

**ФАКТОРИ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ УЯЗВИМОСТТА НА ПЪТНАТА
ИНФРАСТРУКТУРА КЪМ ГОРСКИ ПОЖАРИ**

Гл. ас. инж. Мариана Александрова Цекова

Варненски свободен университет „Черноризец Храбър“ – филиал Смолян

Резюме: Нарастването на броят на горските пожари и тяхното влияние върху пътната инфраструктура налага търсене на методи за повишаване на устойчивостта и податливостта на пътищата към пожари. Факторите, които оказват влияние върху горските пожари са от екологични, климатични, от човешка дейност, вследствие използване на уязвими материали. Предложени са проактивни мерки за намаляване уязвимостта на пътната инфраструктура към горски пожари. Посочени са методи за подобряване на следпожарното възстановяване.

Ключови думи: горски пожари, устойчивост на пътната инфраструктура, следпожарно възстановяване

**FACTORS INFLUENCING THE VULNERABILITY OF ROAD
INFRASTRUCTURE TO WILDFIRES**

General Assistant Eng. Mariana Aleksandrova Tsekova

Varna Free University "Chernorizets Hrabar" – Smolyan

Abstract: The increase in the number of forest fires and their impact on road infrastructure necessitates the search for methods to increase the resilience and susceptibility of roads to fires. The factors that influence forest fires are environmental, climatic, human activity, due to the use of vulnerable materials. Proactive measures are proposed to reduce the vulnerability of road infrastructure to forest fires. Methods to improve post-fire recovery are indicated.

Key words: wildfires, resilience of road infrastructure, post-fire recovery

Броят на горски пожари нараства в световен мащаб. Те имат огромно влияние върху пътната инфраструктура и оттам и върху икономиката и обществения живот на страната. Това налага търсене на методи за намаляване нейната податливост и уязвимост към горски пожари. Тези методи са сложна взаимовръзка от екологични, човешки и дизайнерски фактори, които определят податливостта на пътната инфраструктура към щети от горски пожари.

1.1 Екологични и климатични фактори

Продължителната суша, екстремните горещини и силните ветрове допринасят за сухи условия, продължителни високи температури и бързо разпространение на огъня, увеличавайки вероятността и интензивността на горските пожари[1]. Високите планини, дълбоко врязаните каньони и гъстата растителност, съчетани със силни ветрове, изострят разпространението и интензивността на огъня.

1.2 Човешка дейност, промяна в земеползването и градоустройство

Случайни или умишлени човешки дейности са значителни причини за горски пожари, често възникващи в близост до пътища[2]. Промените в земеползването за селското стопанство и градското развитие нарушават естествените пожарни цикли и повишават рисковете от пожари. Навлизането на градски райони в зони на дивата природа увеличава интерфейса, където инфраструктурата е изложена на риск.

Човешките дейности като "обезлесяване, промяна на земеползването за селско стопанство и градско развитие" не само пряко причиняват запалвания, но и фундаментално променят податливостта на ландшафта към пожари, създавайки опасна обратна връзка. Това предполага, че решенията за градско планиране имат дългосрочни последици за риска от горски пожари за инфраструктурата, простиращи се отвъд непосредственото строителство до екологичното управление. Човешката дейност не е само пряка причина за пожари, но и фундаментално променя податливостта на ландшафта към огън. Това означава, че разширяването на човешките селища в интерфейсните зони на дивата природа не само въвежда повече източници на запалване, но и променя околната среда по начин, който я прави по-податлива на по-големи и по-интензивни пожари. Следователно, градоустройствените решения и политиките за земеползване са критични компоненти на управлението на риска от горски пожари за инфраструктурата.

1.3 Съществуващи стандарти за проектиране на инфраструктура и избор на материали

Повечето пътища, мостове и системи за обществен транспорт са проектирани да издържат на местни исторически метеорологични модели, което ги прави все по-уязвими към настоящи и бъдещи остри рискове като горски пожари и екстремни горещини[3,4,5,6]. Присъщите свойства на материали като асфалт, бетон и стомана определят тяхната податливост на топлинни и пламъчни повреди. Уязвимите материали в дренажните системи могат да доведат до катастрофални повреди.

2. Стратегии за смекчаване и устойчивост на пътната инфраструктура срещу горски пожари

2.1 Проактивни мерки

Използването на материали, незасегнати от пламъци или високи температури на излъчване, като армирани бетонни тръби за дренажни системи [7], е от съществено значение. Прилагането и налагането на строителни материали, устойчиви на огън в инфраструктурата, също е важно[8]. Създаването на защитни зони около имоти и инфраструктура, както и намаляването на растителния горивен материал чрез почистване на сухи храсти, мъртви дървета и създаване на противопожарни просеки²⁸ са ефективни мерки. Разширяването на използването на контролирани изгаряния и културно изгаряне също допринася за намаляване на риска. [9]. Заравянето на електропроводи, макар и скъпо, е ефективна мярка за намаляване на рисковете от запалване и повишаване на устойчивостта.

Широкото приемане на технологии като задвижвана от изкуствен интелект прогнозна аналитика, ГИС картографиране и наблюдение с дронове означава решаваща стратегическа промяна от чисто реактивно пожарогасене към проактивно предвиждане на риска и приоритизиране на ресурсите[10,11,12,13,14]. Тази технологична интеграция фундаментално променя начина, по който се управляват заплахите от горски пожари за инфраструктурата, позволявайки превантивни действия за минимизиране на щетите и подобряване на времето за реакция. Прилагането на тези технологии позволява намеси преди пожарът да стане катастрофален или преди да достигне критична инфраструктура. Това дава възможност за предварително

позициониране на ресурси, прилагане на временни защитни мерки или по-ефективно инициране на евакуации, което води до по-малко щети и по-бързо възстановяване.

2.2 Подобряване на следпожарното възстановяване

Приоритизирането и ускоряването на ремонтите на пътища, мостове и дренажни системи, които са от съществено значение за достъпа на общността и спешните служби, е критично [15,16,17,18]. Разработването на многостепенни системи за предупреждение (напр. радиокули, захранвани със слънчева енергия, геозониране) и подобряване на мрежите за евакуация с обществен транспорт, включително сътрудничество с услуги за споделено пътуване и създаване на "въздушни евакуационни коридори" с площадки за кацане на хеликоптери за високорискови групи от населението, са важни за осигуряване на ефективна и приобщаваща евакуация. Насърчаването на участието на общността в планирането на възстановяването е необходимо за осигуряване на справедливо и равноправно разпределение на ресурсите, особено за общностите с недостатъчно обслужване.

3. Заключение

Горските пожари представляват многостранна и нарастваща заплаха за пътната инфраструктура, която се простира далеч отвъд преките физически щети. Анализът показва, че пътищата играят двойна роля – те не само осигуряват критичен достъп за борба с пожарите, но и значително увеличават риска от човешки предизвикани запалвания. Директните щети върху пътните настилки, мостовете, спомагателните съоръжения и дренажните системи са значителни, като екстремната топлина и тежкото натоварване водят до необратими промени в материалите и структурни повреди.

Освен това, косвените въздействия след пожар, като ерозия, свлачища и наводнения, представляват забавена, но усилена заплаха, която може да надхвърли съществуващите проектни стандарти за инфраструктурата. Оперативните рискове, включително затваряне на пътища, намалена видимост и предизвикателства пред спешния достъп, създават непосредствени опасности за безопасността и мобилността, с непропорционално въздействие върху селските и уязвимите общности. Икономическите последици са огромни, обхващащи преки разходи за ремонт, широкообхватни смущения във веригите за доставки, намален БВП и значително фискално напрежение върху публичните бюджети.

За да се изгради устойчива пътна инфраструктура пред лицето на ескалиращата заплаха от горски пожари, е наложителен интегриран и многостранен подход. Това включва проактивни мерки като използване на устойчиви на огън материали, стратегическо планиране на земеползването, намаляване на горивния материал и внедряване на усъвършенствани системи за ранно предупреждение. От решаващо значение е също така да се подобрят стратегиите за възстановяване след пожар чрез бърз ремонт на критична инфраструктура, разработване на приобщаващи системи за евакуация и осигуряване на справедливо разпределение на ресурсите за всички общности. Само чрез всеобхватно разбиране и прилагане на тези стратегии може пътната инфраструктура да издържи на нарастващите предизвикателства, поставени от горските пожари.

ЛИТЕРАТУРА:

1. PDF) Vulnerability of structures and infrastructure to wildfires: a perspective into assessment and mitigation strategies - ResearchGate, осъществен достъп на май 30, 2025, https://www.researchgate.net/publication/389000537_Vulnerability_of_structures_and_infrastructure_to_wildfires_a_perspective_into_assessment_and_mitigation_strategies
2. As wildfires rage in LA area, infrastructure – including roadways – under threat - ASCE, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/article/2025/01/15/as-wildfires-rage-in-la-area-infrastructure-including-roadways-under-threat>
3. Паничаров Г., Тап Д., Кетен С., Чакър А., Използване на лични предпазни средства при горски пожари, международни стандарти, Сборник с доклади от Международна научна конференция „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения – DCB-2016“, 15-17.09.2016, Варна, стр. 184-188, ISBN: 978-954-92866-7-0
4. Чакър А., Горските пожари-състояние, регулация, превенция, Електронен журнал на ВСУ " Черноризец Храбър" гр. Варна, бр. 13-2020, ISSN 1313-7514

5. Павлина Наскова, Али Чакър, Оценка и управление на риска от пожари в природни и урбогенни екосистеми, Електронен журнал на ВСУ " Черноризец Храбър" гр. Варна, бр. 17-2022
6. Чакър А., Проблеми и задачи при изследването на теченията на вихрови пожари, Електронен журнал на ВСУ " Черноризец Храбър" гр. Варна, бр. 18-2022, стр. 1-5, ISSN 1313-7514
7. The importance of having fire-resilient stormwater and sewer systems. - Rinker Materials, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.rinkerpipe.com/blog/fire-resilience/>
8. CALIFORNIA FORESTRY REPORT 7 POST-FIRE SALVAGE LOGGING, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://bof.fire.ca.gov/media/0wmlbt05/california-forestry-report-7-post-fire-salvage-logging.pdf>
9. Wildfire Driving Guide: Tips For Staying Safe In Fire Zones - Arash Law, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://arashlaw.com/wildfire-driving-guide-tips-for-staying-safe-in-fire-zones/>
10. New Research Reveals Economic Fallout of 2025 Fires and Road Closures for Malibu Businesses - Pepperdine University, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.pepperdine.edu/press-room/news-releases/2025-spp-beacon-malibu-research.htm>
11. When wildfire smoke causes car crashes - Sumner Law, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.sumnerlawyers.com/blog/2025/01/when-wildfire-smoke-causes-car-crashes/>
12. How To Minimize Wildfire Smoke Exposure While Driving | AK Blog - Arash Law, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://arashlaw.com/how-to-minimize-wildfire-smoke-exposure-while-driving/>
13. Wildfire Recovery and Resilience Strategies for Resource-Constrained and Vulnerable Communities - UCLA Institute of Transportation Studies, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.its.ucla.edu/publication/wildfire-recovery-and-resilience-strategies-for-resource-constrained-and-vulnerable-communities/>
14. Protecting Emergency Responders from Moving Vehicles During Wildfire Responses, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.respondersafety.com/Download.aspx?id=6b55a48d-5a8e-4104-a23d-147ed2bc2a9e>

15. 1/22/25: Economic Impact of LA Wildfires - Cresset Capital, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://cressetcapital.com/articles/market-update/1-22-25-economic-impact-of-la-wildfires/>
16. The economics of a disaster: How the LA wildfires may impact the economy - Ohio University, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.ohio.edu/news/2025/02/economics-disaster-how-la-wildfires-may-impact-economy>
17. Economic impact of the Los Angeles wildfires - PreventionWeb.net, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.preventionweb.net/news/economic-impact-los-angeles-wildfires>
18. Understanding Wildfire Prevention, Preparedness, and Mitigation Solutions, осъществен достъп на май 30, 2025, <https://www.tidalbasingroup.com/understanding-wildfire-prevention-preparedness-and-mitigation-solutions/>