

# Preference tramvají a autobusů světelnou signalizací metodou zelených vln

Christoph Doll a Gerhard Listl, Gevas Humberg & Partner, Německo

*V Německu požadují řidiči koordinaci světelných zařízení do zelené vlny a současně si zákazníci veřejné dopravy přejí rychle cestovat podle jízdního řádu. Jak obě skupiny uspokojit? Zkušenosti v Německu ukazují jedno možné řešení.*

## Úvod

V Německu se dopravní inženýři zabývají zelenými vlnami už od začátku 20. století. V Berlíně byl v r. 1924 úspěšně zahájen provoz prvního německého systému dopravní signalizace a už koncem dvacátých let byl na některých hlavních úsecích berlínských silnic instalován první systém zelené vlny. Již v r. 1933<sup>1</sup> byly publikovány první procedury plánování systému zelené vlny.

V současné době je podle odhadů v německých městech více než 40 000 systémů světelné dopravní signalizace. Z nich je přibližně 60 % koordinováno do zelených vln. Podle hrubého odhadu je typicky jeden systém světelné dopravní signalizace instalován na 1 000 až 1 200 obyvatel. Například v Mnichově s celkovým počtem obyvatel asi 1,31 milionů je v současnosti instalováno přibližně 1 100 systémů světelné dopravní signalizace; v Hamburku 1 700 těchto systémů na 1,75 milionů obyvatel.

V průběhu desetiletí byl systém zelené vlny stále rozšiřován a zdokonalován používáním mikroprocesorů. Dnes je řízení dopravy v Německu bez systému zelené vlny nemyslitelné.

Od konce sedmdesátých let a od začátku let osmdesátých se zrychlování veřejné dopravy (Öffentlicher Personennahverkehr ÖPNV) stalo předmětem zvláštního zájmu. Mikroprocesorová technologie a využití dalších nových technických možností pomohly uvést do praxe dlouhodobé představy dopravních inženýrů.

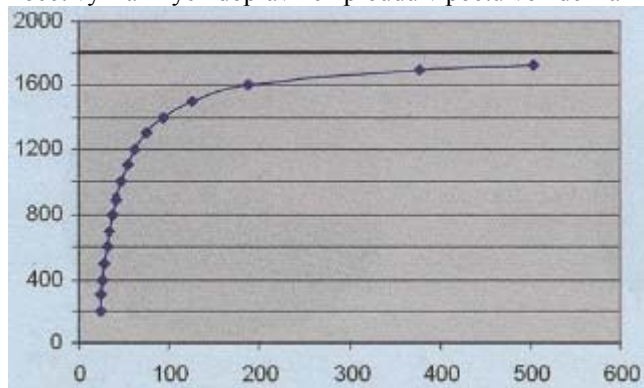
Významným přínosem v této oblasti byla aktivita politiků, kteří zajistili základní požadavky, jako například příslušnou legislativu pro financování opatření k preferenci veřejné dopravy. Zákon o financování dopravy v obcích (Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz GVFG), zaměřený na zlepšování dopravních podmínek v obcích, byl a stále je nepostradatelnou základnou pro financování téměř všech projektů zrychlení v Německu. Státní finanční pomoc poskytovaná spolkovou vládou a spolkovými zeměmi Německa činí 60 % až 90 % nákladů na projekt a představuje významnou pomoc obcím, které jsou zadavateli. Odhaduje se, že od r. 1967, kdy vstoupil v platnost zákon o financování dopravy v obcích, byla poskytnuta na finanční pomoc celková částka ve výši 57 miliard eur, ze které zhruba 50 % bylo použito na veřejnou dopravu. V r. 2004 rozpočet činil 1,7 miliard eur.

## Podpůrné podmínky pro systém zelené vlny

Směrnice pro dopravní signalizační zařízení RiLSA<sup>2</sup> v souvislosti se systémem zelené vlny uvádějí: Systém zelené vlny v síti na silničních úsecích slouží především k celkovému zkrácení cestovních dob v systému, ke zvýšení jízdního komfortu, dále ke snížení spotřeby pohonných hmot a snížení znečištění životního prostředí hlukem a emisemi výfukových

plynů. Z těchto důvodů a pro zlepšení dopravní bezpečnosti je cílem udržet na co nejnižší úrovni kolísání jízdní rychlosti jednotlivých vozidel a počet zastavení všech vozidel.

Počet významných dopravních proudů v počtu vozidel za hodinu



Čas cyklu ve vteřinách

Obr. 1: Kapacita systému světelné signalizace v závislosti na trvání signálního cyklu (zdroj: Dunker, Gleue/3/)

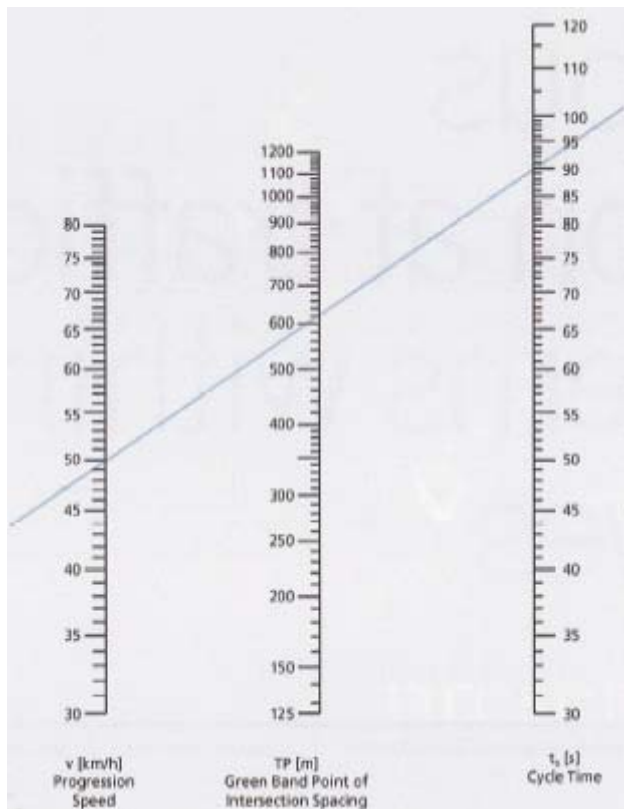
System zelené vlny představuje opatření řízení dopravy, které slouží účelu shlukování motorových vozidel a jejich efektivnímu rozvržení na silničních úsecích. Toho lze dosáhnout po zvážení fyzických podmínek, jako je trvání signálního cyklu, prostor mezi úroňovými křižovatkami, rychlostní limity a rychlost požadovaná řidiči, sled činností v každém jednotlivém dopravním signalizačním zařízení. Tento složitý úkol mají úspěšně vyřešit zkušení dopravní inženýři.

V Německu signální cyklus trvá typicky 60 až 120 sekund. Během dopravní špičky však většinou trvá mezi 80 až 95 sekundami. V průběhu těchto signálních cyklů je obvykle dosaženo optima, pokud jde o dopravní výkon na jedné straně a čekací doby chodců a cyklistů na straně druhé. Obr. 1, který je třeba kriticky podrobně posoudit pro každý individuální případ, ukazuje obecnou souvislost mezi relevantními intenzitami silničního provozu - omezeno kapacitou řízené úroňové křižovatky – a nezbytné trvání signálního cyklu systému dopravní signalizace<sup>3</sup>.

Přestože při plánování a řízení zelených vln pomáhají také moderní technologie, celkově uspokojivější řešení v každém jednotlivém případě nelze vždy dosáhnout, protože parametry, uvedené výše, nemohou být vždy ve vzájemném souladu. Velmi důležitý nástroj pro chápání návrhů systému zelené vlny představuje následující nomogram, který byl vypracován firmou Humberg<sup>4</sup>.

Příklad z tohoto nomogramu ukazuje, že kombinování 90 minutového cyklu s průměrným prostorem úroňové křižovatky 625 metrů při rychlosti pohybu vozidel 50 km/h umožňuje vytvářet optimální zelenou vlnu.

Pro úplnost je třeba uvést, že v některých případech jsou prováděna rozsáhlá dopravně závislá opatření pro řízení úroňových křižovatek. Podle odhadů je 90 % všech dopravních signalizačních zařízení v Německu vybaveno těmito moderními systémy dopravní signalizace. V případě profesionálního plánování nedochází na jednotlivých úroňových křižovatkách k žádnému konfliktu mezi poněkud nepružným pojetím opatření pro řízení systému zelené vlny a pružným dopravně závislým řízením provozu. Kromě toho lze šikovnou kombinací obou opatření pro řízení provozu dosáhnout účinků synergie.



Obr. 2: Nomogram pro diagram časových odstupů zelené vlny (zdroj: Humberg, Gevas Humberg & Partner /4/)

### Podpůrné podmínky pro zrychlení veřejné dopravy

Bývalé pokusy o dosažení preference veřejné dopravy statickými metodami, jako například koordinací veřejné dopravy se zelenými vlnami pro osobní automobily nebo uspořádáním a sledováním míst zastavení se prokázaly jako nedostačující.

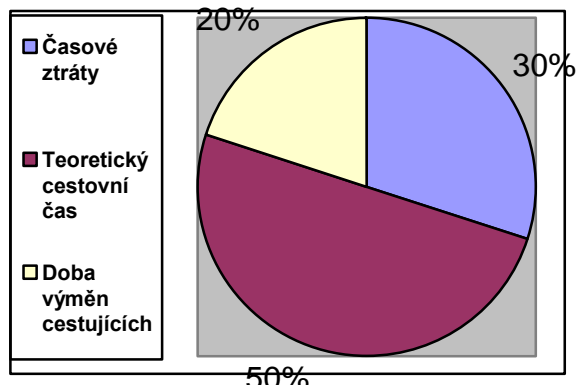
V zelených vlnách se trasy vozidel veřejné dopravy příliš liší od tras soukromých vozidel. Mění se doby odjezdů na předchozích světelných signalizacích, kolísají doby zastavení a cestovní doby mezi zastaveními způsobenými narušením dopravního proudu na trase a omezení zpomalení a zrychlení vedou k nepředvídatelnosti času příjezdu na světelných signalizacích (ve spojení se zelenými fázemi – viz <sup>5</sup>).

Hlavní časové ztráty v provozu jsou zaznamenávány na světelných signalizacích a tady je největší potenciál zlepšení.

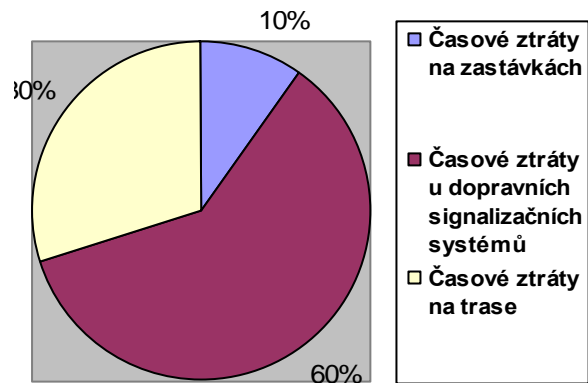
Obr. 3 ukazuje typické rozdělení časových ztrát pro tramvaje v Německu před zavedením opatření pro preferenci veřejné dopravy.

Pokusy zrychlit provoz vozidel veřejné dopravy zřizováním pruhů, vyhrazených pro tato vozidla, nevedly k úspěchu tam, kde nebyla učiněna související opatření. Analýzy nákladů a výnosů ukazují, že je prospěšnější investovat do speciálních světelných signalizací než investovat do samostatných pruhů vyhrazených pro veřejnou dopravu. Optimálních výsledků lze samozřejmě dosáhnout profesionálně plánovanou kombinací obou opatření.

### Procentuální skladba celkové cestovní doby



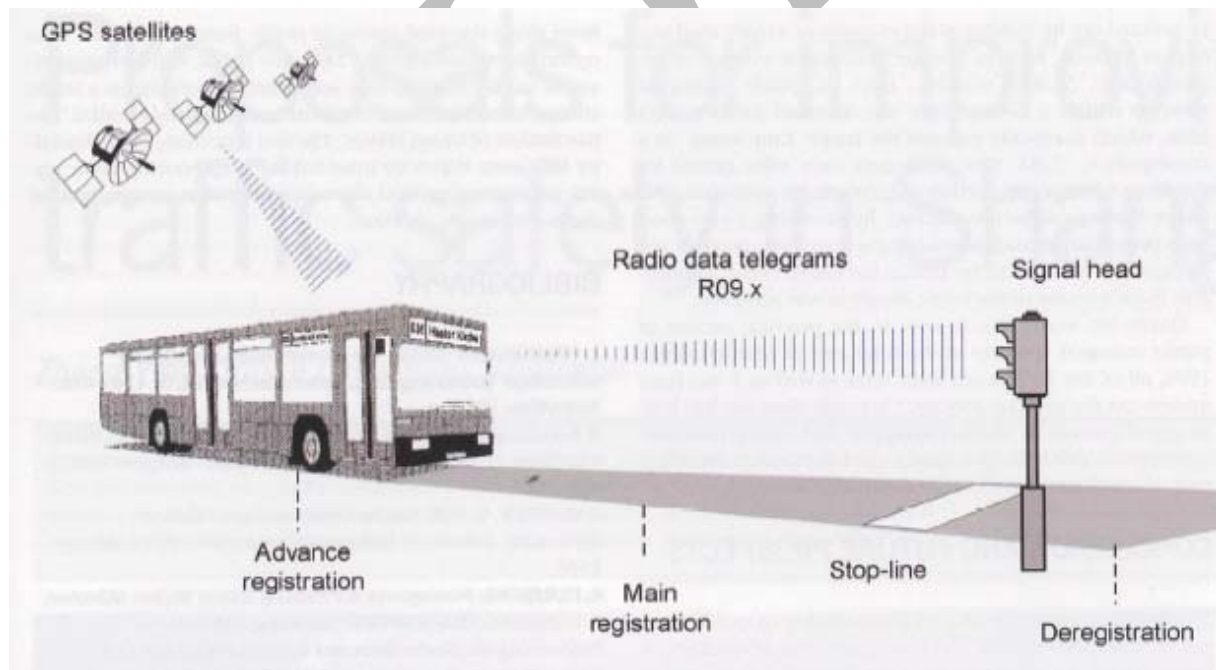
### Procentuální skladba časových ztrát



Obr. 3: Typické rozdělení cestovních dob a časových ztrát tramvaji bez preference

Efektivní preference lze docílit zejména dynamickým řízením světelné signalizace ve prospěch vozidel veřejné dopravy. Je třeba se řídit těmito instrukcemi:

- \* Při řízení dopravního proudu ve prospěch veřejné dopravy, každé vozidlo veřejné dopravy musí být individuálně registrováno a jeho cestování průběžně monitorováno po cestovní trase.
- \* Přirozené kolísání během cesty vozidla veřejné dopravy musí být kompenzováno systémem dopravně závislého řízení provozu. Zavedením příslušných registračních míst to lze řešit velmi efektivně. Obr. 4 ukazuje typickou situaci v místě registrace při vjezdu do oblasti systému světelné signalizace.



Obr. 4: Typické umístění zařízení pro registraci vozidel veřejné dopravy při jejich vjezdu do oblasti systému světelné signalizace

Všechny podpůrné podmínky pro optimální preferenci veřejné dopravy lze shrnout takto (viz také <sup>5)</sup>):

- \* V zásadě veřejná doprava vyžaduje pouze pět sekund zelené fáze, je-li správně načasována.

\* Čím je řízení provozu veřejné dopravy dynamičtější, tím méně je narušována plynulost dopravního proudu.

### **Opatření pro zrychlení veřejné dopravy metodou zelených vln**

Úkolem dopravních inženýrů je zajistit úspěch veřejné dopravy přijetím transparentních a reprodukovatelných systémů dopravně závislého řízení provozu.

V podstatě lze dynamické řízení světelné signalizace ve prospěch vozidel veřejné dopravy provádět i bez zelených vln či bez ohledu na jiné účastníky dopravního provozu. V tomto případě hovoříme o absolutní preferenci, která nepochybně vede k problémům jejího přijetí znevýhodněnou skupinou uživatelů silničních komunikací.

Nebo lze dosáhnout omezené preference veřejné dopravy a doporučit ji jako vyváženější řízení dopravního proudu a aplikováním zelených vln lze získat větší podporu všech účastníků dopravy. Veškeré intenzivní úsilí v oblasti plánování spojené s tímto opatřením vyplývá z výsledného mnohem většího celkového přínosu.

Opatření k řízení dopravy s preferencí veřejné dopravy, vypracované společností Gevas Humberg & Partner, bylo v Německu opakovaně prověřeno a vyzkoušeno. Uplatňuje principy vytváření programů signalizace s acyklickým sledem fází a s pevným signálním cyklem a v Německu je úspěšně aplikováno více než 20 let.

Opatření k řízení dopravy funguje hierarchicky s různými úrovněmi preference v případě, že se týká tramvají i autobusů:

- \* Úroveň 1: úroveň preference 1 - tramvaje
- \* Úroveň 2: úroveň preference 2 - autobusy
- \* Úroveň 3: základní stav, řízení provozu individuální automobilové dopravy v režimu (dopravně závislých) zelených vln bez adaptace veřejné dopravy.

V základním stavu systém pracuje v režimu zelené vlny přizpůsobené provozu individuální automobilové dopravy a také potřebám chodců a cyklistů tím nejlepším možným způsobem. Zlepšení s ohledem na vnímání výkonu, zejména během dopravní špičky, lze dosáhnout zavedením dalších dopravně závislých systémů řízení individuální automobilové dopravy. To vede k celkově nižší poruchovosti v individuální automobilové dopravě a také k vytváření rezerv pro upřednostňování veřejné dopravy. Úrovní řízení individuální automobilové dopravy je předřazena úroveň 1 a 2 zrychlení veřejné dopravy. Vozidla veřejné dopravy obdrží nejvyšší prioritu, takže tramvaje a autobusy mohou projíždět křižovatku s co nejmenší časovou ztrátou.

### **Úspěch v praktickém použití – příklad města Mnichova**

Specifikovaná metoda byla vědecky testována<sup>6</sup> a charakterizována jako exemplární Německým spolkovým ministerstvem pro výzkum. Výsledky praktického použití systému lze vidět při pohledu na příklad hlavního silničního úseku v Mnichově s průměrnou denní intenzitou dopravního proudu přibližně 50 000 vozidel. Zrychlení veřejné dopravy koordinováním světelné signalizace do zelených vln bylo aplikováno na dvou tramvajových linkách a došlo k významnému snížení časových ztrát tramvají. Výsledkem bylo, že o tuto linku projevilo zájem 7000 nových cestujících. Kromě toho mohly být zkoumány další návrhy

na optimalizaci systému zelené vlny. Zajištěním velmi dobré preference tramvají a zvýšením rychlosti cestování individuální automobilové dopravy o 15 % metodou zelené vlny bylo dosaženo pozoruhodného zlepšení dopravní situace.

Na závěr bychom se rádi zmínili o praktickém úspěchu zrychlení veřejné dopravy v celé oblasti Mnichova. Od r. 1994 prošlo všech 10 mnichovských tramvajových linek a čtyři autobusové linky procesem zrychlení provozu. V současné době je 240 zařízení dopravní signalizace v Mnichově vybaveno komponenty pro urychlení veřejné dopravy. Čísla, uvedená na obr. 5, se týkají projektů zrychlení tramvajové dopravy a dokládají tento významný úspěch.

Obr. 5: Výhody zrychlení tramvají v Mnichově (zdroj: König<sup>7</sup>)

Úspěch akcí:

Průměrná cestovní rychlost	=20,2 km/h
Zvýšení cestovní rychlosti	=20 %
Zlepšení v přesnosti	=38 %
Finanční výhoda	=15 %
Úspory v provozních nákladech	=4,2 milionů €/rok
Nárůst počtu cestujících	=7 – 16 %/tramvajová linka

### Závěr a vyhlídky do budoucna

Zobrazený systém zabezpečuje kompatibilitu zrychlování veřejné dopravy na jedné straně a výhody zelených vln na straně druhé, pokud jde o kompenzaci a celkovou optimalizaci.

Pro budoucnost je důležité, že společnost Gevas Humberg & Partner inovačně využívá další potenciál pro zlepšení v řízení dopravního proudu. V současné době autoři pracují na rozšíření opatření k řízení dopravy. Systém bude doplněn a zdokonalen na základě zpracování všech informací získaných z celého průběhu linkového provozu vozidel veřejné dopravy a vývoje dynamické preference veřejné dopravy. Dále také autoři pracují na systému řízení dopravy ve prospěch individuální automobilové dopravy nazvaném dynamizace zelených vln. Cílem je vytvářet větší flexibilitu pro zelené vlny spojováním on-line sousedících systémů dopravní signalizace a také jejich optimalizací na základě současné dopravní situace.

### BIBLIOGRAFIE

1. HAMBURGER (1933): Die zweckmässige Lichtfolge bei selbsttätiger Verkehrsregelung. Verkehrstechnik 14, s. 476 – 478. Berlin/Wien 1933.
2. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen – FGSW: Richtlinien für Lichtsignalanlagen – RILSA 1992 (Ausgabe 2005), Köln 2005.
3. DUNKER, GLEUE: Strassenverkehrsanlagen – Entwurf, Bemessung, Betrieb. Dr. Lüdecke-Verlagsgesellschaft, Heidelberg 1975.
4. HUMBERG: Nomogramm zur Planung Grüner Wellen. München.

5. HUMBERG, BOSSERHOFF: Steuerungsverfahren zur Priorisierung von Strassenbahn und Bus an Lichtsignalanlagen in Grüner Welle. In: Tagungsbericht HEUREKA, 93 Optimierung in Transport und Verkehr, Köln 1993.
6. GRUND, LINDNER, MASAK, BOSSERHOFF: ÖPNV -Technologieerprobung Krefeld. Sonderdruck Verkehr und Technik, Heft 7 und 8/ 1991.
7. KÖNIG: Problem oder Problemlöser? Die Rolle des ÖPNV in der aktuellen Umweltdebatte. In: Der Nahverkehr, Heft 10/2005, s. 8-12.

Originál: Tram and bus prioritisation at traffic signal systems within Green Waves  
Pramen: TEC leden 2007, s. 21 – 24  
Překlad: Lidmila Zrzavecká  
Jazyková korektura a grafická úprava: ODIS