



Получена: 14.05.2021 г.

Приета: 16.08.2021 г.

## ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТА ВЪРХУ ПЪТНАТА КОНСТРУКЦИЯ

В. Филипова<sup>1</sup>, Б. Йоцов<sup>2</sup>

*Ключови думи:* оразмеряване на пътни настилки, климат, климатични зони, температура, влияние на околната среда, носимоспособност на земната основа

### РЕЗЮМЕ

В доклада е разгледано влиянието на климата върху пътната конструкция, свързано в оразмеряване на асфалтови пътни настилки. Направено е сравнение на климатичните особености в България и Австрия – температурни зони, максимална и минимална температура за всеки месец, замръзване на земната основа.

### 1. Въведение

Факторите, които влияят на пътната конструкция, са:

- а) избор на материали за конструктивните пластове;
- б) оразмерително натоварване от движението;
- в) носимоспособност на земната основа;
- г) оразмерителен период;
- д) климат.

Факторите от а) до г) са разгледани в предишни статии. В Ръководството за оразмеряване на асфалтови настилки [1] се казва, че околната среда въздейства върху поведението на пътните настилки по няколко начина. Изменението на температурата и водното съдържание влияят на здравината, трайността и носимоспособността на материалите в пластове на настилката и в земното легло.

---

<sup>1</sup> Весела Тодорова Филипова, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: vesela\_filipova@abv.bg

<sup>2</sup> Борис Димитров Йоцов, инж. докторант, кат. „Пътища и транспортни съоръжения”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: boris.yotsov.bg@gmail.com

В районите, в които съществува замръзване на пътната конструкция, най-неблагоприятни условия по отношение на асфалтовите пластове настъпват през пролетта при все още сравнително ниски температури, когато земната основа е преовлажнена от топенето на снеговете и дъждовете.

В края на пролетта при значително повишаване на температурите и вследствие на намаляване на стойността на модула на еластичност на асфалтовите пластове настъпват най-неблагоприятни условия по отношение на земната основа.

Тези състояния са намерили отражение в различните методи за оразмеряване на асфалтови пътни настилки по различен начин.

## 2. Определяне на носимоспособността на земната основа

Съгласно Ръководството за оразмеряване на асфалтови настилки [1] носимоспособността на земната основа се характеризира чрез модула на еластичност –  $M_R$  или  $E$ , или калифорнийския показател за носимоспособност –  $CBR$  на изграждащата я почва. При невъзможност за определяне на стойността на модула на еластичност се прилагат корелационни връзки между него и оразмерителната стойност на калифорнийския показател за носимоспособност –  $CBR_0$ .

Изведена е зависимост между модула на еластичност и показателя  $CBR_0$ :

$$E_0 = 6,5(CBR_0)^{0,65}, \quad (1)$$

където  $E_0$  е в МПа, а  $CBR_0$  е в %.

В България модулет на земната основа  $E$  при прилагането задължително на зона А от несвързан материал се възприема съгласно ТС2014 [2] – стойност, не по-малка от 45 МПа – еквивалентен модул на еластичност на земното легло за автомагистрала и пътища I-ви клас и не по-малки от 30 МПа за останалите класове пътища. Материалите, вложени в зона А на земната основа, съгласно ползваната в България класификация на почвите, са с носимоспособност със средни стойности, по-високи от  $CBR = 20\%$ , а специално за А-1 –  $CBR$  над 40%.

Оразмерителната стойност на калифорнийския показател –  $CBR_0$  съответства на най-неблагоприятното (проектно) състояние на земната основа, респективно на нейното най-високо (пролетно) водно съдържание. Последното съответства на най-неблагоприятните сезонни хидроложки и хидрогеоложки условия и на паровата миграция в края на зимния сезон, която приключва процеса на сезонното влагонатрупване в земната основа под въздействието на климатичните условия.

$$CBR_0 = c.CBR, \quad (2)$$

където  $CBR_0$  е калифорнийският показател за носимоспособност, съответстващ на оразмерителното (пролетното) състояние на земната основа, %;

$CBR$  – същият показател, установен при лабораторни условия на почвена проба, доведена до плътност  $\rho_d$  и оптимално водно съдържание  $W_{opt}$  в съгласие с ААSHTO Т 180 (БДС 17146) за модифициран Проктор, %;

$c$  – коефициент, характеризиращ влиянието на хидроложките, хидрогеоложките и климатични условия, възприет по табл. 1 за различни по своя показател на пластичност ( $I_p$ ) почви.

**Таблица 1. Стойности на коефициента  $s$  [%] [1]**

Климатични условия, съгласно коефициент $k$	Хидроложки и хидрогеоложки условия											
	Баластри с $I_p$ до 6%		Почви с $I_p$ до 6%			Почви с $I_p$ от 6% до 10%			Почви с $I_p$ над 10%			
	благоприятни	нормални и неблагоприятни	благоприятни	нормални	неблагоприятни	благоприятни	нормални	неблагоприятни	благоприятни	нормални	неблагоприятни	
над 0,60	100	75	95	45	35	90	55	40	92	65	60	
от 0,60 до 0,57	100	75	98	65	55	93	70	55	95	80	75	
под 0,57	100	75	100	70	60	98	75	63	100	82	78	

Хидроложките и хидрогеоложките условия на земната основа (зона А на земното тяло) се подразделят на благоприятни, нормални и неблагоприятни.

Базирайки се на „Норми за проектиране на земното тяло на автомобилни пътища“ на ИПМ, проектът трябва да осигури изключване на неблагоприятните хидроложки и хидрогеоложки условия за пътната конструкция на автомагистрала.

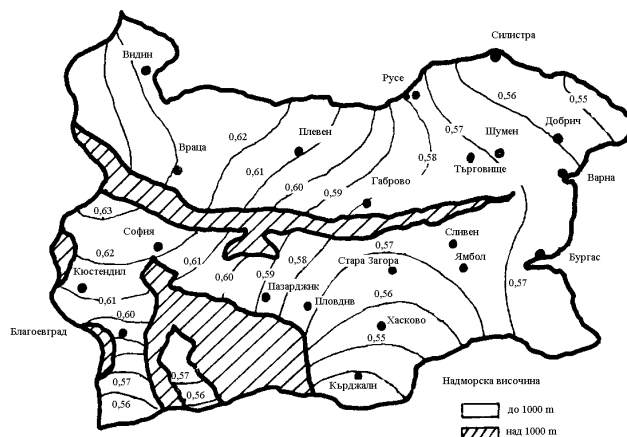
Съгласно [1] влиянието на климатичните условия (географския фактор) върху носимоспособността на земната основа, чрез въздействието им върху зимната парова миграция, се отчита по формулата:

$$k = \frac{W}{W_L}, \quad (3)$$

където  $k$  е бездименсионен коефициент на водно-топлинния режим на земната основа, отчетен от картата с изохети;

$W$  – водно съдържание, формирано от зимната парова миграция;

$W_L$  – граница на протичане на изграждащата почва.



**Фиг. 1. Изохети за изменение на коефициента  $k$  на територията на страната [1]**

В „Ръководство за система от знания за изграждане на безопасни пътища, Земни работи“ [3] се казва, че при непостоянен воден режим почвите претърпяват обемни изменения. Тези деформации са различни по размер и обсег на действие. Последните са частично повдигане и спадане на отделни зони, което води на нарушаване на равността на настилките.

Периодични обемни изменения в комбинация с натоварването от трафика водят до деградация на *E* модула и в резултат се получават нежелани слягания и ерозии в пътната настилка. Изискването към земната основа е да притежава възможно по-голямо обемно постоянство при променлив воден режим. Но за да бъде спазено, е необходимо да се познават добре особеностите на климатичните, хидроложките и хидрогеоложките условия в дадения район. В най-общ вид факторите, които оказват влияние върху земната основа, са:

- общият годишен валеж, разпределението по месеци, интензивност, вид, честота;
- годишните температури на въздуха – по месеци, честота, дълготрайност;
- дълбочината и характерът на замръзване;
- условията за изпарение и изсушаване;
- наличието и движението на повърхностни води;
- постоянните почвени води – колебанията спрямо земното легло по сезони, дебити, посока на движение.

В статията е сравнен факторът годишни температури на въздуха – по месеци, честота, дълготрайност в България и Австрия, с цел адаптирането на австрийската методика за оразмеряване на асфалтови настилки RVS 03.08.68 [4] в България.

### **3. Мrazоустойчивост на пътната конструкция**

Под понятието мrazоустойчивост на пътната конструкция се разбира запазване на нейната нормална работоспособност през и след зимния период (т.е. запазване на носимоспособността на всички нейни пластове, на нейната равност и геометрични елементи). По-специално това означава, че земната основа, основните и подосновните, необработени със свързващи вещества, пластове са така проектирани и изпълнени, че се запазват стабилни с гарантирани качества през и след зимния период [1].

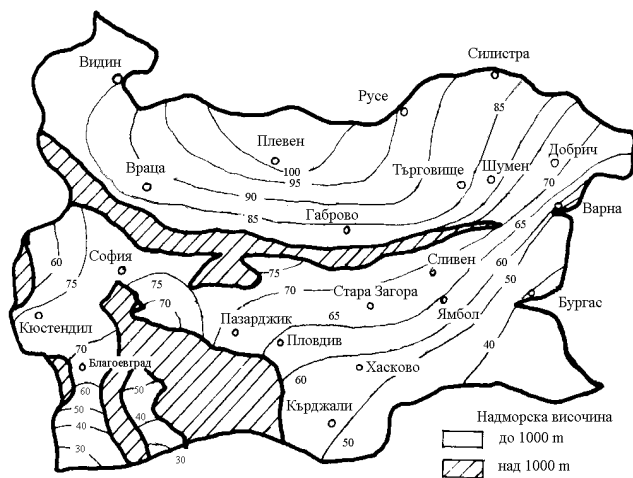
Предотвратяването на зимните повреди на пътищата се свързва със следните елементи на проучване:

- анализ на мразовата чувствителност на почвите, баластрените и трошено-каменните материали;
- анализ на хидроложките и хидрогеоложките условия;
- анализ на изолационната защита на настилката относно проникването на отрицателни температури в земната основа.

### 3.1. Анализ на изолационната защита на настилката относно проникването на отрицателни температури в земната основа

В Ръководството за оразмеряване на асфалтови настилки [1] е зададено, че зимните повреди в пътната конструкция се влияят в голяма степен от големината на абсолютните стойности на отрицателните температури, които проникват в земната основа през настилката, както и от продължителността на тяхното въздействие. В този смисъл твърде съществена е изолационната роля на конструктивните пластове на настилката по отношение на отрицателните температури, която на свой ред зависи от дебелината на тези пластове и от вида на материалите, от които те са изградени. Дебелината на конструктивните пластове и вида на изграждащите ги материали са предмет на оразмеряването на конструкцията в зависимост от очаквания пътен трафик. След като тази процедура приключи, е необходима проверка и евентуални корекции в оразмеряването на пътната конструкция в зависимост от климатичните фактори и от местните хидроложки и хидрогеоложки условия.

Изолационната защита на настилката като цяло зависи от нейното топлинно съпротивление  $R_0$ , което оказва влияние върху водно топлинния режим на конструкцията.



Фиг. 2. Изохети на замръзващата дълбочина  $z'$  на почвата в открито поле за територията на страната, [cm] [1]

Замръзващата дълбочина  $z$  на пътната конструкция се изчислява по формулата:

$$z = z'm, \quad (4)$$

където  $z'$  е замръзващата дълбочина на почвата, от която е изградена земната основа, но при условията на открито поле, [cm]. Отчита се от картата с изохети за територията на страната (фиг. 2);

$m$  – бездимензионен коефициент, който се определя по формулата:

$$m = \frac{\lambda_{зп}}{\lambda_{оп}}, \quad (5)$$

където  $\lambda_{зп}$  е коефициент на топлопроводност на почвата, непосредствено под настилката. При равни други условия зависи от топлинната съпротивляемост на настилката;

$\lambda_{\text{оп}}$  – коефициент на топлопроводност на почвата в условия на открито поле. Приема се средно 2,50 kcal/mhg за I-ва климатична зона, съответно 2,2 kcal/mhg за II-ра климатична зона. Климатичните зони се определят от фиг. 3 [1].

На фиг. 2 е представена замръзващата дълбочина  $z'$  на почвата в открито поле за територията на страната.

За да се осигури пътната конструкция срещу замръзване, тя трябва да има обща дебелина  $H$ , по-голяма от замръзващата дълбочина  $Z$  и да има необходимото термично съпротивление, за да осигури разпространението на замръзване до дълбочина, по-малка от общата дебелина на конструкцията.

$$H > Z, \quad (6)$$

където  $H$  е обща дебелина на конструкцията;

$Z$  – дълбочина на замръзване.

Дълбочината на замръзване зависи от топлинното съпротивление на конструкцията.

В [3] е казано, че тъй като у нас границата на замръзване на почвата е около 80 cm, ако по една или друга причина не могат да бъдат взети мерки за отводняване на земната основа, то пътните настилки следва да се изпълнят с обща дебелина минимум 80 cm.



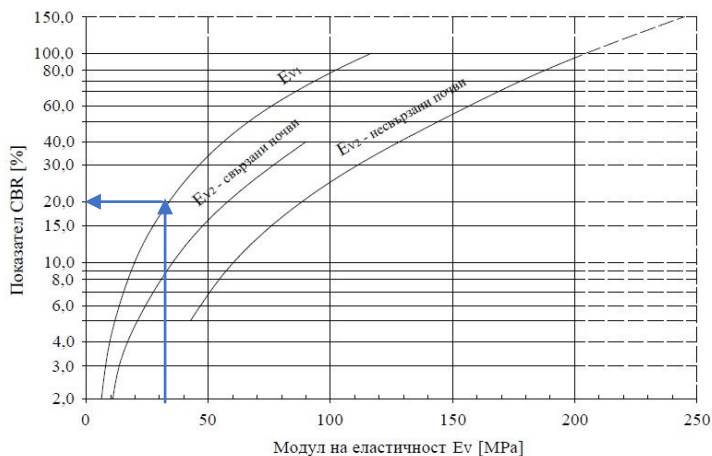
Фиг. 3. Климатично райониране на Р България [1]

#### 4. Носимоспособност на земната основа в Австрия

В австрийските норми за оразмеряване на асфалтови настилки [5] има изискване за минимален модул на еластичност на земната основа при динамично натоварване –  $E_{vd} = 38 \text{ MN/m}^2$  и минимален деформационен модул на земната основа при статично натоварване –  $E_{v1} = 35 \text{ MN/m}^2$ . В случай, че измереният деформационен модул е по-малък, трябва да се изпълнят определени мероприятия за повишаването му (стабилизация, смяна на почвата и др.).

Направена е съпоставка между изискванията за носимоспособност на земната основа в България –  $E_0$  общ модул на еластичност на земната основа и в Австрия – модул на деформация на земната основа при статично натоварване от 1-и цикъл на натоварване  $E_{v1}$ .

За целта е използвано немско изследване [6] – фиг. 4 (споменато в доклад на доц. Николов – Носимоспособност на пътната земна основа, София, 2012 г.). Зависимостта при него между модула на деформация от 1-и цикъл на натоварване  $E_{v1}$  и  $CBR$  е графично оформена.

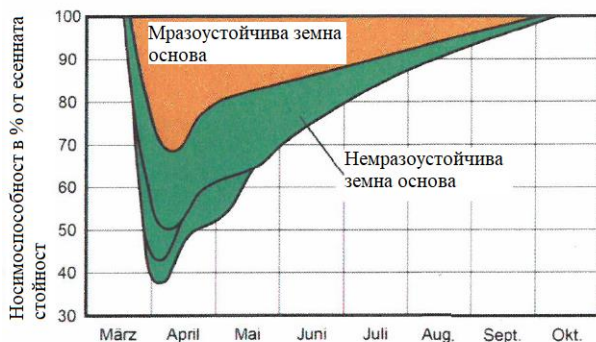


Фиг. 4. Зависимост между модул и показател  $CBR$  [6]

От фиг. 4 се получава зависимостта:

$$E_{v1} = 35 \text{ MN/m}^2 = CBR = 20\%. \quad (7)$$

От (1) следва, че  $E_0 = 6,5(CBR)^{0,64} = 6,5.(20)^{0,64} = 45 \text{ MPa}$ , което отговаря на изискванията за еквивалентен модул на еластичност на земното легло за автомагистрала и пътица I-и клас в България.



Фиг. 5. Носимоспособност на земната основа [7]

Носимоспособността на земната основа се влияе от годишните колебания на хидроложките и климатичните условия. Поради това в австрийската методика за оразмеряване на асфалтови пътни настилки се приема, че носимоспособността на земната основа се променя през различните периоди на годината. В следващата графика и таблица са представени стойностите на модула на еластичност на земната основа при динамично

натоварване през различните периоди на носимоспособност през годината. Зависимостта е изведена за стойност на стандартното отклонение  $\nu = 0,30$ . Най-висока носимоспособност има земната основа през зимата, когато тя е замръзнала, а най-ниски стойности през пролетта, когато се топят снеговете.

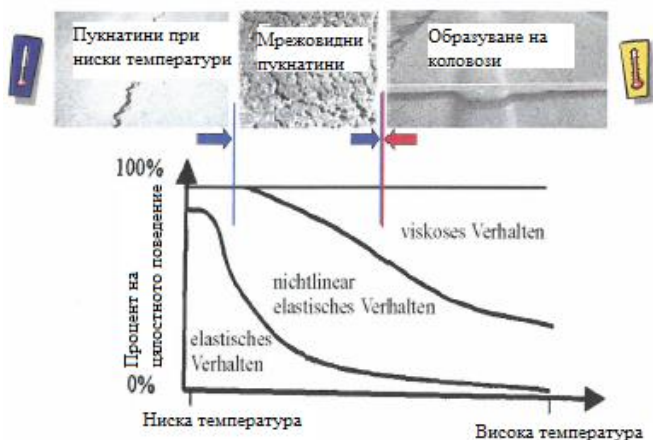
В [7] е изведена зависимост, при която

$$E_{vd} = 2E_{v1}. \quad (8)$$

**Таблица 2. Определяне на носимоспособността на земната основа в зависимост от годишния период [4]**

Годишен период	Носимоспособност в [%] от есенната стойност	Модул на еластичност на земната основа при динамично натоварване $E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Зима 16.12-15.04	200	280
Пролет 16.03-15.05	50	70
Преходен период 16.05-15.06	70	100
Лято/ Есен 16.06-15.12	100	140

## 5. Влияние на климата върху асфалтовите пластове



**Фиг. 6. Поведение на асфалта при различна температура [7]**

Климатът влияе на пътната конструкция чрез температура, водно съдържание и замръзване. Той влияе на свързаните пластове, на несвързаните пластове и на земната основа. В резултат от въздействието на климата в асфалтовата конструкция се получават нарушения – пукнатини, образуване на коловози. Климатът влияе на износващия пласт, като той трябва да е проектиран основно да бъде устойчив на образуване на пукнатини на повърхността на асфалтовата конструкция при ниски температури, образувани в резултат на термични опънни напрежения (от бързото изстиване на пътната конструкция, както и от въздействието на трафика) и прекъсване на затихването на напреженията при ниски температури. Климатът влияе на долния пласт на покритието чрез образуването

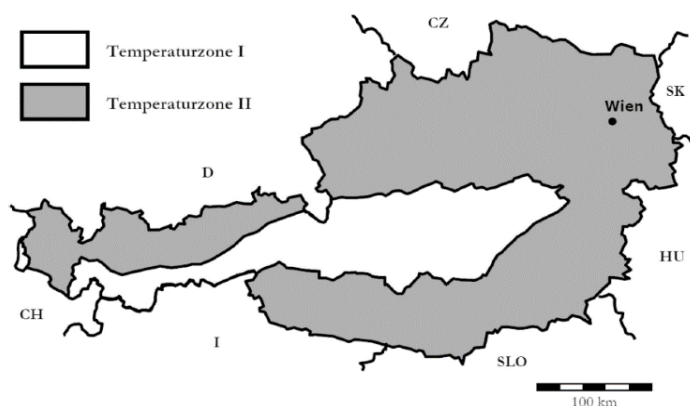
на пластични деформации на повърхността му при високи температури от въздействието на трафика, вследствие на понижаването на модула на еластичност на асфалтовите пластове. Основният пласт трябва а бъде устойчив на умора (многократно дълговременно натоварване) вследствие на многократното натоварване от трафика. В резултат се образуват мрежовидни пукнатини на долната повърхност на асфалтовата конструкция.

Носимоспособността на асфалтовите пластове се променя от дневните и годишните колебания на температурата. Поради това при оразмеряването на асфалтови настилки в Австрия са въведени 12 температурни периода – това е сбор от 6 климатични периода, като всеки от тях е разделен на дневен и нощен период. Разпределението на тежкотоварния трафик е 2/3 през деня и 1/3 през нощта. Температурните периоди са групирани по приблизително еднакви температурни условия. Изведена е зависимост от температурните периоди и модула на еластичност при динамично натоварване на конструкцията – *E*. В другия случай, ако приемем константни стойности на поведението на материалите, може да се получат големи отклонения от реалното им поведение – особено при високи температури (в асфалтовите пластове) и високо водно съдържание (в земната основа).

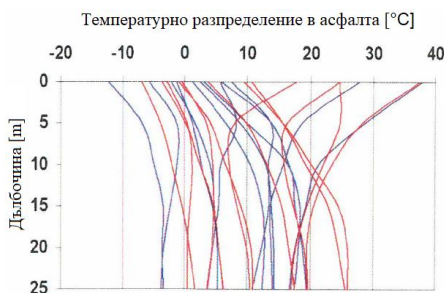
**Таблица 3. Температурни периоди и процентното им съотношение [4]**

Год. период	16.12-15.03		16.03-15.05		16.05-15.06		16.06-15.09		16.09-15.10		16.10-15.12	
Дни	90		61		31		92		30		61	
Разпределение	0,24		0,17		0,09		0,25		0,08		0,17	
Темп. период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Разпределение	ден	нощ	ден	нощ	ден	нощ	ден	нощ	ден	нощ	ден	нощ
	0,16	0,08	0,11	0,06	0,06	0,03	0,17	0,08	0,05	0,03	0,11	0,06

Поради географските дадености и климатичните колебания през годината територията на Австрия е разделена на две температурни зони в зависимост от разпределението на температурата в дълбочина в асфалтовите пластове. В зависимост от избора на зона температурното разпределение в дълбочина на конструкцията през различните температурни периоди е различна.



**Фиг. 7. Карта на температурните зони в Австрия (за свързаните пластове) [4, 8]**



**Фиг. 8. Температурно разпределение в дълбочина в асфалтовите пластове в зависимост от температурната зона [4, 8]**

При австрийската методика за оразмеряване на асфалтови настилки софтуерът създава схема на пътната конструкция. За прегледност програмата показва модулите на еластичност на всеки пласт, които са различни за всеки от 12-те температурни периода.

Übersicht E*								
Schicht	E 1 [N/mm <sup>2</sup> ]	E 2 [N/mm <sup>2</sup> ]	E 3 [N/mm <sup>2</sup> ]	E 4 [N/mm <sup>2</sup> ]	E 5 [N/mm <sup>2</sup> ]	E 6 [N/mm <sup>2</sup> ]	E 7 [N/mm <sup>2</sup> ]	E 8 [N/mm <sup>2</sup> ]
Deckschicht	13744	18125	5560	11155	3495	5109	2195	4952
Binderschicht	16834	18985	11671	12218	4792	2835	1872	3181
Tragschicht	14840	13857	7508	7278	4351	3230	4297	3310
Ungebundene obere Tragschicht	956	956	239	239	342	342	478	478
Ungebundene untere Tragschicht	784	784	196	196	280	280	392	392
Untergrund	280	280	70	70	100	100	140	140

**Фиг. 9. Таблица с модулите на еластичност  $E$  за всеки пласт за всеки от 12-те температурни периода**

В случай, че няма конкретни данни за температурното разпределение в дълбочина на настилката, през различните температурни периоди на конкретния обект, за да бъде представено то при оразмеряване на асфалтовата конструкция в Австрия, може да се използват следващите две таблици.

**Таблица 4. Меродавно температурно разпределение °C в дълбочина на настилката в температурна зона I [4]**

Температурна зона I	Дълбочина под повърхността на настилката [cm]							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Температурен период								
1	-5,7	-1,3	-1,2	-2,3	-3,4	-3,8	-4,7	-5,4
2	-12,3	-6,9	-4,9	-3,5	-3,6	-3,4	-3,4	-3,4
3	-1,3	1,2	2,7	4,4	5,6	6,4	7,5	8,5
4	1,2	6,5	10,5	12,4	12,8	12,4	12,5	12,5
5	27,7	18,6	15,8	13,7	13,9	14,1	14,3	14,5
6	5,9	13,9	16,6	18,3	18,1	17,5	17,2	16,8
7	37,8	28,6	21,2	19,3	17,6	16,8	15,4	14,2
8	3,0	10,0	16,5	17,5	18,7	19,4	20,4	21,4
9	7,5	13,8	13,4	13,5	12,3	10,9	9,6	8,3
10	2,4	8,9	13,0	13,9	14,3	14,3	14,6	14,8
11	5,7	8,3	5,8	5,5	4,5	3,7	2,8	1,9
12	-2,2	1,6	4,0	4,8	5,3	5,3	5,6	5,9

**Таблица 5. Меродавно температурно разпределение °C в дълбочина на настилката в температурна зона II [4]**

Температурна зона II	Дълбочина под повърхността на настилката [cm]							
Температурен период	0	5	10	15	20	25	30	35
1	-2,8	0,4	1,2	0,9	0,5	0,6	0,4	0,2
2	-6,9	-3,9	-2,0	-0,3	0,8	1,8	2,9	3,9
3	17,7	8,1	7,2	8,5	10,0	10,6	11,8	12,9
4	-0,9	4,1	6,6	9,1	10,7	11,0	11,3	11,6
5	24,5	16,4	16,0	17,3	19,0	19,5	20,0	20,5
6	9,5	15,7	20,2	24,4	26,0	26,0	26,0	26,0
7	37,4	28,2	23,4	20,5	19,4	19,7	20,0	20,3
8	10,7	15,7	19,3	22,8	24,4	25,6	27,1	28,5
9	24,6	24,7	22,0	19,4	17,7	17,0	15,6	14,4
10	3,7	9,9	13,2	15,6	16,7	17,6	18,6	19,6
11	-0,4	3,5	4,5	4,7	4,4	3,6	3,1	2,6
12	-3,6	0,2	2,5	4,7	5,6	6,3	7,1	7,9

За да се улесни разпределението на територията към тези две температурни зони, в табл. 7 са дадени избрани температурни станции в Австрия със средна стойност на екстремна минимална и екстремна максимална годишна температура. Функцията на вероятностната плътност на нормалното разпределение е изпълнена с вероятност 95% – всички данни са на разстояние не повече от 2 стандартни отклонения от средната стойност.

В новата австрийска методика за оразмеряване на асфалтови пътни настилки [4] има допълнителни изисквания към асфалтовите смеси, насочени към реалното им експлоатационно поведение. Различните асфалтови пластове – износващ, долен пласт на покритието и основен – се разделят на различни типове смеси. Изборът на смес зависи от оразмерителното натоварване и средната стойност на екстремна минимална и екстремна максимална годишна температура. Като граници за температурата са приети стойности  $T_{\max 95\%} = 30\text{ °C}$ ,  $T_{\min 95\%} = -10\text{ °C}$ . На следващата таблица е даден пример с препоръчителни минимални изисквания за износващ пласт (R1 е с най-добри характеристики).

**Таблица 6. Препоръчителни минимални изисквания за износващ пласт (R – клас пукнатиноустойчивост при ниски температури), [4]**

$T_{\max 95\%}$	$\leq 30\text{ °C}$	$\leq 30\text{ °C}$	$> 30\text{ °C}$	$> 30\text{ °C}$
$T_{\min 95\%}$	$\geq -10\text{ °C}$	$< -10\text{ °C}$	$\geq -10\text{ °C}$	$< -10\text{ °C}$
ОИ > 1300 Авт. > 3,5т/24ч	R2	R1	R2	R1
ОИ < 1300 Авт. > 3,5т/24ч	R4	R3	R4	R3

След анализ на табл. 7 с дадени избрани температурни станции в Австрия с екстремна минимална и екстремна максимална средна годишна температура се забелязва, че за да попадне една станция в температурна зона 1, трябва приблизително  $T_{\max 95\%} < 30\text{ °C}$ ,  $T_{\min 95\%} < -10\text{ °C}$ , а за да попадне в температурна зона 2, трябва приблизително  $T_{\max 95\%} > 30\text{ °C}$ ,  $T_{\min 95\%} > -10\text{ °C}$ .

Климатът в Австрия е умереноконтинентален в по-ниските части на страната и планински в по-високите части на Алпите. Температурното райониране е прието приблизително като умереноконтинентален – за зона II, и планински климат – за зона I.

**Таблица 7. Средна стойност на екстремна минимална и екстремна максимална годишна температура в различни температурни станции в Австрия с 95% степен на сигурност за наблюдаван период в години  $n$ , както и разпределянето им към температурните зони от фиг. 7 [4]**

Номер	Станция	$T_{\text{макс}95\%}$ [°C]	$T_{\text{мин}95\%}$ [°C]	$n$ [години]	Температурна зона
1	Deutschkreutz	34	-10,5	17	II
2	Gerersdorf bei Güssing	35	-8,9	11	II
3	Glashütten	32,4	-11,7	20	II
4	Neusiedl am See	34	-5,8	10	II
5	Sopron-Ödenburg	33,9	-8,6	20	II
6	Wörtherberg	31,6	-9,2	20	II
7	Döllach	28,8	-11,1	20	II
8	Ferlach	33,2	-12,2	20	II
9	Flattnitz	26,1	-13,7	17	II
10	Fresach	31,7	-9,8	20	II
11	Friesach	30,7	-11,6	15	II
12	Heiligenblut	27,5	-14,9	17	II
13	Höhenbergen-Tainach	31,9	-11,3	16	II
14	Iselsberg	28,5	-14,3	15	II
15	Kolbnitz	31,9	-11,7	20	II
16	Kornat	28,5	-10,7	20	II
17	Laas	30,2	-12,3	3	II
18	Loibl-Tunnel	26,5	-10,7	20	II
19	Mallnitz	28,1	-7,9	19	II
20	Radenthein	31,5	-11,3	20	II
21	Reisach	31,1	-14,5	20	II
22	Rupertiberg	30,5	-8,6	13	II
23	Spittal/Drau	32,4	-12,1	11	II
24	St.Veit/Glan	33,7	-13,2	20	II
25	Aspang	30,8	-12,4	20	II
26	Jauerling	28,5	-9,7	14	II
27	Krems	34,2	-8,9	15	II
28	Laa/Thaya	34,1	-9,0	11	II
29	Oberndorf/Melk	32,6	-12,1	15	II
30	Pottschach	33,5	-10,4	11	II
31	Schwechat	33,1	-10,1	20	II
32	Semmering/Kurort	26,9	-12,1	11	II
33	Weitra	30,4	-14,3	19	II
34	Ybbs/Persenbeug	33,8	-6,4	11	II
35	Aspach	30,8	-12,1	20	II
36	Bad Ischl	31,5	-4,0	20	II
37	Großraming	31,7	-10,2	20	II
38	Grünau	29,2	-13,0	20	II
39	Hörsching	32,6	-8,5	20	II
40	Kirchdorf/Krems	31,5	-10,9	16	II
41	Kollerschlag	29,6	-10,7	20	II

Номер	Станция	$T_{\text{макс}95\%}$ [°C]	$T_{\text{мин}95\%}$ [°C]	$n$ [години]	Температурна зона
42	Königswiesen	30,2	-14,5	20	II
43	Kremsmünster	30,1	-8,3	20	II
44	Mondsee	31	-8,1	20	II
45	Passau-Oberhaus	30,7	-9,9	16	II
46	Ried im Innkreis	30,8	-11,2	20	II
47	Wels-Schleißheim	32,4	-6,8	11	II
48	Weyregg	29,7	-9,2	20	II
49	Windischgarsten	31,5	-13,0	11	I
50	Sillian	29,3	-14,8	20	II
51	St.Jakob/Defereggental	27,6	-19,1	20	II
52	Abtenau	30,7	-13,1	15	I
53	Bad Gastein	28,6	-12,5	20	I
54	Obertauern	22,4	-13,9	9	I
55	Salzburg-Flughafen	32,3	-9,8	20	II
56	St.Johann im Pongau	31,2	-11,0	10	I
57	Tamsweg	29,7	-20,4	20	I
58	Uttendorf	29,8	-10,1	20	I
59	Admont	30,8	-14,9	18	I
60	Deutschlandsberg	33,3	-9,2	15	II
61	Fischbach	26,6	-10,1	11	II
62	Fürstenfeld	33,2	-8,5	20	II
63	Gleisdorf	31,6	-12,8	20	II
64	Graz-Flughafen	31,7	-10,7	20	II
65	Hieflau	32,1	-9,6	17	I
66	Kindberg	31,3	-11,5	11	I
67	Lobming	31	-11,3	20	II
68	Mürzzuschlag	29,2	-14,5	20	I
69	Oberwölz	31	-13,7	17	I
70	Oberzeiring	29,1	-12,4	11	I
71	Rechberg	27,9	-9,6	14	II
72	Seckau	30,1	-11,8	14	I
73	Weiz	32,5	-9,0	14	II
74	Haiming	32,6	-12,6	20	II
75	Innsbruck-Flughafen	32	-10,9	20	II
76	Innsbruck-Universität	32,4	-6,5	8	II
77	Kirchbichl	30,1	-12,4	20	II
78	Kitzbühel	30,6	-14,0	16	I
79	Kufstein	30,6	-10,5	20	II
80	Nauders	28,5	-14,4	17	I
81	Prutz	31	-12,5	13	II
82	St.Anton am Arlberg	29,2	-16,1	14	I
83	Umhausen	30	-11,6	20	II
84	Bregenz	30,2	-3,8	10	II
85	Buers	31,6	-11,3	20	II
86	Langen am Arlberg	27	-9,8	20	II
87	Partenen	28,1	-9,1	20	II
88	Schopponau	29	-15,2	20	II
89	Warth	24,2	-12,9	10	II
90	Wien-Mariabrunn	32,3	-10,2	16	II
91	Wien-Unterlaa	33,6	-8,7	20	II

В зависимост от многогодишния режим на климатичните показатели територията на България може да бъде разделена на пет климатични области: умерено-континентална, преходно-континентална, преходно-средиземноморска, черноморска и планинска климатична област. В следващата таблица сме сметнали  $T_{\max 95\%}$  и  $T_{\min 95\%}$  за избрани станции във всяка от климатичните области в периода 1999 – 2019 година. Данните за температурните екстремуми са взети от [9].

**Таблица 8. Средна стойност на екстремна минимална и екстремна максимална годишна температура в различни температурни станции в България с 95% степен на сигурност за наблюдаван период в години  $n$ , както и разпределянето им към температурните зони от фиг. 7**

Станция	$T_{\max 95\%}$ [°C]	$T_{\min 95\%}$ [°C]	$n$ [години]	Температурна зона фиг. 7	Климатична област
София	37,1	-13,6	20	II	умерено-континентална
Видин	38,2	-13,0	20	II	умерено-континентална
Ловеч	39,8	-12,7	20	II	умерено-континентална
Пловдив	38,7	-10,1	20	II	преходно-континентална
Сандански	41,2	-8,3	20	II	преходно-средиземноморска
Кърджали	39,0	-10,3	20	II	преходно-средиземноморска
Варна	36,7	-11,0	20	II	черноморска
Бургас	37,0	-9,1	20	II	черноморска
Вр. Мургаш	27,9	-17,34	20	I	планинска

В [10] е направен анализ на климата в България. В статията е казано, че континенталният характер на климата в умерено-континенталната климатична област в съчетание с котловинния релеф на областта създава предпоставки за измерването на едни от най-ниските минимални и най-високите максимални температури в България.

Зимата в преходно-континенталната климатична област е сравнително топла, но при нахлуването на студени въздушни маси от арктичен произход се наблюдават и много ниски минимални температури. Абсолютните минимални температури, отчетени в областта, са между -28 и -33 °C. Лятото е топло, в отделни години дори горещо, с продължителни периоди на атмосферно засушаване. Абсолютните максимални температури достигат 40 °C.

В преходно-средиземноморската климатична област са характерни високи средногодишни температури (около и над 13 °C) и малки средногодишни температурни амплитуди – 22, 23 °C.

В черноморската климатична област се наблюдават малки годишни температурни амплитуди – 19, 21 °C. Топлата част от годината се характеризира с добре изразена бризова циркулация, която възпрепятства достигането на прекомерно високи средномесечни температури.

За планинската климатична област се казва, че средногодишната температура за по-голямата част от областта е над 0 °С, а за хипсометричния пояс над 2300 m н.в. тя е отрицателна.

## 6. Изводи и заключения

Минималният деформационен модул на земната основа при статично натоварване в Австрия –  $E_{v1} = 35 \text{ MN/m}^2$  след преобразуване с помощта на корелационни връзки, отговаря на  $E_0 = 45 \text{ MPa}$  – общ модул на еластичност на земната основа, което изпълнява изискванията за еквивалентен модул на еластичност на земното легло за автомагистрала и пътища I-и клас в България.

Получените средни стойности на екстремна минимална и екстремна максимална температура в разгледаните градове в България в умерено-континентална, преходно-континентална, преходно-средиземноморска и черноморска климатична област отговарят на зона II, съгласно температурните зони в Австрия, като в България максималните температури са по-високи.

Стойностите на екстремна минимална и екстремна максимална температура в разгледаните градове в България в планинската климатична зона отговарят на зона I, съгласно температурните зони в Австрия.

## Благодарности

Благодарности на Центъра за научни изследвания и проектиране (ЦНИП) към УАСГ за осигуреното финансиране и подкрепата за извършената научноизследователска дейност по научноизследователски проект по договор № 109/18 със заглавие: „Оптимизиране на методиката за оразмеряване на асфалтови настилки“. Специални благодарности на г-жа Валя Милева за успешната съвместна работа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Tsentralna laboratoria po patishta i mostove, Izpalnitelna agentsia Patishta. Rakovodstvo za orazmeryavane na asfaltovi nastilki, Sofia, 2002.
2. Agentsia „Patna infrastruktura“, Tehnicheska spetsifikatsia 2014, Sofia, 2014.
3. *Nikolay Mihaylov*. Rakovodstvo za sistema ot znania za izgrazhdane na bezopasni patishta, Zemni raboti, Sofia, 2020.
4. Ministerstvo na transporta, inovatsiite i tehnologiite, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Avstriyska nauchnoizsledovatel'ska agentsia za patishta, zheleznitsi i transport, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV), RVS 03.08.68 Kompyutarno orazmeryavane na asfaltovi patni nastilki, Rechnerische Dimensionierung von Asphaltstrassen, Viena, 2019.
5. Ministerstvo na transporta, inovatsiite i tehnologiite, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Avstriyska nauchnoizsledovatel'ska agentsia za patishta, zheleznitsi i transport, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV), RVS 08.03.01 Zemni raboti, Erdarbeiten, Viena, 2010.

6. Langrock, J., H. Monnig. Grundlagen der Bemessung von Strassenkonstruktionen. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1979, 162 p.
7. Ronald Blab. Konstruktivno patno stroitelstvo LVA223.038, Viena, 2012.
8. M. Wistuba. Vliyanie na klimata varhu patishtata, Klimaeinflüsse auf Straßen, Viena, 2003.
9. [https://www.stringmeteo.com/synop/bg\\_tuti.php?year=2000&month=07&day=13&station=156140&mode=m&submit1=%D0%9F%D0%9E%D0%9A%D0%90%D0%96%D0%98#sel](https://www.stringmeteo.com/synop/bg_tuti.php?year=2000&month=07&day=13&station=156140&mode=m&submit1=%D0%9F%D0%9E%D0%9A%D0%90%D0%96%D0%98#sel).
10. Avtorat, Klimatologia, vaprosi i otgovori, Sofia, 2018.

## CLIMATE IMPACT ON THE ASPHALT ROAD PAVEMENT STRUCTURE

V. Filipova<sup>1</sup>, B. Yotsov<sup>2</sup>

**Keywords:** *flexible pavement design, climate, climatic zones, temperature, environmental factors, subgrade stiffness modulus*

### ABSTRACT

The paper examines climate impact on the asphalt road pavement structure related to the flexible pavement thickness design. A comparison of the climatic features in Bulgaria and Austria has been made – temperature zones, maximum and minimum temperature for each month, as well as freezing of the subgrade.

---

<sup>1</sup> Vesela Filipova, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: vesela\_filipova@abv.bg

<sup>2</sup> Boris Yotsov, Eng. PhD Student, Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: boris.yotsov.bg@gmail.com