

# A forgalmi áramlatok modellezése



A forgalomtechnikai tervezés során a **forgalmi áramlatok modellezése elengedhetetlen a paraméterek közötti összefüggések feltárásán keresztül:**

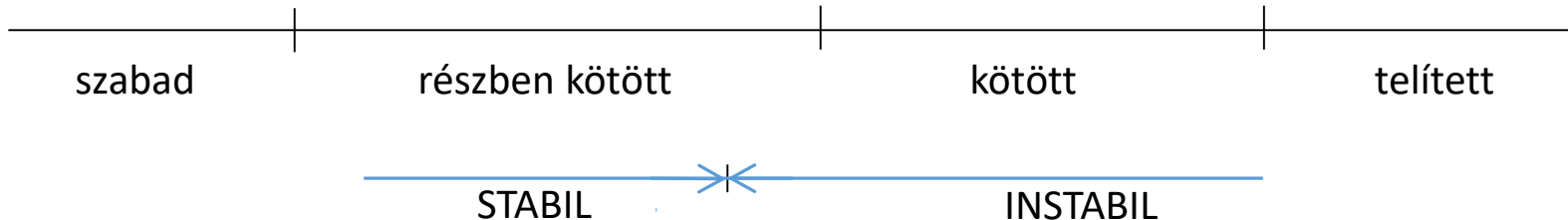
- az áramlat viselkedésének megismerése,
- mérési feladatok egyszerűsítése,
- a számítógépes modellezés biztosítása,
- forgalomtechnikai, szervezési intézkedések hatásainak kipróbálása és a tényleges forgalomszabályozás érdekében.

## **Fontosabb modellek:**

- Teljesítmény függvény.
- Folytonossági függvény.
- Greenshields modell (és további  $v(S)$  modellek).
- Hullámelméleti modell.
- Amerikai modell (HCM).

# A forgalmi áramlatok modellezése

A modellek többsége a következő **osztályozáson** alapul:

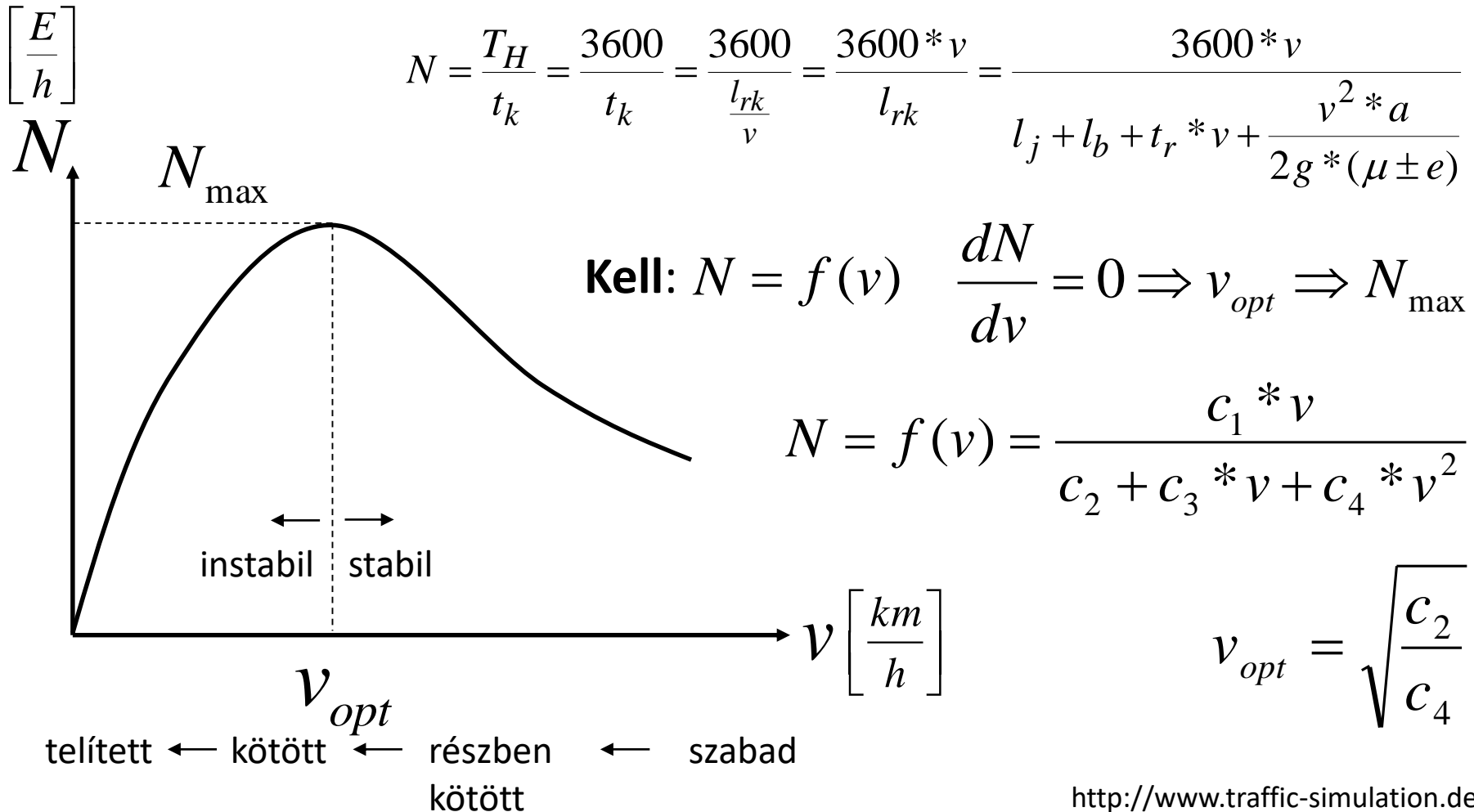


**Modell 1 célja:** a forgalom nagyságát meghatározni a forgalom lebonyolódására jellemző mennyiségekből (pályajellemzők, emberi tényező, sebesség, stb.), a **teljesítmény függvény felhasználásával**.

**Modell 2 célja:** a forgalom nagyságát a térbeni-időbeni felületre vonatkoztatva a forgalomsűrűségből és a pillanatnyi sebességből kifejezni, a **folytonossági törvény felhasználásával**.

# A teljesítmény függvény

A teljesítmény függvény **mikroszkopikus jellemző, tér tengelyhez kapcsolt** modell.

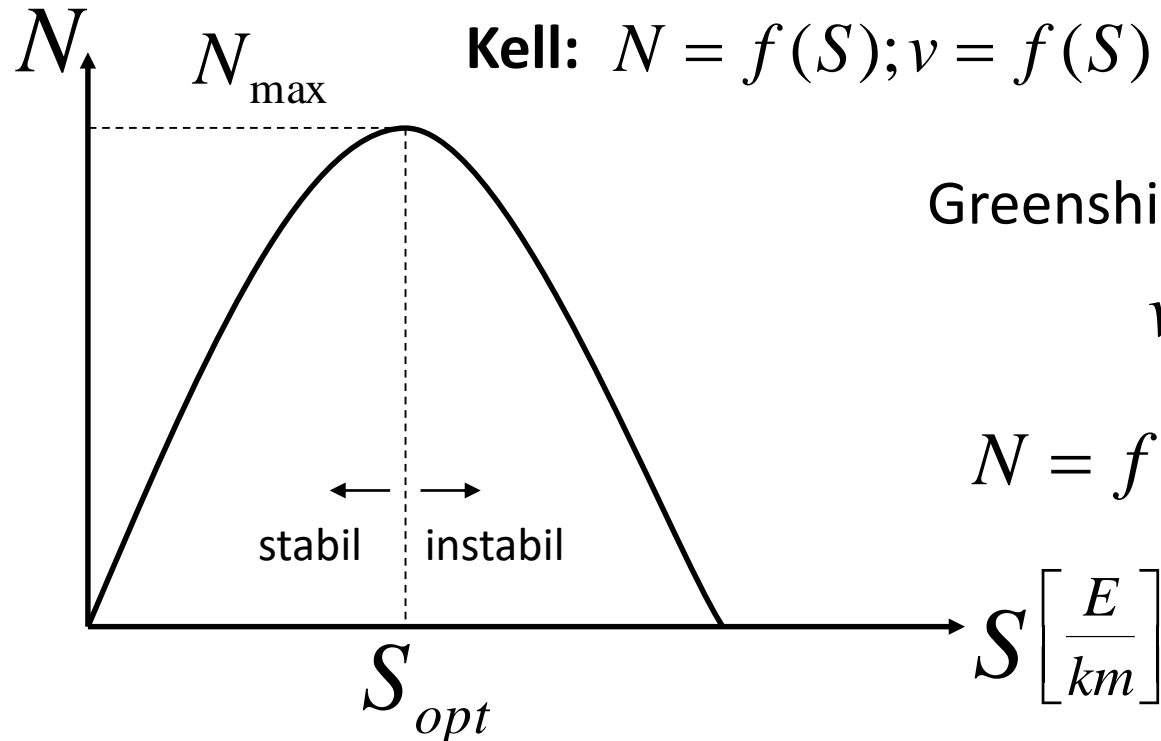


# A fundamentális vagy bázis diagram

A fundamentális diagram **makroszkopikus jellemző, idő tengelyhez kapcsolt** modell.

A diagram alapja a **folytonossági törvény**:  $\bar{N} = \bar{S} * \bar{v}_m$

**Kell:**  $N = f(S); v = f(S) \quad \frac{dN}{dS} = 0 \Rightarrow S_{opt} \Rightarrow N_{max}$



Greenshields lineáris közelítése:

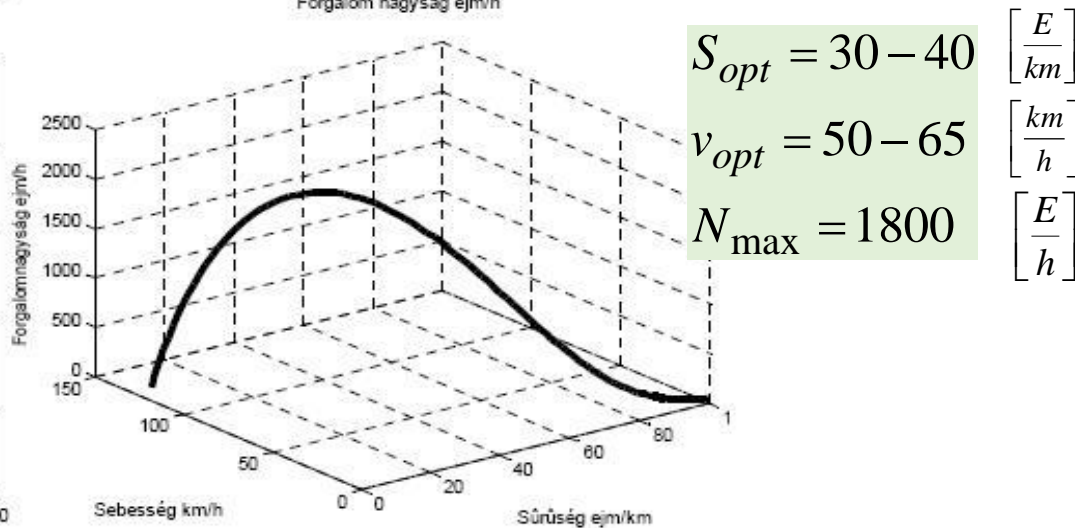
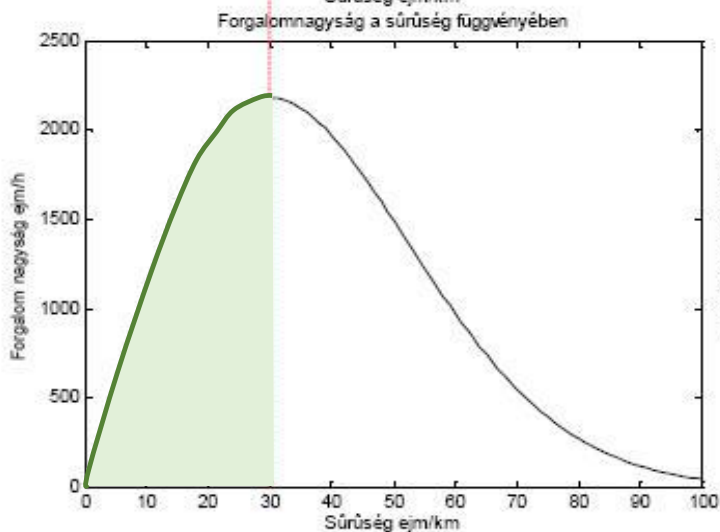
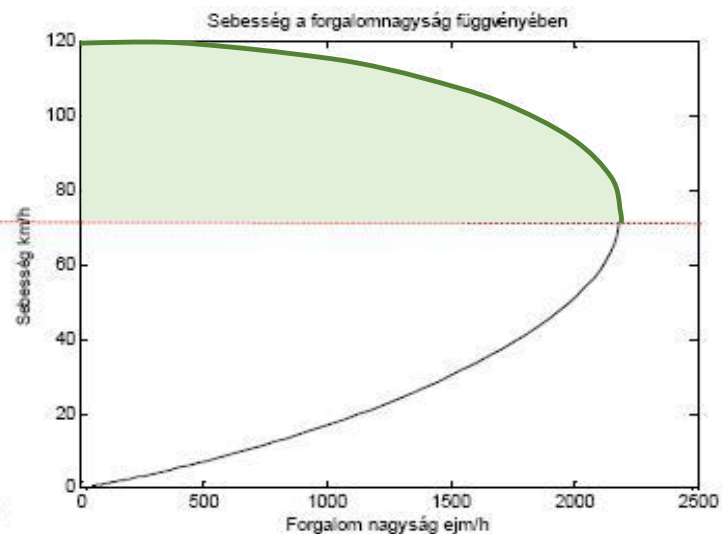
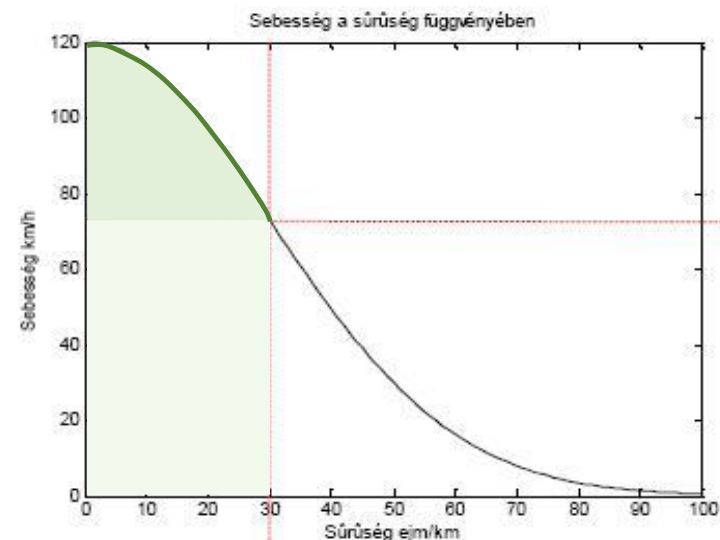
$$v = f(S) = a - b * S$$

$$N = f(S) = S * (a - b * S)$$

$$S_{opt} = \frac{a}{2 * b}$$

szabad → részben → kötött → telített  
kötött

# Az forgalomnagyság, sűrűség és sebesség közötti kapcsolat



stabil áramlat határa

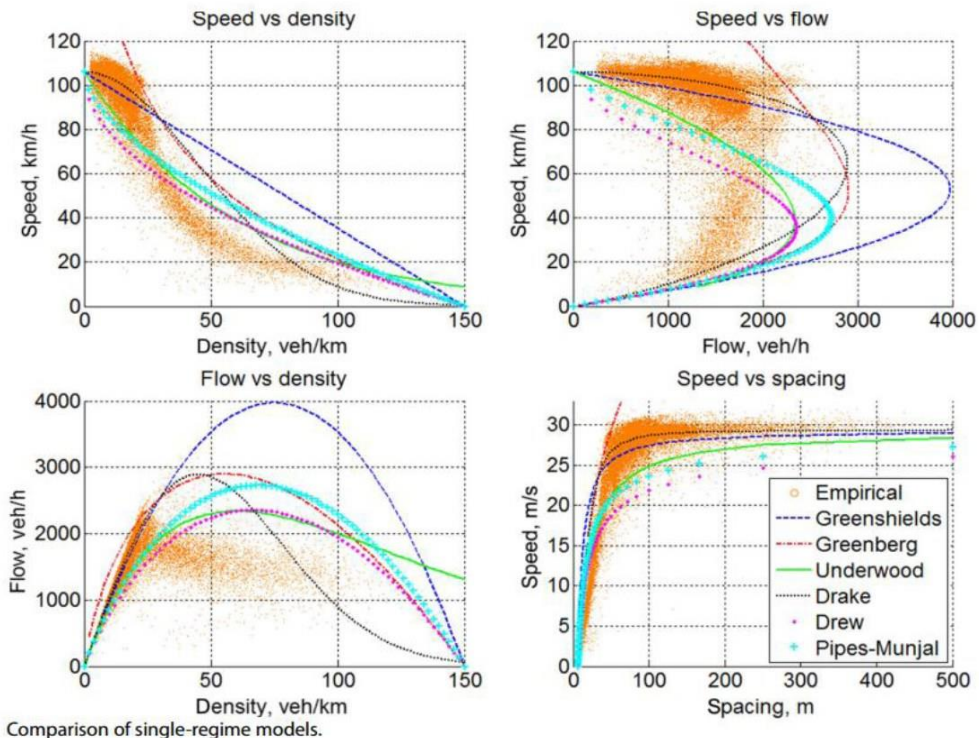
stabil áramlat „tartománya”

# A forgalomnagyság, sűrűség és sebesség közötti kapcsolat

## Single-regime models

Authors	Model	Parameters
Greenshields	$v = v_f \left(1 - \frac{k}{k_j}\right)$	$v_f, k_j$
Greenberg	$v = v_m \ln \left(\frac{k_j}{k}\right)$	$v_m, k_j$
Underwood	$v = v_f e^{-\frac{k}{k_m}}$	$v_f, k_m$
Drake et al.	$v = v_f e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{k}{k_m}\right)^2}$	$v_f, k_m$
Drew	$v = v_f \left[1 - \left(\frac{k}{k_j}\right)^{n+\frac{1}{2}}\right]$	$v_f, k_j, n$
Pipes and Munjal	$v = v_f \left[1 - \left(\frac{k}{k_j}\right)^n\right]$	$v_f, k_j, n$

$v_f$  is free-flow speed,  $k_j$  is jam density,  $v_m$  is optimal speed,  $k_m$  is optimal density, and  $n$  is an exponent.



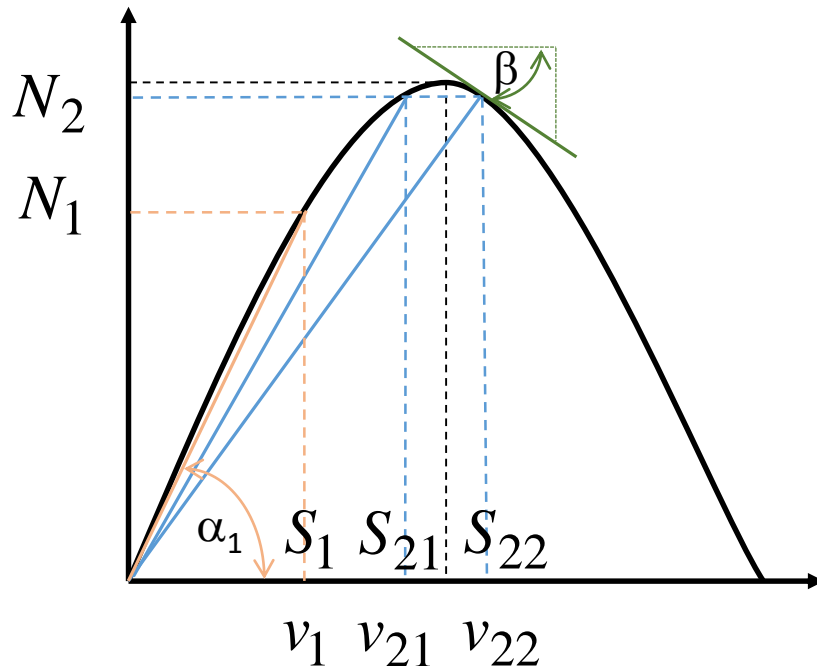
[http://urbanista.blog.hu/2014/01/19/ki\\_hibas\\_a\\_forgalmi\\_dugokert\\_senki\\_csak\\_ugy\\_lesznek\\_maguktol](http://urbanista.blog.hu/2014/01/19/ki_hibas_a_forgalmi_dugokert_senki_csak_ugy_lesznek_maguktol)

<https://futurism.com/watch-an-autonomous-car-prevent-a-traffic-jam-from-forming/>

<https://www.youtube.com/watch?v=iHzzSao6ypE>

# Modellek a forgalom leírására

**Mikro változások, azaz az áramlatból önmagából fakadó változások a sebesség megváltozásán keresztül jellemezhetők.**



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{N}{S} = v$$

$$\alpha_1 > \alpha_{21} > \alpha_{22}$$

$$v_1 > v_{21} > v_{22}$$

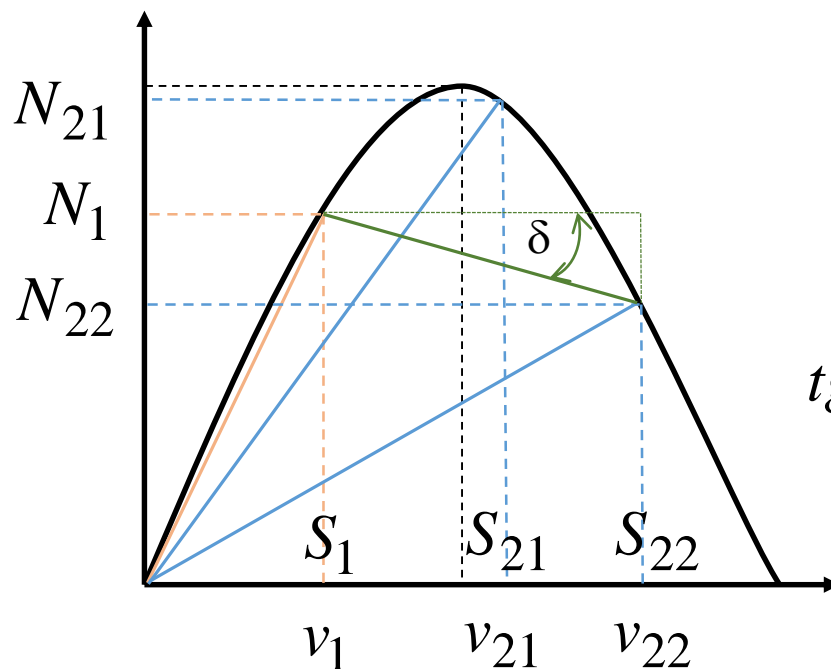
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{dN}{dS} > 0 \rightarrow \textit{stabil}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{dN}{dS} < 0 \rightarrow \textit{instabil}$$

**Stabil tartományban (21) a változás együtt megy az áramlattal, instabil tartományban (22) sűrűsödést, ritkulást okoz.**

# Modellek a forgalom leírására

**Makro változások**, azaz „kívülről bekerülő” hirtelen, nagy változások esetén az áramlat jellemzői (**N** és **S**) lökésszerűen változnak meg, jellemzésére a **hullámmélelet** alkalmazható.



$$S_1 < S_{21} \ll S_{22}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{dN}{dS} \geq 0 \rightarrow \textit{lelassul}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{dN}{dS} < 0 \rightarrow \textit{sorfelépülés}$$

$$v_{\text{lökés}} = \frac{N_{22} - N_1}{S_{22} - S_1} \pm$$

Mindenképpen az **instabil tartományba** „kerülünk”, pozitív iránytangensnél (21) „csak” lelassul az áramlat, negatív iránytangensnél (22) a **sorfelépülés** a lökeshullám sebességével megkezdődik.



# Hullámelmélet, lökeshullám sebessége

*Példa 1:* Egy útszűkület (pl. sávelhúzás miatt) 1200 E/h ( $N_1$ ) forgalmat tud átengedni 20 km/h ( $v_1$ ) sebesség mellett. Mi az útszűkület „hatása”, kialakul-e torlódás („hullámterjedés”) a következő két érkező forgalom esetében?

a) Normál forgalom érkezik:  $N_{21} = 800$  E/h;  $v_{21} = 80$  km/h

b) A csúcsidőszaki forgalom érkezik:  $N_{22} = 1500$  E/h;  $v_{22} = 50$  km/h

$$v_{l\ddot{o},a} = \frac{N_{21} - N_1}{S_{21} - S_1} = \frac{N_{21} - N_1}{\frac{N_{21}}{v_{21}} - \frac{N_1}{v_1}} = \frac{800 - 1200}{\frac{800}{80} - \frac{1200}{20}} = 8 \text{ km/h}$$

$$v_{l\ddot{o},b} = \frac{N_{22} - N_1}{S_{22} - S_1} = -10 \text{ km/h}$$

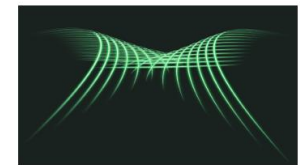
# Szolgáltatási színvonalon alapuló méretezés

A szolgáltatási színvonalon (LOS) alapuló méretezés **gyakorlati megközelítést (tapasztalati értékeket)** hordoz magában, mely **számtalan hatótényezőt** vesz figyelembe.

Az USA szabvány (amerikai modell) 6 szolgáltatási színvonalat határoz meg, amelyekhez forgalomáramlati állapotokat rendel.

A HCM-et legutóbb 2010-ben adták ki. Tartalmazza **útvonalak, közúti közlekedési létesítmények** (autópálya, autóút, főútvonal, körforgalom, rámpa, jelzőlámpás és jelzőlámpa nélkül csomópont, kisebb forgalmú út) **szolgáltatási színvonal alapú méretezését, tervezési elveit**, valamint a **közösségi közlekedés, a gyaloglás és a kerékpározás hatását** a vizsgált elemeken zajló forgalomra.

**HCM2010**  
HIGHWAY CAPACITY MANUAL



CHAPTER 1  
HCM USER'S GUIDE

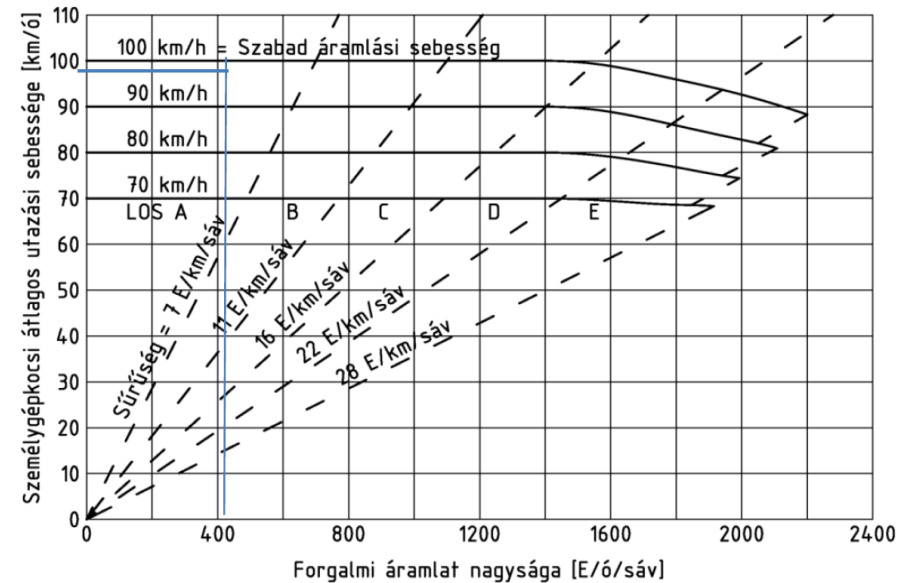
**TRB** TRANSPORTATION RESEARCH BOARD  
OF THE NATIONAL ACADEMIES

WASHINGTON, DC | WWW.TRB.ORG

# Szolgáltatási színvonalon alapuló méretezés

A szolgáltatási színvonalon alapuló méretezés során:

- a pálya- és forgalmi jellemzők munkalapra történő rögzítését követően,
- a mért forgalom nagyság és az útszakasz szabad sebessége (tervezési sebesség) alapján,
- a vonatkozó görbeseregről leolvasható a szolgáltatási színvonal,
- továbbá számítható a sűrűség és a fennálló körülményekhez tartozó átlagsebesség.



2x2 sávos síkvidéki,  
külterületi főút

# Szolgáltatási színvonalon alapuló méretezés

A magyarországi viszonyokat az MAÚT e-ÚT 02.01.11 „**6. Tervezési útmutató - Közúthálózati elemek kapacitása**”, mint ajánlás szabályozza (többek között a HCM-et alapul véve).

Az ajánlás az alábbi közúti elemek forgalmi tervezésével foglalkozik, a szolgáltatási szint vonatkozásában.

- **kétsávós főutak,**
- szintbeni csomópontok pontos forgalmi tervezése hosszú és nagy távra,
- gyorsforgalmi utak,
- rámpakapcsolatok,
- szintbeni csomópontok rekonstrukciójának közelítő forgalmi tervezése rövid távra,
- körforgalmú csomópontok közelítő forgalmi tervezése,
- kapacitást befolyásoló tényezők.

# Szolgáltatási színvonalon alapuló méretezés

**Kétsávos főutakra** a feltételek akkor tekinthetők **ideálisnak** (=2800 E/h/2 irány), ha nincsenek akadályozó tényezők:

- a tervezési sebesség legalább 96 km/h,
- a sávszélesség legalább 3,66 m, az útpadkák legalább 1,83 m szélesek,
- nincsenek előzni tilos szakaszok,
- a forgalomban az összes jármű szgk., az irány szerinti megoszlás 50-50%,
- a terep sík és folyópályáról van szó (lámpa, kanyarodási lehetőség nincs).

**Figyelembe vett akadályozó tényezők** a szolgáltatási szint megállapításánál, 2x1 sávos külterületi főútnál (folyópályán):

- az ideális feltételek melletti alapkapacitás kihasználásának mértéke a pályajellemzők függvényében ( $v/c$ , benne a terepviszony, előzés is),
- a forgalom irányok közötti megoszlása,
- tehergépjármű és autóbusz jelenléte a lejtős szakaszok arányának függvényében, valamint a sáv- és padkaszélesség.