



# Az Egyesült Királyság útpályaszerkezet-méretezési gyakorlata

## Sundis M. S. Taher, Tóth Csaba

<sup>1</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék

E-mail: [sundis.taher@emk.bme.hu](mailto:sundis.taher@emk.bme.hu), [toth.csaba@emk.bme.hu](mailto:toth.csaba@emk.bme.hu)

DOI: [10.36246/UL.2024.1.06](https://doi.org/10.36246/UL.2024.1.06)

### KIVONAT

A cikk az Egyesült Királyságban (UK) legelterjedtebben alkalmazott útpályaszerkezet-méretezési gyakorlat elemzését mutatja be, feltárja a tervezési folyamat során figyelembe vett számos tényezőt, beleértve a forgalmi terhelést, az anyagválasztást és a környezetvédelmi megfontolásokat is. Jelen cikk célja, hogy hozzájáruljon az Egyesült Királyságban alkalmazott tervezési gyakorlat megértéséhez, és hasznos segédletként szolgáljon a magyar közúti infrastruktúra fejlesztésében részt vevő mérnökök, kutatók és döntéshozók számára.

*Kulcsszavak:* útpályaszerkezet, fenntartható alapanyagok, empirikus tervezés, Highway Agency, CBR

### ABSTRACT

This paper provides an in-depth analysis of pavement design practices in the United Kingdom (UK) as outlined in the Highway Agency's Design Manual for Roads and Bridges. It is intended for engineers fresh to the subject of transportation infrastructure. It explores the numerous factors considered in the design process, including traffic loads, materials selection, and environmental considerations. The findings of this paper aim to contribute to the understanding of pavement design practices in the UK and serve as a valuable resource for engineers, researchers, and policymakers involved in transportation infrastructure development.

*Keywords:* Upper pavement; Sustainable materials; Empirical design; Highway Agency; CBR; Foundation design.

#### Sundis M. S. Taher

Lecturer and researcher at the university of Duhok/College of Engineering. Ph.D. student at the Budapest University of Technology and Economics (BME). Department of Highway and Railway Engineering/Faculty of Civil Engineering. Interested research areas: Pavement design, Asphalt, Concrete, taking in to account climate change and environmental impact.

#### Tóth Csaba

*A Magyar Mérnöki Kamara, a Közlekedéstudományi Egyesület, a Magyar Útügyi Társaság tagja, jelenleg az BME Út és Vasútépítési Tanszék docense. Korábban a Csongrád Megyei Állami Közútkezelő Kht., illetve az Állami Közúti Műszaki és Információs Kht. osztályvezetőjeként a magyar útügyi adminisztrációban dolgozott. Később a Strabag Konzern mérnökeként részt vett az épülő hazai országos közúthálózat minőségellenőrzésében, valamint a Konzern nemzetközi és hazai kutatásaiban. Közlekedési építőmérnöki szakértőként, tervezőként, illetve műszaki ellenőrként közreműködött számos hazai burkolat-megerősítési projektben. Kutatási területe: hajlékony útpályaszerkezetek igénybevétele, méretezése, teherbíró-képessége, megerősítése. Publikációinak száma: több mint 100.*

## 1. BEVEZETŐ

Az útpályaszerkezetek méretezése a felhasznált anyagok és a rétegvastagságok azon – lehetőség szerint „legjobb” – kombinációjának megtalálása, amely a tervezett élettartam alatt gazdaságosan és biztonságosan képes elviselni a várható forgalmi terhelést. Erre tekintettel az elmúlt 50 évben az aszfaltburkolatok méretezése nemzetközi tekintetben fokozatosan és jelentős mértékben fejlődött, amellet, hogy mindvégig nagy mértékben támaszkodott az empirikus gyakorlatra is. Ennek oka az a tény, hogy a pályaszerkezet tisztán elméleti modellezése a felhasznált anyagok mechanikai tulajdonságainak komplexitása miatt mind a mai napig jelentős kihívást jelent.

Az Útügyi Lapok digitális „hasábjain” időről időre megjelennek a nemzetközi pályaszerkezet méretezési eljárásokat – különböző szempontból és mélységben - áttekintő írások, így olvashattunk korábban az ausztrál [1]), a német [2], az osztrák [3] illetve a dél-koreai [4] módszerekről is. Illeszkedve ebbe a „sorozatba”, jelen cikkben az Egyesült Királyság (UK) egyik pályaszerkezetméretezési eljárását tekintjük át.

Meg kell jegyezni, hogy az alábbiakban ismertetett tervezési eljárás egyáltalán nem kizárólagos az egyesült királyságban, ahol a tervezési módszert általában az út „tulajdonosa” határozza meg. Ez magyar szemmel nagyon szélsőséges tervezői gyakorlat kialakulásához vezet. Az ún. DBFO (design, build, finance, and operate) társaságok nagyon gyakran saját, teljesítményelvű módszereket követnek, de nincs általánosan elfogadott és kizárólagosan alkalmazott módszer a városi utcák és a helyi / kisebb jelentőségű utak számára sem.

Jelenleg az Egyesült Királyságban a pályaszerkezet méretezéshez használt két megközelítés az empirikus módszer és a mechanisztikus-empirikus megközelítés [5]. Empirikus módszer, amely terepi vizsgálatok és kísérletek alapján létrehozott tervezési táblázatok vagy empirikus egyenletek felhasználásával dolgozik. A mechanisztikus-empirikus megközelítés (az Egyesült Királyságban analitikus tervezési megközelítésként is ismert) figyelembe veszi az útburkolat alapvető tönkremeneteli módjait, amikor a kritikus helyeken fellépő rugalmas alakváltozásokat vagy feszültségeket az útburkolat élettartamához viszonyítja.

A teljes angol úthálózat hossza mintegy ~305 000km, (190 000 mérföld), amelyből a kezelő hatóság, a „Highways England” útjai a teljes angol hálózat csupán 2,4%-át teszik ki, azonban a forgalom 33%-a és a teherautóforgalom több mint 50%-a ezen a hálózaton bonyolódik. Ennek is köszönhetően az Egyesült Királyságban a Highways Agency (HA) útburkolat-tervezésre vonatkozó iránymutatásai, a DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGES (DMRB) a legelterjedtebbek. Ezek a szabványok jelentős hatást gyakorolnak, különösen az anyagkövetelmények tekintetében a hálózat fennmaradó 95%-ának útjaira, amelyek esetén nincs hasonlóan átfogó iránymutatás. Ezen jelentős kiterjedésű alsórendű hálózatok esetén a kezelők jellemzően a Highways England előírásait használják a szakértelem hiánya és az esetleges kockázatok, peres eljárás elkerülése miatt. Ez gyakran vezet túltervezéshez és/vagy a helyi körülményekre, anyagokra, éghajlatra nem reagáló tervezéshez.

Ennek a sokszínű megközelítésnek is köszönhetően az Egyesült Királyság tervezési szabványaiban az empirikus és elméleti elemzés markáns szintézise jelenik meg. Szemben a korábban ismertetett német vagy osztrák gyakorlattal, az angol eljárás ugyan jellemzően más elvi és empirikus alapokon nyugszik, azonban mint látni fogjuk sokkal komplexebb rendszer és sokkal több analitikus elemet tartalmaz, mint azt talán előzetesen feltételeztük.

Jelen cikk célja, hogy a gyakorló hazai mérnököknek általános áttekintést nyújtson az Egyesült Királyság pályaszerkezet-méretezési előírásairól és az ennek szellemében zajló angol gyakorlatról.

Az áttekintésnek nemcsak az ad külön aktualitást, hogy az angol szabályozás átdolgozásra került 2020-21-ben, hanem a közelmúltban (2024. április) került ki szakmai véleményezésre a hazai szabályozás hasonló eleme, az „Aszfaltburkolatú utak, kerékpárutak, gyalogutak és járdák útpályaszerkezetei” című UME tervezet, amely hatálytalanítani tervezi a 2005-ös „Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése” című előírás mellett a „Kerékpárutak, gyalogutak és járdák pályaszerkezete, illetve a „Kisforgalmú utak pályaszerkezetének méretezése” című előírásainkat is, azokat mintegy magába olvasztva.

## 2. A SZABÁLYOZÁS FELÉPÍTÉSE

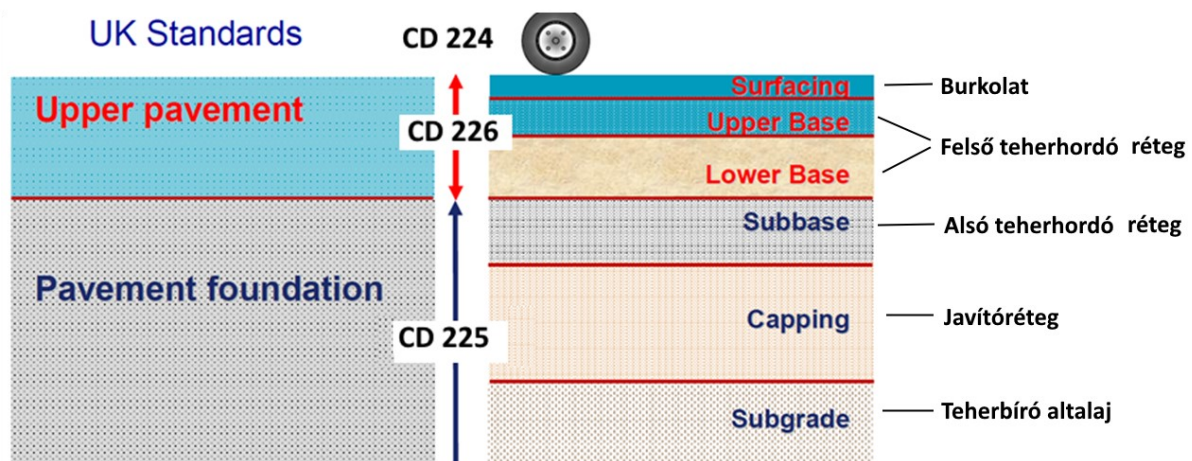
A jelenlegi HA-szabványok alaposabb technológiai ismeretek nélkül is használhatók - megjegyezve, hogy a pályaszerkezetszerkezet tervezés speciális jogosultsághoz kötött a királtságban -, mivel a legegyszerűbb eljáráshoz csupán a földmű CBR-értékei és a várható forgalom nagysága szükséges. Ez lehetővé teszi a burkolat, az alapréteg és az esetleg szükséges teherbírást javító rétegek vastagságának és anyagminőségének meghatározását.

Az angol szabályozás három fő elemre épül:

- a méretezésekorfgyeembe vett forgalmi terhelés meghatározása a „CD 224 Traffic Assessment (2020)”,
- a pályaszerkezet felső rétegeinek méretezése az „CD 226 Design For New Pavement Construction (2021)”, illetve
- a pályaszerkezetet alátámasztó rétegek anyagainak és méreteinek meghatározása a „CD 225 Design For New Pavement Foundations (2020)”

előírások szerint. A jelenleg aktuális szabályozás normaszövege a <https://www.standardsforhighways.co.uk/> weboldalon elérhető.

A pályaszerkezeti rétegek pontos magyar nyelvű megnevezését nehezíti a magyar szabályozásban az elmúlt időszakban tapasztalható terminológiai változás, amelynek zavarairól már írtunk (<https://utugyilapok.hu/2019/02/mit-nevezzunk-burkolatnak/>), ezért a következőkben, ahol szükségesnek tartjuk a rétegeket az eredeti angol elnevezésükkel és esetleg körülírással hivatkozunk. Az érthetőséget és az áttekinthetést azonban az alábbi 1. ábra segíti, ahol a magyar fordítás az „Útügyi szakkifejezések szótára” alapján készült.



1. ábra: Az angol útpályaszerkezeti rétegek elnevezése ([6] alapján).

## 3. A MÉRETEZÉSI FORGALOM MEGHATÁROZÁSA

A várható forgalmi terhelés mértékének meghatározása a „CD 224 Traffic assessment” című előírás alapján történik, amely 2020-ban lépett a „HD 24/06” előírás helyébe. A Highways Agency (HA) tervezési dokumentuma az alábbi egyenleteket (1), (2) használja a tervezési forgalom millió egység tengelyben (MSA=million standard axles) történő kiszámítására.

A súlyozott éves forgalom:

$$T_c = 365 \times F \times G \times W \times 10^{-6} \quad (1)$$

és ez alapján a méretezési forgalom:

$$T = \Sigma T_c \times Y \times P \quad (2)$$

Ahol:

T<sub>c</sub>: a méretezési forgalom (millió egységtengely)

F: az éves átlagos napi teherforgalom egy irányban (AADF),

Y: a tervezési időszak,

G: a növekedési tényező,

W: a terhelési tényező,

P: a haszongépjárművek (CV= commercial vehicle) százalékos aránya a legterheltebb sávban.

A fő különbség a hazai gyakorlathoz képest, a rongáló hatás mértéke nem az itthon megszokott 5. hanem a 4. hatvánnyal kerül figyelembevételre, illetve az egységtengelyterhelés nem 100, hanem 80 kN. Ennek köszönhetően a Magyarországon megszokott járműátszámítási szorzóknak megfeleltethető ún „terhelési tényező” (W) értéke 8 tonnás tengely esetén 1,00; az alapképlete pedig:

$$W = 0,0002 \times [Axle Load]^4 \tag{3}$$









A forgalom rongáló hatását a különböző járműkategóriák függvényében kifejező terhelési tényező értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A haszongépjármű-osztályok és -kategóriák terhelési tényezői ((forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

	Maintenance W <sub>M</sub>	New W <sub>N</sub>
Buses and coaches	2.6	3.9
2-axle rigid	0.4	0.6
3-axle rigid	2.3	3.4
4-axle rigid	3.0	4.6
3 and 4-axle articulated	1.7	2.5
5-axle articulated	2.9	4.4
6-axle articulated	3.7	5.6
OGV1 + PSV	1.3	1.9
OGV2	3.2	4.9
All commercial vehicles (70% OGV2)	2.7	4.0

Hazai szemmel a táblázat különlegessége, hogy különbséget tesz új pályaszerkezettervezés, illetve felújítástervezés között és más-más tényezőket alkalmaz. Az eljárásban minden 3,5 tonna össztömeg feletti jármű figyelembevételre kerül, a 2. táblázat szerinti járműkategóriák alapján.

2. táblázat: Tehergépjármű-osztályok és -kategóriák ((forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

Commercial vehicle (cv)	cv class*	cv category
	Buses and coaches	PSV
	2-axle rigid	OGV1
	3-axle rigid	
	3-axle articulated	OGV2
	4-axle rigid	
	4-axle articulated	
	5-axle articulated	
	6 (or more) axle articulated	
*classified by axles in contact with the road PSV = Public service vehicle OGV = Other goods vehicle		

A biztonság javára történő megkötés, hogy az OGV2 járművek aránya nem lehet kevesebb, mint 70 százalék. A forgalomfejlődés mértékének becslése a 3. táblázatban foglaltak szerint történik.

3. táblázat: A jövőbeli forgalom növekedési tényezői (G) (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

Design period (years)	5	10	15	20	25	30	35	40
OGV1 + PSV	1.02	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17	1.21	1.24
OGV2	1.04	1.10	1.16	1.23	1.30	1.37	1.46	1.54
All commercial vehicles	n/a							1.45

A tehergépjárművek feltételezett aránya a legterheltebb forgalmi sávban szintén input paraméter, meghatározását a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: A tehergépjárművek feltételezett aránya a legterheltebb forgalmi sávban (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7]. (Első oszlop: forgalmi sávok, egy irányban. Második oszlop: tehergépjármű átlhaladás naponta).

Number of lanes (in one direction)	Flow (F) (cv/day)	P (%)
2 or 3	Up to 5,000	$P = 100 - (0.0036 \times F)$
	Over 5,000 up to 25,000	$P = 89 - (0.0014 \times F)$
	Over 25,000	$P = 54$
4 or more	Up to 10,500	$P = 100 - (0.0036 \times F)$
	Over 10,500 up to 25,000	$P = 75 - (0.0012 \times F)$
	Over 25,000	$P = 45$

Az előírásból származó mintaszámítást tartalmaz az 5. táblázat, amely jól szemléletes az eljárás elvi felépítést és könnyű gyakorlati alkalmazhatóságát.

5. táblázat: Számítási példa (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

Haszongépjármű kategória (CV)	Becsült éves átlagos napi forgalom (F)	Növekedési tényező (G) (40 év)	Terhelési tényező (W)	Éves teherforgalom (Tc)
OGV1+PSV	360	1.24	1.9	0.31
OGV2	840	1.54	4.9	2.31
Teljes napi forgalom (haszongépjármű/nap)	1200	Teljes éves teherforgalom		2, 62 millió egységtengely
		A tehergépjárművek aránya a legterheltebb sávban (P)		95.7%
		Tervezési időszak (Y)		40 év
		Méretezési forgalom (T)		100 millió egységtengely

#### 4. A JAVÍTÓ ÉS AZ ALSÓ TEHERHORDÓ RÉTEGEK MÉRETEZÉSE (FOUNDATION DESIGN)

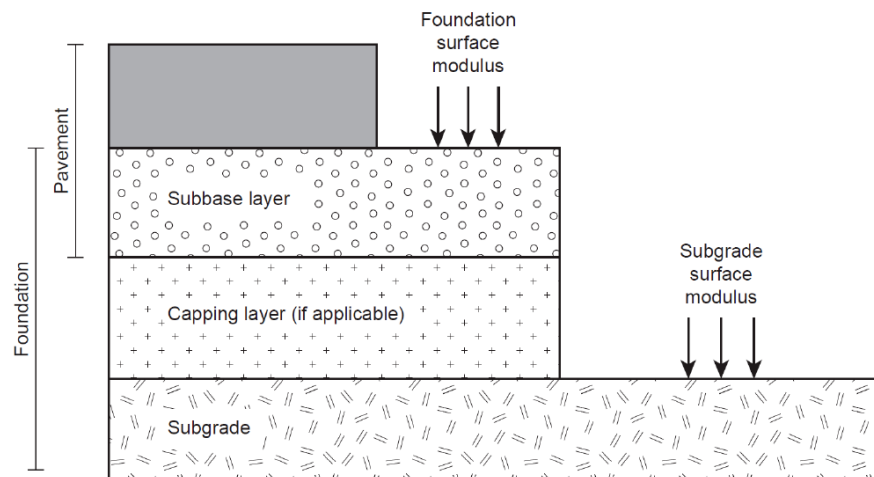
A pályaszerkezet alsó teherhordó rétegének, illetve szükség esetén a földmű felső rétegének tervezése a 2020-tól hatályos „CD 225 Design for new pavement foundations” cím előírás alapján történik, amely a korábbi előírások, az IAN 73/06 revision 1 (2009) illetve a HD 25/94) helyébe lépett.

A „foundation design” alapvetően két tervezési megközelítést alkalmaz:

- Korlátozott tervezési megközelítés (restricted design), amely az alsóbb rétegek elvárt teljesítményét a jól ismert anyagok korlátozott választékának alkalmazásával garantálja.
- A teljesítménytervezési megközelítés (performance design) jelentős mozgásteret biztosít a tervező számára a felhasználható anyagok tekintetében, azonban a teljesítménykövetelmények teljesülését vizsgálatokkal kell igazolni.

Elkülöníthető még egy harmadik megközelítési mód is, amely meglévő pályaszerkezetek szélesítése esetén alkalmazható, és a fő hangsúly a maradó pályaszerkezet és a szélesítés közötti, a felszín alatti vízvezetés folytonosságának biztosítására vonatkozóan ír elő további követelményeket.

A „foundation design” feladatát a 2. ábra szemlélteti: az altalaj teherbíróképesség és a tervezői döntés nyomán az alsó teherhordó réteg felszínén elvárt felületi modulus ismeretében, határozzuk meg az alsó teherhordó réteg anyagát és vastagságát, szükség esetén javítóréteg betervezésére támaszkodva.



2. ábra: Az alsó teherhordó réteg tervezésének kiinduló paraméterei (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

A tervezés kiinduló paramétere az altalaj várható teherbíróképességét kifejező felületi modulus, amely CBR férések alapján az alábbi egyenlettel becsülhető:

$$E = 17,6(CBR)^{0,64} \tag{4}$$

Ahol:

E: becsült felületi modulus (MPa)

CBR: altalaj CBR értéke (%)

Hangsúlyozzuk, hogy az egyenlet 2-12% -os CBR érték között értelmezhető. A CBR mellett az angol gyakorlatban előszeretettel alkalmaznak még különböző szondákat (pl. Dynamic Cone Penetrometer) illetve könnyű ejtősúlyos berendezést, amelyekkel szintén megadható az altalaj modulusa. A 30 MPa-nál kisebb várható altalaj felületi modulus esetén a réteg javítása szükséges (talajcsere, talajstabilizáció, georács, ... stb).

Ez követően, a tervező kiválasztja a megcélzott „alap teherbírási osztályt” a 6. táblázat szerint. Jó látható, hogy a magyar tervezői gyakorlatban megszokott 40 MPa-os értéken jóval túlmutatnak az egyes elvárt értékek. A filozófia egyértelmű: minél „lentebb”, minél olcsóbb anyaggal növeljük a teherbírást, annál vékonyabb, „drága” aszfaltrétegre lesz szükség.

6. táblázat: Alap teherbírási osztályok. Második oszlop: hosszú távon elvárt felületi modulus (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

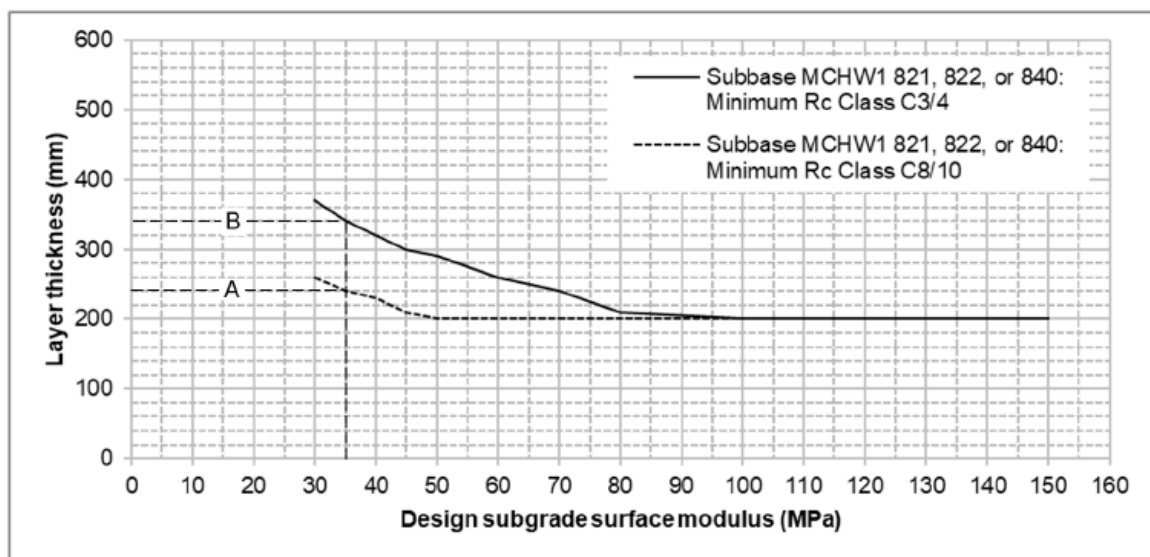
Foundation class	Assumed long-term confined foundation surface modulus (MPa)
1	≥ 50
2	≥ 100
3	≥ 200
4	≥ 400

Az 1. osztály követelménye jellemzően egy javító réteggel (capping) is megvalósítható, a 2. osztály szemcsés (subbase), a 3. osztály már „gyenge” hidraulikus, míg a 4. osztály már „erős” hidraulikus alsó teherhordóréteget igényel.

#### 4.1. KORLÁTOZOTT TERVEZÉSI MEGKÖZELÍTÉS (RESTRICTED DESIGN)

A „restricted design” alkalmazása néhány jól definiált anyag kiválasztásán alapul, ahol az egyes rétegek névleges tervezési vastagsága tervezői grafikonokról olvasható le és a kapott értéket a legközelebbi 10 mm-re kell kerekíteni. Ebben a megközelítési módban a 4. osztály nem választható, illetve 20 millió egységtengely felett az 1. osztály sem tervezhető.

Az eljárást egy egyszerű mintapéldán keresztül szemléltetve, tételezzük fel, hogy az altalaj – hosszú távon fenntartható – tervezési modulusa 35 MPa, a választott alap teherbírási osztály a 3., ahol az elvárt felületi modulusérték 200 MPa. A 3. ábrán látható görbéket alkalmazva leolvasható, hogy „A” esetben a szükséges vastagság - Manual of Contract Documents for Highway Works (MCHW) szerinti 821, 822 vagy 840 azonosítójú - C 8/10 betonminőségű réteg esetén 240 mm, míg gyengébb anyagminőség, pl. C 3/4 az előírt vastagság 340 mm lesz.



3. ábra: Méretező görbe. Y tengely: milliméterben kifejezett rétegvastagság, x tengely: földmű felszín tervezett modulusa (mPa), (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

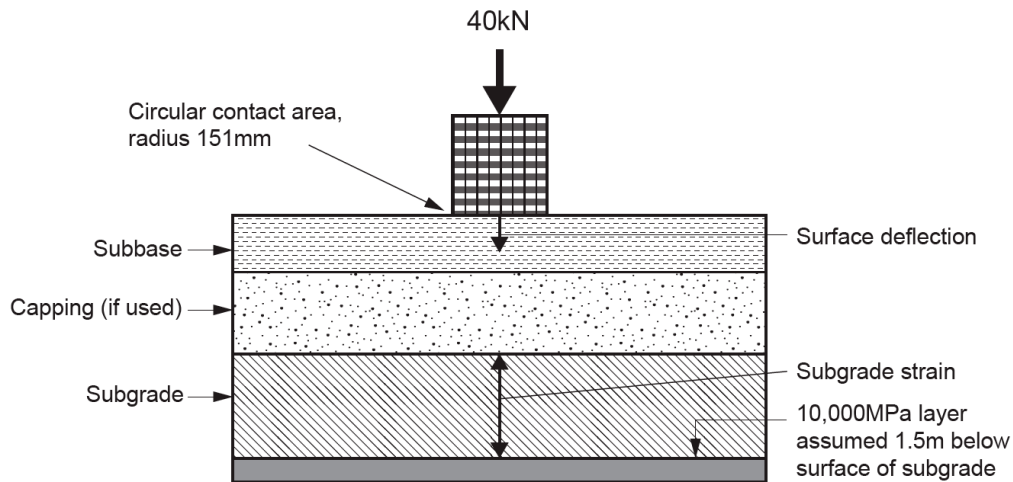
Ebben a példában is tetten érhető az angol rendszer komplexitása, hiszen míg a magyar gyakorlatban a méretezés során rögzített anyagparaméterek és a kivitelezés során majd alkalmazandó műszaki szállítási feltételekben és tételrendben kiírt követelmények között tátong némi rés, addig az angol szabályozás finomhangolása figyelemre méltó.

#### 4.2. TELJESÍTMÉNYTERVEZÉSI MEGKÖZELÍTÉS (PERFORMANCE DESIGN)

A megközelítés lényege, hogy a tervezési vastagságo(ka)t analitikusan, többretegű lineáris rugalmas analízis alkalmazásával kell levezetni, amely során a felületi behajlást és az altalaj összenyomást kell vizsgálni. „Performance design” esetén nem az anyagválasztás, hanem a rétegmodulusok a fő input adatok, amelyeket egy ún. próbaépítésen kell validálni.

A „foundation design” elvi felépítését a 4. ábra szemlélteti.

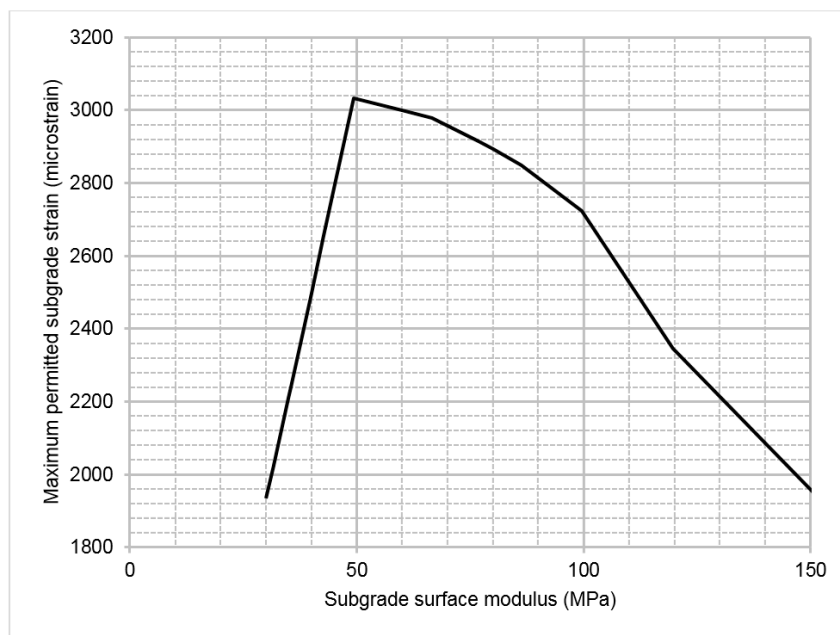




4. ábra: Performance design (teljesítmény tervezés) input paraméterei (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

Általános követelmény továbbá, hogy az 1. és 2. osztályú alap esetén a minimális vastagsága 150 mm, 3. osztály esetén 180 mm kell legyen, míg a 4. osztályú alap esetén pedig 200 mm a minimális vastagság.

Az altalajon a megfelelő felületi modulus értékéhez tartozó függőleges alakváltozás nem haladhatja meg a 4. ábrán látható határértékeket.



5. ábra: Az altalaj alakváltozásának határértékei. X tengely: földmű felszíni modulus, y tengely: Maximálisan megengedett földműigénybevétel (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

Követelmény még továbbá a felületen mért maximális alakváltozás az egyes osztályok esetében egységterhelés (40 kN terhelés egy 151 mm sugarú terhelt területen) alatt, amelyek értéke:

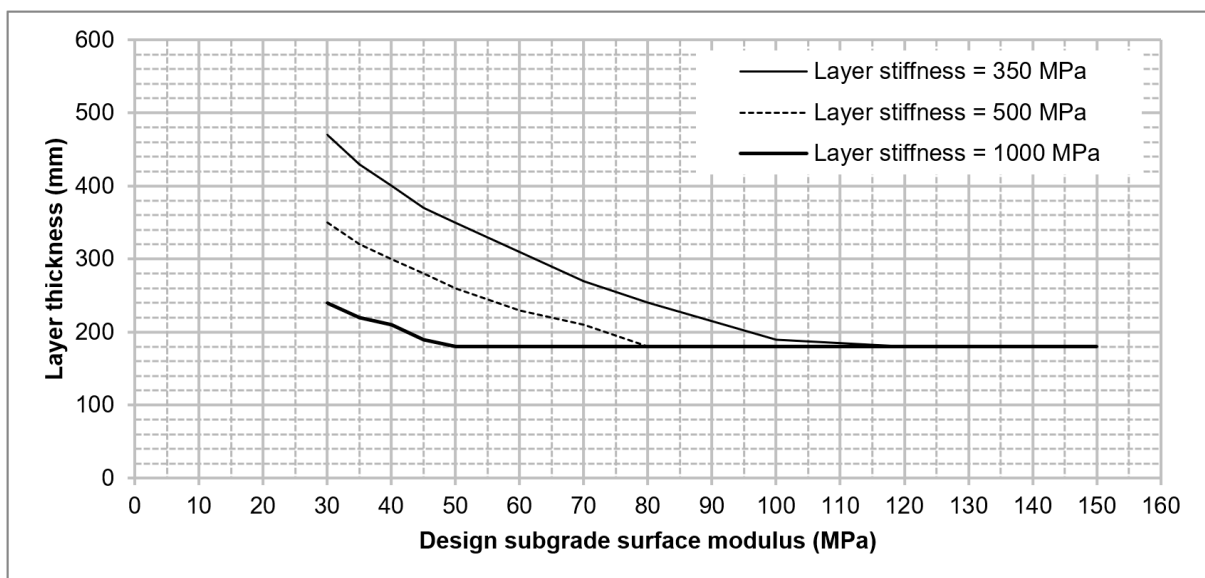
- Foundation class 1 esetén - 2.96 mm;
- Foundation class 2 esetén - 1.48 mm;
- Foundation class 3 esetén - 0.74 mm;
- Foundation class 4 esetén - 0.37 mm.

Az eljárás alkalmazásához nem kell minden esetben egyedi modellt építeni és számolni, a gyakorlati alkalmazást néhány, a gyakorlatban gyakran előforduló esetre vonatkozóan előzetesen kiszámolt méretező görbe segíti, az alábbi 7. táblázat szerinti paraméterekkel.

7. táblázat: Az előzetesen kiszámolt méretező görbék kidolgozásának input adatai. Második oszlop: alap teherbírési osztályok. Harmadik oszlop: szerkezet típus (egyréteg vagy javítórétegre fektetett földmű). Negyedik oszlop: rétegmerevség (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

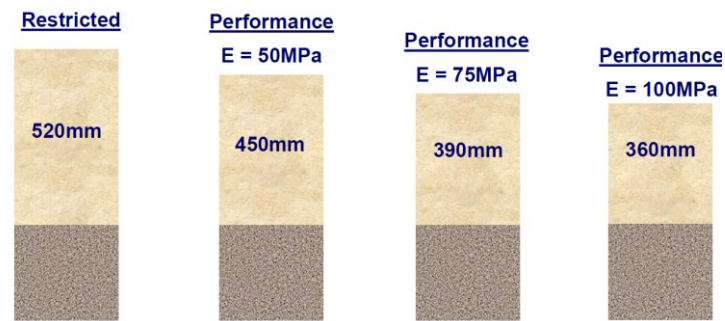
Figure	Foundation class	Construction type	Layer stiffness (MPa)
A.1	1	Single layer	50, 75
A.2	2	Single layer	120, 150, 350
A.3	3	Single layer	350, 500, 1000
A.4	4	Single layer	1000, 2000, 4000
A.5	2	Subbase on capping	Capping – 75 Subbase – 120, 150, 350
A.6	3	Subbase on capping	Capping – 75 Subbase – 350, 500, 1000
A.7	4	Subbase on capping	Capping – 75 Subbase – 1000, 2000, 4000

Az eljárást szintén egy egyszerű mintapéldán keresztül szemléltetve, tételezzük fel, hogy az altalaj – hosszú távon fenntartható - tervezési modulusa 35 MPa, a beépíteni tervezett anyag rugalmassági modulusa ( $E_c$ )= 3500 MPa. A rétegmerevség becsléshez vegyük az anyag 20%-os  $E_c$  értékét, így a rétegmerevség = 700 MPa. A választott alap teherbírési osztálya legyen a 3., ahol az elvárt felületi modulusérték 200 MPa. Az alábbi, 7. ábra látható görbéket alkalmazva leolvasható, hogy az 500 és az 1000 MPa rétegek közé interpolálva a 700 MPa-os görbét, a szükséges vastagság 260 mm.



6. ábra: Teljesítmény tervezési lehetőségek - 3. osztályú alap és egy réteg esetén. Y tengely: rétegvastagság, x tengely: tervezett földmű felszín modulus (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

A két megközelítés között különbség jól szemlélthető az alábbi ábra segítségével (Dawson, 2019) [6].



7. ábra: A két megközelítés közötti vastagsági követelmény különbségek szemléltetése (Dawson, 2019) [6].

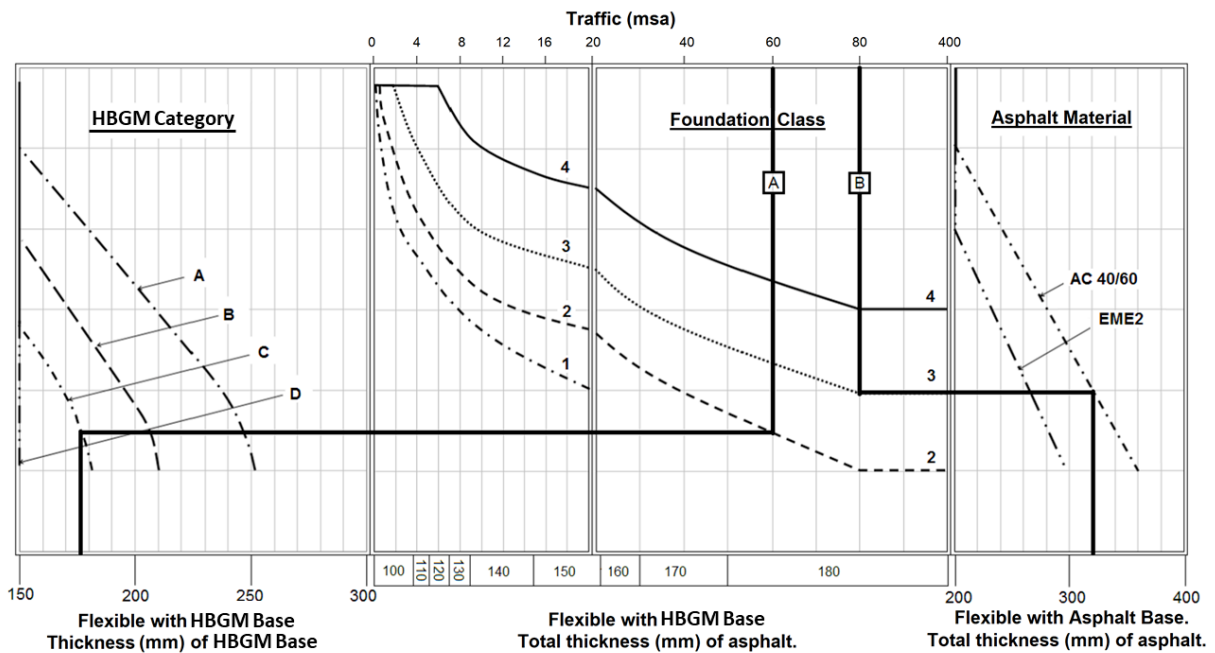
3 %-os CBR értékkel, azaz 35 MPa-lal jellemzett teherbíró altalaj esetén, ha az 1. alap osztály célozzuk meg, amely esetén a felületi modulus követelmény 50 MPa, a korlátozott megközelítést alkalmazva a szükséges alsó teherbíró rétegvastagság 520 mm. A teljesítmény tervezés alkalmazása esetén növelve a beépíteni tervezett anyagminőséget (50-75-100 MPa), a szükséges vastagság csökkenése látható.

Fontosnak tartjuk hangsúlyozni az angol szabályozás szemléletének azon szeletét, miszerint az alsóbb rétegekben rejlő potenciális teherbíróképesség kiaknázására törekszik és ennek érdekében egy – Magyarországon gyakorlatilag ismeretlen – szakterületet alakít ki: foundation design. Sajnos hazánkban a geotechnikát és az aszfalttechnológiát átvitt és valós értelemben is összekötő terület hiányzik, a stabilizációk kutatása, vizsgálata, tervezése évtizedes fehér folt. Jól példázza ezen fenti állítást a majd fél évszázada legkedveltebb magyar alapréteg – a „Ck<sub>i</sub>”- mostoha sorsa, amellyel kapcsolatos műszaki és tudományos ismereteink jó része még mindig az 1980-as évekből és a KTI-ből származik.

## 5. A FELSŐ RÉTEGEK MÉRETEZÉSE (PAVEMENT DESIGN)

Az útpályaszerkezet felsőbb rétegeinek tervezése a „CD 226 Design for new pavement construction” cím előírás alapján történik, amely 2021-ban lépett a „HD 26/06” előírás helyébe. Ez a viszonylag terjedelmes normaszöveg mintegy 94 oldal és az aszfaltburkolat mellett a betonburkolatokkal is foglalkozik. Az aszfaltburkolatok alaprétegeinek vonatkozásában az eljárás alapján két szerkezet választható: az itthon is ismert ún. full-depth, azaz teljes aszfaltszerkezet, illetve a hidraulikus alaprétegre épített aszfaltburkolat, az ún. félmerev szerkezet. A korábbiakhoz képest ugyan csökkent a választható aszfaltfajták száma, de ez csak elméletben igaz, valójában a már nem igazán használt típusok kerültek ki az eljárásból. Ennek köszönhetően a választható aszfaltfajták köre az aszfaltbetonokra (AC 40/60) és az ÉME2-re (Enrobés á module elevé) korlátozódik. Aszfalt alaprétegek esetén az ÉME2 mellett kétféle aszfaltbeton tervezhető: az „AC 32 dense base 40/60” illetve az „AC 32 HDM base 40/60”. A HDM jelölés a „Heavy Duty Mixture” kifejezést, azaz egy nagyobb forgalmi terhelés elviselésére tervezett keveréket takar. Kötőrétegek vonatkozásában szintén tervezhető ÉME2, aszfaltbetonok esetén pedig a 32-es maximális szemnagyságú keverékek mellett megjelennek a 20-as  $d_{max}$ -ú keverékek is. Bizonyos esetekben a fentiekén túlmenően tervezhető SMA (=stone mastic asphalt, magyarul zúzalékvázás masztixaszfalt) és HRA (Hot Rolled Asphalt) keverék is. A félmerev szerkezetek alaprétegei hasonlóak a magyar gyakorlathoz, a hidraulikus rétegek kötőanyagaként a cement mellett megengedett más kötőanyag, mint például a pernye és négy különböző anyagminőség választható (A-D).

Ismét tekintsünk egy mintapéldát az alábbi, 8. ábra látható nomogram alkalmazásához.



8. ábra: Méretező nomogram az aszfaltburkolatú pályaszerkezetek tervezési vastagságának meghatározásához. (forrás: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>) [7].

Az „A” (félmercv) esetben legyen a méretezési forgalom 60 millió egységtengely, a választott alap teherbírási osztály pedig a 2. A nomogramon ábrázoltak szerint „C” típusú hidraulikus alapréteget választva a szükséges teljes aszfaltvastagság 180 mm, a szintén 180 mm vastag alapréteg esetén.

A „B” (full-depth) esetben a méretezési forgalom: >80 millió egységtengely (ún. long life szerkezet), a választott alap merevségi osztály szintén 2. A nomogramon ábrázoltak szerint aszfaltbetont választva, a szükséges vastagság ebben az esetben 320 mm.

A nomogram egyszerű alkalmazhatósága jól szemlélteti – reméljük el is oszlatja azon hazai aggodalmakat – miszerint az egyes pályaszerkezeti rétegek és aszfaltfajták között meglévő minőségi teljesítmény különbség csak rendkívül bonyolult és nehézkesen alkalmazható eljárások segítségével vehető figyelembe.

Megemlítjük, hogy az eljárás lehetővé teszi az alternatív méretezési eljárás, az ún. analitikus méretezés alkalmazását is, annak kereteit rögzíti, de részletes eljárást nem közöl, csak hivatkozik Transport Research Laboratory vonatkozó kiadványaira. Módszert ad azonban a teljes életciklus költség meghatározására, illetve az úthasználó időveszteségek költségesítésére is, amely eljárásokkal különböző pályaszerkezeti variációk összehasonlíthatóságát teremti meg. Ezen utóbbi elemek hazai tanulmányozása különösen fontos lenne, hiszen az egyes szerkezetek műszaki és/vagy gazdasági összehasonlíthatóságának módszertanával a magyar műszaki szabályozás régóta adós. Kidolgozásra és publikálásra kerültek ugyan hazai analitikus méretezési eljárások, pl. [8], az elvek gyakorlati hasznosságát, hazai alkalmazhatóságát bemutató cikkek, pl. [9], sajnos a nyolcvanas évek technológiai színvonalán kidolgozott magyar típuspályaszerkezet rendszer és gyakorlat korszerűsítése még várat magára.

Érdeemes a szabályozás belső koherenciájára is figyelni, hiszen amíg a magyar szabályozás, amely érzékelhetően az UME darabszámok csökkentését is célul tűzte ki, gyakran horizontálisan von össze szabályzó elemeket, addig az angol vertikálisan. A horizontális összevonásra jó példa „Aszfaltburkolatú utak, kerékpárutak, gyalogutak és járdák útpályaszerkezetei” UME tervezett, amely jól szemlélteti, hogy látszólag igen, de valójában nagyon nem összetartozó területeket milyen nehéz is egy egységes normaszöveggé gyúrni, lásd az autópályák aszfaltszerkezeteivel nehézkes együtt tárgyalni a járdák aszfaltburkolatát. Ezzel szemben az angol szabályozás a méretezés komplexitására tekintettel, az eljárás könnyed alkalmazhatósága érdekében a tervező számára szükséges összes geotechnikai,

kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú, illetve aszfalttechnológiai szabályozó elemet az eljárás alkalmazásának megfelelő pontján tárgyalja. Célszerű lenne az ilyen értelemben is fragmentált, szakterületekre szétválasztott hazai szabályozást, legalább a pályaszerkezet méretezési UMÉ-ban egységesíteni, hogy ne kelljen 6-8 – különböző korú és színvonalú - műszaki előírásból összeállítani a méretezéshez és tervezéshez szükséges információkat.

## 6. KÖRNYEZETI SZEMPONTOK A PÁLYASZERKEZET TERVEZÉSÉNél

### 6.1. ÉGHAJLATVÁLTOZÁSHOZ VALÓ ALKALMAZKODÁS

Az egyre nagyobb mértékben kibontakozó globális klíma instabilitás egyre nagyobb kihívás elé állítja az emberiséget és ezen folyamatok káros hatásai nem hagyhatók figyelmen kívül útgazdálkodási szempontból sem. A közúti közlekedési infrastruktúra minden országban ki van téve a különböző időjárási szélsőségeknek, például a hőmérséklet, a csapadék, a szél, a zivatarok, a fagy, az olvadás, a látótávolság-változás, a tenger/vízszint és a ködnapok ingadozásának [10] és ezek a hatások káros hatással vannak az utak élettartamára. Ismereteink ezen a területen még meglehetősen korlátozottak, sajnos a közlekedési ágazat éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodását célzó tanulmányok száma még mindig nem kielégítő, annak ellenére, hogy az elmúlt évtizedekben rengeteg kutatás folyt a témában [11]. A szakirodalom szerint a leggyakoribb éghajlati „stresszorok” a hőmérséklet, a csapadék, a talajvíz, a felhőzet és a szélsébség [12]. A hőmérséklet és a nedvesség van általában a legnagyobb hatással az útburkolatok teljesítményére, és ezek az éghajlati stresszorok komoly hosszú távú hatásokkal járhatnak [13], [14]), ezért szükség lehet a jelenlegi tervezési, építési és karbantartási eljárások módosítására, hogy alkalmazkodni tudjanak ezekhez a változásokhoz [13].

A jelen eljárás ugyan konkrét klímaadaptációs intézkedéseket még nem tartalmaz, de megalapozott kutatások születtek már az Egyesült Királyság közútjaitól kapcsolódó éghajlati kockázatainak számszerűsítésére [15], amelyek várhatóan be fognak épülni a jövőbeli szabályozásba.

### 6.2. FENNTARTHATÓ ANYAGOK

Mivel az emberiség továbbra is nemcsak kimeríti, hanem túlhasználja a bolygó kapacitását a szükségleteinek kielégítése céljából, a legtöbb iparágban - így a közúti ágazatban is - egyre sürgetőbbé válik a véges, elsődleges erőforrások felhasználásának korlátozása.

Az Egyesült Királyságban például a földből eltávolított anyagok több mint 25%-át az utak építéséhez használják fel [16] és ennek a környezetre gyakorolt hatása akkor is jelentős, ha e források többségét nem fenyegeti a kimerülés közvetlen veszélye. Erre tekintettel egyre fontosabb és szabályozottabb kérdés az Egyesült Királyságban is a helyben hozzáférhető másodlagos anyagok stabilizálása, hideg újrahasznosítása, környezetbarát új alaprétegek megvalósítása, bevallva azonban, hogy az ún. nem hagyományos anyagok felhasználásával összefüggő kockázatok és kihívások jelentős mérnöki feladatok, amelyek megoldása csak megalapozott kutatásokon alapulhat [17], [18]). A fenntartható pályaszerkezeti anyagokra történő áttéréssel ezzel egyidejűleg jelentős technológiai és gazdasági akadályokat is le kell küzdeni, hiszen az újrahasznosított anyagok alkalmazásának egyértelmű környezetvédelmi előnyei mellett vizsgálni kell azok teljesítményjellemzőit és hosszú távú tartósságukat is.

### 6.3. ENERGIAFOGYASZTÁS ÉS KARBONLÁBNYOM

A remélt zöldátmenet egyik fontos prioritása az egyes ágazatok karbonlábnyomának csökkentése - lehetőség szerint – nullára, így egyre több kutatásban vizsgálják a közúti infrastruktúra építésének és üzemeltetésének karbonlábnyomát, azonosítva az energiafogyasztás és a kibocsátás jelentős forrásait. Ez segít elemezni a fejlesztési lehetőségeket, például az újrahasznosított anyagok használatát, az építési technikák optimalizálását és a fenntartható útgazdálkodási gyakorlatok előmozdítását, valamint az alternatív anyagok feltárását. A felhasznált anyagok és alkalmazott technológiák ÜHG kibocsátásának

kiszámításához számítógépes programok - követte az ISO 14040/44 irányelveit - is rendelkezésre állnak, mint például az EcoInvent, az asPECT, az AggRegain és a GaBi.

Noha az útépítő ipar az összes európai üvegházhatásúgáz-kibocsátás több mint 5%-áért felelős [15], a 2050-es klíma célok teljesítése érdekében az angol autópályák és főútvonalak üzemeltetését, karbantartását és fejlesztését végző National Highways ambiciózus célként tűzte ki a hálózat dekarbonizációját. A részletes program az oldalukon elérhető: <https://nationalhighways.co.uk/netzerohighways/>.

## 7. KONKLÚZIÓ

Az Egyesült Királyságban a pályaszerkezet tervezés egy átfogó folyamat, amely számos kritériumot foglal magában a hosszú élettartamú, biztonságos és költséghatékony közúti infrastruktúra megépítése érdekében. A tervezők arra törekcsenek, hogy olyan burkolatokat alakítsanak ki, amelyek a forgalmi terhelések, az anyagválasztás, az éghajlati viszonyok, a környezeti hatások, a közlekedésbiztonsági megfontolások és a folyamatos karbantartási követelmények figyelembevételével képesek elviselni a használat során felmerülő igénybevételt, miközben egyre nagyobb mértékben törekednek csökkenteni az ágazat ökológiai lábnyomát is.

A tervezők bevált módszerek és irányelvek alapján dolgoznak, mint például az Egyesült Királyság Közlekedési Minisztériuma (DfT) irányelvei és az Út- és hídtervezési kézikönyv (DMRB), hogy egyensúlyt teremtsenek a teljesítménykövetelmények és a gyakorlati szempontok, például a rendelkezésre álló anyagok és a költségvetési korlátok között. A folyamatos kutatás és innováció továbbá elősegíti az útburkolat-tervezés fejlődését, ami újszerű anyagok, építési eljárások és tervezési megközelítések létrehozását eredményezi, amelyek növelik a tartósságot, a fenntarthatóságot és a biztonságot. Ezen a területen nagy mértékben támaszkodnak a szakterületek szakmai műhelyeire vagy az olyan nagyműltű kutatóintézetekre, mint a TRL (Transport Research Laboratory).

Az angol közlekedés- és gazdaságpolitika belátja, hogy a színvonalas pályaszerkezet-tervezés kritikus fontosságú az Egyesült Királyság közlekedési hálózat-integritásának megőrzése, a személyek és áruk biztonságos és hatékony mozgásának lehetővé tétele, valamint a gazdasági növekedés előmozdítása szempontjából. A tervezési szabványok folyamatos javításával és a technológiai áttörések elfogadásával az Egyesült Királyság garantálhatja, hogy útburkolatai megfeleljenek a társadalom változó igényeinek, miközben minimalizálják a környezeti hatásokat és maximalizálják az adófizetők számára nyújtott értéket.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

[1]: Pethő, L. & Szentpéteri, I.: 2016: Hajlékony és félmerev pályaszerkezetek méretezése Ausztráliában Útügyi Lapok, 4. évfolyam, 7. szám. ISSN: 2416-2175

[2]: Tóth, Cs. 2016: Az analitikus német útpályaszerkezet méretezési eljárás ismertetése, 4. évfolyam, 8. szám. ISSN: 2416-2175

[3]: R. Blab, L. Eberhardsteiner 2017: A teljesítménykövetelmények figyelembevétele aszfaltburkolatú utak számításán alapuló méretezésénél, Útügyi Lapok 5. évf. 1. sz. ISSN: 2416-2175

[4]: Nádas, R. & C. Seoyoung 2018: A dél-koreai pályaszerkezetméretezés rövid áttekintése; hajlékony pályaszerkezetek, 6. évfolyam, 11. szám, ISSN: 2416-2175

[5]: Wang, J., Liu, S. & Yu, H. S. 2016: A Comparison between a Shakedown Design Approach and the Analytical Design Approach in the UK for Flexible Road Pavements. Procedia Engineering, 143, 971–978. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.085>

[6]: A. Dawson 2019: UK pavement design – the normal and the not-so-normal. NADim-seminar

[7]: <https://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/>

[8]: Primusz, P. & Tóth, Cs. 2018. Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek egyszerűsített analitikus méretezése. Közlekedéstudományi Szemle, 68 (5). pp. 17-33.

[9]: Primusz, P. & Tóth, Cs. 2020. Az egyedi pályaszerkezet-méretezésben rejlő gyakorlati előnyök. Az Aszfalt, (27), pp. 13–19

- [10]: Schweikert, A., Chinowsky, P., Espinet, X. & Tarbert, M. 2014: Climate Change and Infrastructure Impacts: Comparing the Impact on Roads in ten Countries through 2100. *Procedia Engineering*, 78, 306–316. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.072>
- [11]: Eisenack, K., Stecker, R., Reckien, D. & Hoffmann, E. 2012: Adaptation to climate change in the transport sector: a review of actions and actors. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17(5), 451–469. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9336-4>
- [12]: Qiao, Y., Dawson, A. R., Parry, T., Flintsch, G. & Wang, W. 2020: Flexible pavements and climate change: A comprehensive review and implicatio. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/su12031057>
- [13]: Dawson, A. 2014: Anticipating and responding to pavement performance as climate changes. *Green Energy and Technology*, 204, 127–157. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44719-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44719-2_4)
- [14]: Gribovszki, Z., Kalicz, P., Herceg, A. & Primusz, P. 2020. A klimatikus jellemzők hatásai az útpályaszerkezetre. *Útügyi Lapok*, (8), 1–16. <https://doi.org/10.36246/UL.2020.1.01>
- [15]: Wang, T., Qu, Z., Yang, Z., Nichol, T., Dimitriu, D., Clarke, G. & Bowden, D. 2019: How can the UK road system be adapted to the impacts posed by climate change? By creating a climate adaptation framework. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 77, 403–424. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.007>
- [16]: BGS. 2011: Construction Aggregates. Mineral Planning Factsheet; British Geological Survey.
- [17]: Thom, N. & Dawson, A. 2019: Sustainable road design: Promoting recycling and non-conventional materials. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su11216106>
- [18]: Merrill, D., Nunn, M., & Carswell, I. (2004). A guide to the use and specification of cold recycled materials for the maintenance of road pavements.