostoje při posunu do prvků obsazovaných posunovou cestou, protože není k dispozici jiná možnost. Tuto možnost má poskytnout nový segment pro stanovení propustné výkonnosti zhlaví tzv. bezvýhybkový úsek.

Na rozdíl od dosud popisovaných prvků má bezvýhybkový úsek uplatnění pouze u přístupu zohledňujícího možnost pobytu v oblasti zhlaví.

Vymezení bezvýhybkových úseků

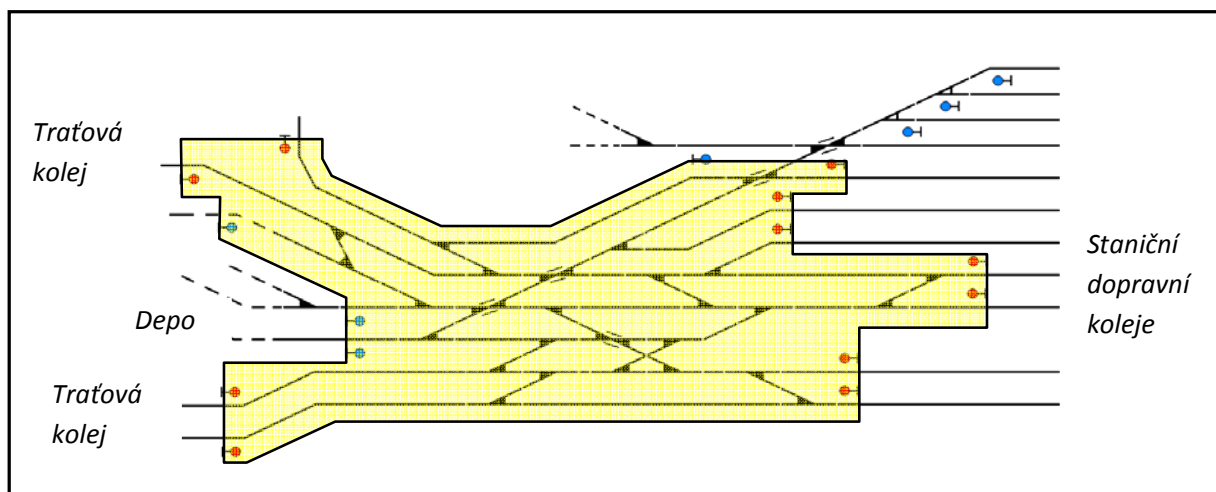
Bezvýhybkový úsek tvoří dvojice vstřícně umístěných návěstidel platných pro posun, mezi kterými se nenachází žádná výhybka ani křižovatka. Za návěstidlo platné pro posun se pro tento účel považuje seřadovací návěstidlo, hlavní návěstidlo platné pro posun, označnické nebo vyčkávací návěstidlo. Je to tedy úsek koleje uvnitř zhlaví nebo na záhlaví ohraničený z obou stran vyjmenovanými návěstidly.

Nachází-li se bezvýhybkový úsek mezi dvěma výhybkami, tvoří překážku jejich sloučení do společného prvku, jako by spolu vůbec nesousedily. Proto se bezvýhybkové úseky zakreslují do schématu kolejiště před slučováním výhybek do společných prvků. Nicméně jak bylo řečeno výše, bezvýhybkový úsek má smysl jen v případě, že při jeho obsazení bude zachována možnost uskutečnění cesty přes všechny prvky. Úseky sousedící s prvkem, který má jediný vstup nebo jediný výstup pouze přes bezvýhybkový úsek, toto nesplňují, a proto se na závěr postupu hledání prvků s takovými prvky slučují.

4. Společné dílčí kroky navrhovaných přístupů

Určení technologických hranic oblasti zhlaví

Účelem hranice zhlaví je vymežit oblast s podobnými vlastnostmi, ve které bude propustnost zkoumána. Tato oblast se může lišit od pojmu zhlaví, tak jak je definován dopravním předpisem. Stanovení oblasti zkoumaného zhlaví je velmi důležité zejména v případech rozsáhlých stanic, kde na sebe navazují obvody, ve kterých mohou být jízdy vlaků nebo zejména posunových dílů uskutečňovány nezávisle. Do oblasti zkoumaného zhlaví se nezahrnou části s převažujícím posunem a nezávisle obsluhovanými manipulačními kolejemi.



Obr. 6 - Technologické hranice zhlaví

Zdroj: Autor

Obecná pravidla stanovení hranic zhlaví

Ze směru od dopravních staničních kolejí jsou hranicemi vždy hlavní návěstidla nebo jiná návěstidla označující konce vlakových cest. Ze směru od traťových kolejí tvoří hranici vjezdová návěstidla, čímž je zahrnuto i záhlaví traťových kolejí. Tento úsek je zahrnut, jelikož jeho obsazení posunovým dílem znemožňuje postavení jízdních cest na navazující traťovou kolej a vylučuje tak část jízd přes zhlaví. Hranici z obvodů dep, skupin směrových kolejí, odstavných kolejí a vleček tvoří buď seřaďovací návěstidlo, nebo poslední výhybka pojížděná i při jiných cestách než do nezahrnutých obvodů.

Směrová orientace zhlaví

Pro stanovení směrových vazeb mezi výhybkami (budoucími prvky) je nutné určit směrovou orientaci zhlaví, od které se bude odvíjet smysl orientace grafu zhlaví. Směr orientace musí být rovnoběžný se směrem pojíždění zhlaví – tj. buď od trati do stanice, nebo od stanice na trať. Volba směru sice nemá na výsledek žádný vliv, její důležitost tkví v definování posloupností výhybek a křižovatek při cestách přes zhlaví. V závislosti na zvoleném směru orientace pak považujeme traťové koleje na jedné straně zhlaví za vstupní a staniční koleje na opačné straně zhlaví za výstupní, případně naopak. Autorovi se osvědčilo stanovovat orientaci tak, aby vstupních kolejí bylo méně než výstupních.

5. Společná pravidla slučování výhybek a prvků

Aby při ručním stanovování prvků nebylo nutné schéma kolejiště překreslovat do podoby orientovaného grafu, jsou stanovená pravidla hledání prvků upravena do podoby pro sloučení výhybek a prvků, která lze snadno uplatnit na schématu kolejiště. Navíc pravidly *a.* a *b.* lze velmi často sloučit více než polovinu výhybek, díky čemuž je uplatnění dalších pravidel jednodušší. Pravidla se uplatňují postupně od *a* po *d.*

Při slučování výhybek a prvků se postupuje ve směru orientace zhlaví.

Pozn.: šedě jsou vyznačeny prvky sloučené v některém z předchozích kroků

Tab. 1 - Pravidla slučování výhybek

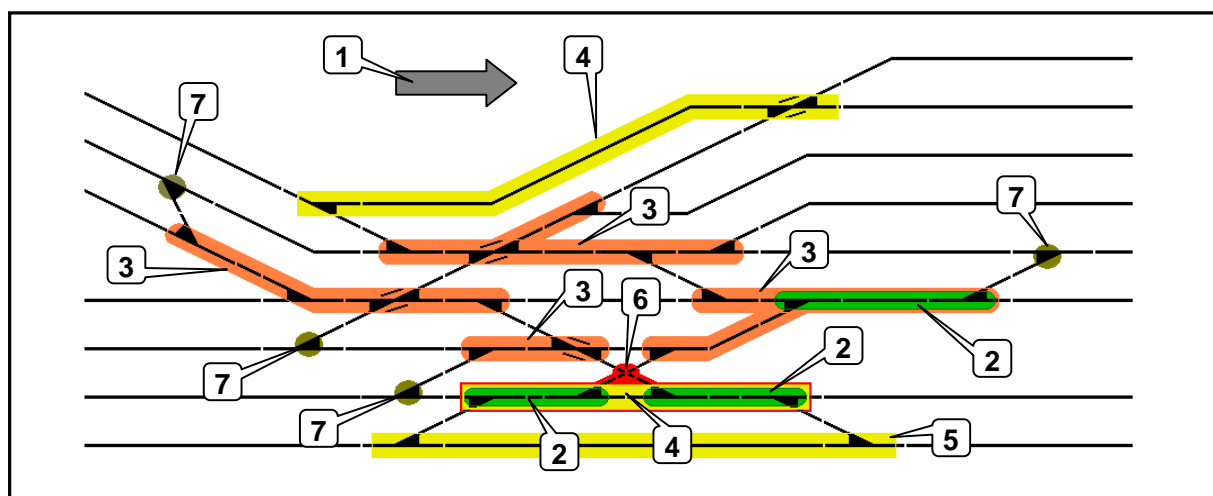
Zdroj: Autor

Pravidla pro sloučení výhybek a prvků	Příklady	
a. Dvě jednoduché výhybky sousedící výměnou		
b. Skupina jednoduchých výhybek sousedících srdcovkovou a výměnovou částí; kolejová křižovatka nebo křižovatková výhybka sousedící s výměnovou částí jednoduché výhybky		
c. Dvě výhybky sousedící srdcovkovou částí nebo dva sousedící prvky, kdy první má jen dvě výstupní hrany a druhý pouze dvě vstupní hrany, přičemž jejich zbývající nesousedící vstupní a výstupní hrana vede do společného sousedního prvku		
d. Samostatná kolejová křižovatka se vstupní a výstupní hranou vedoucí do téhož prvku. Pokud jsou takové prvky dva, přiřadí se k libovolnému z nich.		

6. Příklad postupu stanovení prvků pro jízdy bez pobytu v oblasti zhlaví

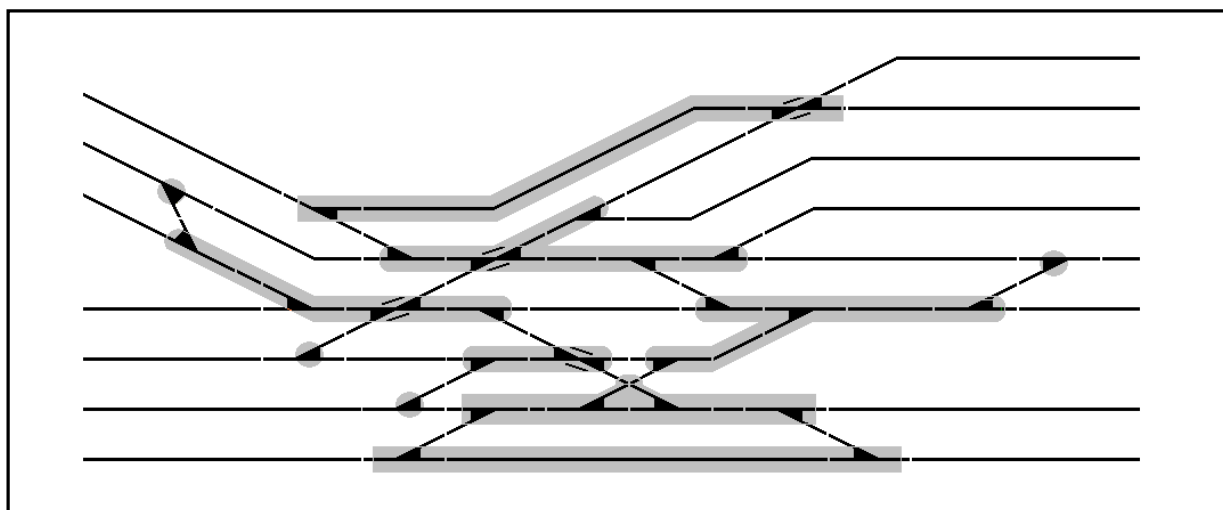
Pro snazší orientaci v postupu je každý krok vyznačen číslem a barvou

1. Stanovení hranic zhlaví (vychází z obr. 6) a jeho směrové orientace
2. Vyznačení skupiny výhybek podle pravidla a (zelená)
3. Vyznačení skupiny výhybek podle pravidla b (oranžová)
4. Vyznačení skupiny výhybek podle pravidla c (žlutá)
5. Prověření možnosti opětovného vyznačení výhybek podle pravidla c v sousedství prvku vzniklého v předchozím kroku (žlutá)
6. Přiřazení kolejové křižovatky podle pravidla d (červená)
7. Označení zbývajících výhybek jako samostatné prvky (hnědá)



Obr. 7 - Postup vyhledání prvků

Zdroj: Autor



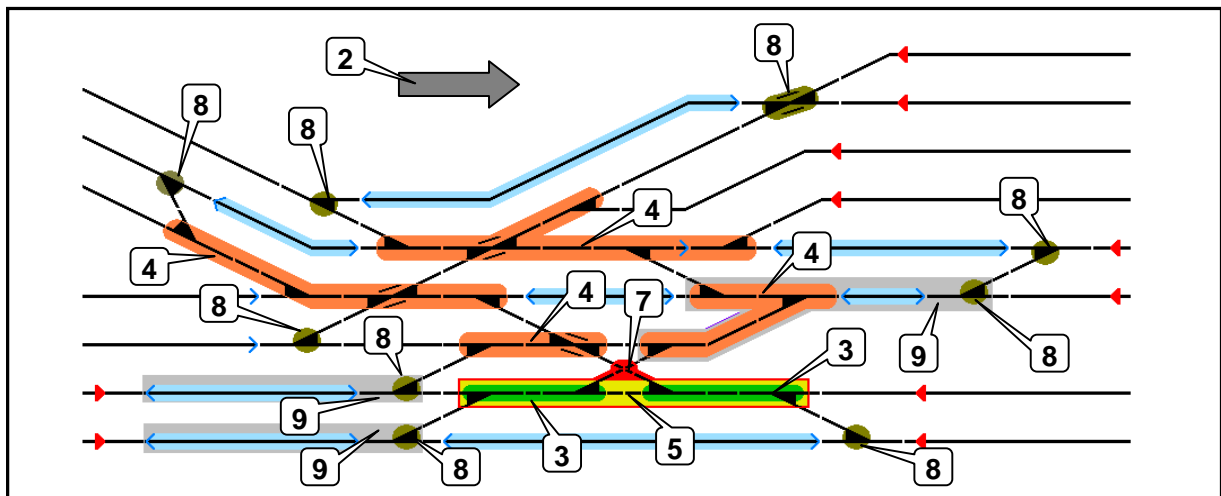
Obr. 8 - Výsledek stanovení prvků

Zdroj: Autor

7. Příklad postupu stanovení prvků zhlaví pro jízdy s možností pobytu v oblasti zhlaví

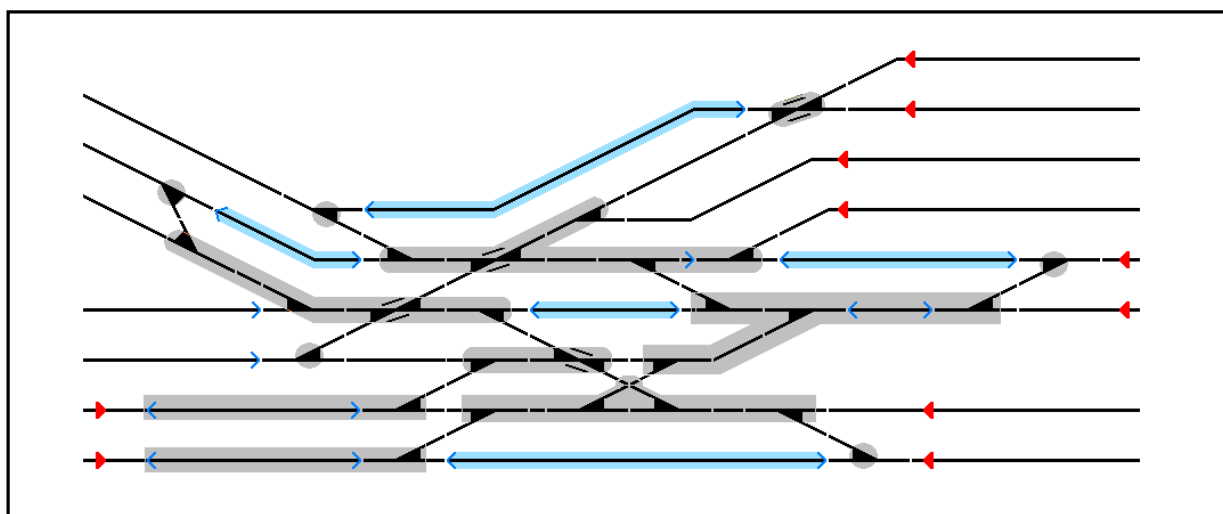
Pro snazší orientaci v postupu je každý krok vyznačen číslem a barvou. Na rozdíl od předchozího příkladu jsou ve schématu kolejiště zakreslena světelná návěstidla (seřaďovací modře, hlavní červeně), aby bylo možné stanovit bezvýhybkové úseky.

1. Vyznačení bezvýhybkových úseků mezi dvěma návěstidly platnými pro posun (světle modré neočíslované)
2. Stanovení hranic zhlaví a jeho směrové orientace
3. Vyznačení skupiny výhybek podle pravidla a (zelená)
4. Vyznačení skupiny výhybek podle pravidla b (oranžová)
5. Vyznačení skupiny výhybek podle pravidla c (žlutá)
6. Prověření možnosti opětovného vyznačení výhybek podle pravidla c v sousedství prvku vzniklého v předchozím kroku (v tomto případě nenastává)
7. Přiřazení kolejové křižovatky podle pravidla d (červená)
8. Označení zbývajících výhybek jako samostatné prvky (hnědá)
9. Sloučení bezvýhybkových úseků s prvky, které mají jediný vstup / výstup pouze do nebo z tohoto úseku (světle šedá)



Obr. 9 - Postup vyhledání prvků

Zdroj: Autor



Obr. 10 - Výsledek stanovení prvků

Zdroj: Autor

Závěr

Navržené přístupy hledání prvků nejsou optimalizační, nicméně představují možnost systémově jednotného přístupu k jejich stanovení. Autor si uvědomuje nutnost komplexnější novelizace celého přístupu k analytickému stanovení propustné výkonnosti zhlaví. Sjednocení přístupu ke stanovování prvků je jen jeden z řady možných kroků vedoucí k její realizaci.

Použitá literatura:

- [1] Směrnice pro zjišťování propustnosti železničních tratí a stanic SŽDC (ČD) D24, účinnost od 1. 10. 1965
- [2] VAKHTEL, Sergey. Rechnerunterstützte analytische Ermittlung der Kapazität von Eisenbahnnetzen. Aachen, 2002. Disertační práce. Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Vedoucí práce J. Pachi, W. Schwanhäußer

Praha, říjen 2013

Lektorovali: Ing. Radim Brejcha, Ph.D. (SŽDC, s.o.)
Ing. Otakar Fiala (nezávislý odborník)