

**ZNANSTVENA PRILOGA
SCIENCE SUPPLEMENT**

UREDNIK/EDITOR:

**prim. prof. dr. Marjan Bilban,
dr. med.**

**Prim. prof. dr. Marjan Bilban,
dr. med. spec. MDPŠ**

ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d.
Chengdujska cesta 25
1260 Ljubljana Polje

Vsebina - Contents

LESNI PRAH KOT KANCEROGEN

POVZETEK

Lesni prah so trdni delci, ki nastanejo pri obdelavi prahu. Najvišja izpostavljenost lesnemu prahu obstaja predvsem v industriji pohištva in parketa. Nevarnost lesnega prahu grozi zaradi mehanskih, fizikalnih in kemičnih dejavnikov:

- iveri, trske ali vlakna povzročajo mehanske poškodbe;
- z žagovino ali lesnim prahom se lahko zastrupimo;
- zaradi prahu se lahko vname sluznica ali koža;
- koža je občutljiva za neposreden dotik ali droben lesni prah;
- z vdihavanjem hlapljivih snovi se lahko zastrupimo.

Vdihavanje lesnega prahu in kožni kontakt z lesom in/ali lesnim prahom povezujejo s številnimi bolezenskimi spremembami. Lesni prah deluje iritativno, alergijsko in kancerogeno:

- kožne spremembe (lesni prah je alergen in lahko povzroči kontaktni dermatitis, ki najpogosteje nastane na rokah, podlahteh, vratu ali vekah);
- draži očno veznico;
- respiratorne bolezni (draženje sluznice zgornjih dihal, sinusov, rinitis, daljše prebolevanje prehladov, kronični bronhitis, poklicna astma, alergijski alveolitis);
- nespecifični simptomi (dispneja, glavobol, vrtoglavica, utrujenost, trebušni krči ...);
- karcinom nosne votline.

WOOD DUST AS A CARCINOGEN

ABSTRACT

Wood dust consists of solid particles created by wood processing. Exposure to wood dust is highest in furniture and hardwood industries. Wood dust poses a hazard due to mechanical, physical, and chemical factors.

- woodchips, splinters and wood fibre may cause mechanic injuries;
- sawdust or wood dust may be toxic;
- wood dust can lead to inflammation of the skin or mucous membranes;
- the skin is sensitive to direct touch or to fine wood dust;
- breathing volatile compounds can be poisonous.

Inspiration of wood dust and skin contact with wood and/or wood dust are connected to numerous afflictions. Wood dust has irritant, allergenic, and carcinogenic properties:

- skin changes (wood dust is an allergen and may cause contact dermatitis, most commonly on the hands, lower arms, neck, and eyelids);
- irritation of the conjunctiva;
- respiratory disease (irritation of the upper respiratory system mucous membranes or sinuses, rhinitis, persistence of post-cold coughing, chronic bronchitis, occupational asthma, allergenic alveolitis);
- non-specific symptoms (dyspnea, headache, dizziness, tiredness, stomach cramps ...)
- nasal carcinoma.

Keywords: wood dust; irritant, allergenic, and carcinogenic activity; workplace safety measures

Lesni prah kot kancerogen

Uvod

V razvitih državah umre takoj za srčno-žilnimi boleznimi največ moških in žensk zaradi raka. To je vzrok za četrtno vseh smrti v EU. V starostni skupini od 45 do 64 let starosti je rak vzrok za kar 41 % smrti, zaradi česar je v srednjih letih glavni razlog umiranja.

Z določenimi poklici povezane bolezni so različni avtorji opisovali že davno. Profesor Bernardino Ramazzini je leta 1700 v svoji Razpravi o boleznih delavcev zapisal: »Ali nismo prisiljeni priznati, da so številni poklici vir bolezni za tiste, ki jih opravljajo, in da obrtniki, ki hudo zbolijo zaradi nečesa, s čimer so želeli preživljati sebe in svojo družino, umrejo v sovraštvo do svojega nevhvaležnega poklica?« Zato je predlagal, da njegovi kolegi dodajo na seznam vprašanj, ki naj bi jih po Hipokratovem nasvetu zdravniki zastavljali svojim bolnikom, tudi vprašanje: »Kaj je bolnik po poklicu?«

Nekatere vrste lesnega prahu povzročajo specifične vrste raka, ki so jih prvič povezali z delovnim okoljem v Angliji 1965. leta in ga 1969 že priznali kot poklicno bolezen, 1976. leta tudi v Belgiji, 1981. v Franciji in 1987. v Nemčiji.

V EU kancerogene razdelimo v tri skupine.

1. kategorija: Snovi, za katere je znano, da so rakotvorne za človeka (imamo zadostne dokaze za obstoj vzročne povezave med izpostavljenostjo ljudi določeni snovi in razvojem raka).
2. kategorija: Snovi, ki bi jih morali obravnavati, kot da so rakotvorne za človeka (imamo dovolj dokazov za to, da lahko s precejšnjo gotovostjo predvidevamo, da je razvoj raka posledica izpostavljenosti človeka določeni snovi, ti dokazi pa temeljijo na ustreznih, dalj časa trajajočih raziskavah na živalih in/ali drugih tehtnih informacijah).
3. kategorija: Snovi, ki zbujajo skrb, ker je možno, da imajo rakotvorne učinke, vendar razpoložljive informacije o tem še niso zadostne, da bi lahko napravili zadovoljivo oceno (obstajajo dokazi, pridobljeni s pomočjo raziskav na živalih, vendar so ti nezadostni, da bi lahko snov uvrstili v 2. kategorijo).

Po ocenah Carexa (iniciative EU) je v EU poklicno izpostavljenih karcinogenom kar 25 % delavcev: največ sončnemu obsevanju, pasivnemu kajenju, kristalinskemu silicijevemu dioksidu, izpušnim plinom dizelskih motorjev, radonu, lesnemu prahu (po ocenah 2,6 milijona), svincu in njegovim anorganskim spojinam in benzen. Sledijo še azbest, etilen dibromid, formaldehid, PAH, steklena volna, tetrakloretilen, krom VI in njegove spojine, hlapi

žveplene kisline, nikelj, stiren, klormetil in trikloetilen. Gospodarski sektorji, kjer je bila izpostavljenost karcinogenom največja, so bili: gozdarstvo, ribištvo, rudarstvo, lesna in pohištvena industrija, rude, gradbeništvo, letalski transport, sektor vzdrževanja vozil ...

Prah v zraku je lahko nevarna, škodljiva ali moteča snov.

V proizvodnji je prah škodljiv, ker:

- povzroča škodo strojem – povečuje obrabo (abrazija in trenje), lahko povzroča eksplozije ali požare, lahko povzroča motnje v pnevmatičnih ali hidravličnih sistemih ipd.;
- zaprašeno okolje vpliva na kakovost izdelka ali povečuje število neuporabnih izdelkov;

Posebno znane so zahteve po brezprašnem okolju, npr. v optični industriji, v industriji zdravil, pri proizvodnji elektronskih delov, posebej mikrovezij, kjer bi bila proizvodnja brez skrbnega odpraševanja prostorov negospodarna in nemogoča.

- lahko škoduje ljudem ali jih moti.

Prah uvrščamo med aerosole.

Aerosole grobo delimo po načinu nastanka in agregatnem stanju na:

- **disperzoide**, ki pomenijo prah v trdem agregatnem stanju in dispergirano meglo v tekočem agregatnem stanju, in
- **kondenzoidi**, ki pomenijo dim v trdem agregatnem stanju in kondenzacijsko meglo v tekočem agregatnem stanju.

Prah v ožjem pomenu imenujemo trdne delce, ki nastanejo z drobljenjem, žaganjem, brušenjem ipd. večjega (kosovnega) materiala. Drobcji ohranijo lastnosti in strukturo prvotne snovi. Značilni predstavniki so npr. prah apnenca v kamnolomu, moke v mlinu, lesa pri lesnoobdelovalnih strojih ali brušenju površin ipd. Delci prahu so po pravilu razmeroma veliki do 10 µm, izjemoma pa tudi zelo majhni, velikosti okrog 0,5 µm ali manj. Prah nastane z mehanskim trganjem molekularnih vezi prvotne snovi v kosu, za kar mora biti na voljo dovolj energije za drobljenje.

Z drobljenjem se celotna površina zdrobljene snovi bistveno poveča v primerjavi s površino nezdobljenega prvotnega kosa. Zaradi velike aktivnosti površine je prah praviloma tem bolj škodljiv, vnetljiv, nevaren za samovžig, eksploziven ipd., čim bolj droben je.

Kondenzoid nastane s kondenzacijo par v zraku, npr. pri ohlajanju par raztaljene snovi. Zgled za kondenzoid je lahko železov oksid, ki nastane pri kondenzaciji par železa ob sočasni oksidaciji, kondenzoid kositra, bakra, aluminija pri kondenzaciji njihovih par, npr. pri izparevanju iz taline, pri taljenju, varjenju, lotanju ipd. Delci kondenzoida so majhni, največkrat ne presegajo velikosti 1 μm .

Dim nastane z gorenjem. Odlikuje ga intenzivna barva ali »optična gostota«. Delci dima so lahko različno veliki: največkrat so drobnji, velikosti od 0,1 μm do 10 μm , izjemoma večji, npr. 50 μm in več. Značilna predstavnika sta npr. tobačni dim in saje. Kemična sestava dima se razlikuje od sestave izhodne snovi, ker se snov z gorenjem kemično spremeni.

Biotični prah je prah rastlinskega ali živalskega izvora. To so spore, cvetni pelod, bakterije, virusi, celice odmrlega epiderma (povrhnjica kože), ostanki perja, dlak, izločki (npr. pršic) ipd. Biotični prah zaseda širok velikostni spekter od virusov velikosti pod 0,1 μm do bakterij velikosti od 0,5 do 20 μm in cvetnega prahu in spor, ki imajo velikostni spekter od 10 do 100 μm .

Meglo tvori tekoča faza v zraku (torej tekoči aerosol, ki ni prah). Nastane s kondenzacijo hlapov (vode, olj, topil) ali z umetnim pršenjem tekočin v zrak z »atomiziranjem«. Kondenzacijo hlapov v meglo pospešujejo kondenzacijska jedra v zraku, kot so delci prahu, dima in ioni. Megla se razlikuje od prahu po tem, da se velikost kapljic megle lahko spreminja v odvisnosti od termodinamičnega stanja zraka (kapljice rastejo ali izhlapijo kot para). Kapljice so lahko izjemno majhne, npr. pod 0,1 μm , lahko pa tudi velike, npr. 100 μm in več (dež). Kapljice lahko preidejo tudi v trdno snov (toča, sneg).

Smog je zmes zelo fino dispergirane megle in dima v zraku ter plinov, kot so CO, CO₂, SO₂, NO_x, O₃ in drugi. Najpomembnejši vir smoga so emisije iz motornih vozil, emisije iz kurišč in industrijskih obratov, ki se pod vplivom sončne svetlobe, vlage in v primernih meteoroloških razmerah oblikujejo v smog. Delci smoga so drobnji, njihova velikost je pod 1 μm in do velikosti molekul.

Glede na vrsto škodljivosti delimo prah na:

- **inertni prah**, ki s svojo prisotnostjo predvsem obremenjuje dihalna. Praviloma je obremenitev reverzibilna, kar

pomeni, da si organizem po končani izpostavljenosti opomore in se vrne v prvotno stanje. Pri večjih koncentracijah draži ali povzroča neprijetne reakcije (npr. prah apnenca, prah premoga brez prostega kremena, smukec brez prostega kremena, dim železovega oksida, nekateri silikati, kot porcelan, keramika, aluminijev oksid, nekatere plastične mase, sladkor idr.);

- **fibrogeni prah** povzroča brazgotinjenje in razraščanje pljučnega vezivnega tkiva, ki ni reverzibilno, ampak je trajno in pogosto napredujoče (prosti kremen, minerali, ki vsebujejo kremen, azbest, premogov prah, ki vsebuje kremen);

- **toksični (strupeni) prah** prehaja iz dihal v organe in tkiva, tako da se raztaplja na sluznicah dihalnih poti ali v prebavnem traktu. Raztopljen se prenaša po organizmu s krvjo ali drugimi telesnimi tekočinami in zastruplja organe, tkiva ali sisteme (prah strupenih topnih anorganskih soli, prah snovi, ki vsebujejo težke kovine, kot so živo srebro, svinec, kositer, antimon, vanadij, platina, prah, ki vsebuje kovine prehodnih elementov, kot so berilij, kadmij, selen in telur, talij, arzen ali prah, ki vsebuje npr. fluor ali fluoride, pesticide, insekticide, umetna gnojila, fungicide, zaščitna barvila, ki vsebujejo težke kovine, npr. minij);

- **irativni (dražljivi) prah** draži sluznice dihal, lahko tudi sluznice oči ali kožo (prah živega apna ali drugih jedkih anhidridov lugov, prah ali megle jedkih kislin, prah nekaterih vrst eksotičnih vrst lesa, nekatere sicer kemično nevtralne snovi, kot so mineralna ali steklena volna idr.);

- **prah s specifičnim delovanjem na gornje dihalne poti**, ki se usede v zgornjih dihalnih poteh (spojine vanadija, kromati idr.) in tam povzroča specifično reakcijo organizma (perforacija nosnega pretina);

- **alergogeni prah** povzroča alergične reakcije v zgornjih dihalnih poteh ali pljučih. Daljša izpostavljenost lahko povzroči preobčutljivost – senzibilizacijo na določene alergene (prah organskega izvora, biogeni prah, kot je cvetni pelod, prah kave, nekatere kovine, kot so krom, nikelj, kobalt, platina, zlato, kemikalije za galvanizacijo, fotografske kemikalije, prah nekaterih močno razširjenih umetnih plastičnih mas);

- **karcinogeni prah**, npr. prah azbesta, povzroča pljučnega raka in raka pleure, kromati, nikelj in spojine, berilij, arzen in spojine, kobalt in spojine, nekatere vrste prahu trdega lesa (bukev, hrast), saje, dima, katrana, cigaretni dim, radioaktivne snovi ali prah, ki vsebuje radioaktivne snovi, npr. razpadne produkte radona idr;

- **infektivni prah** – prenašanje infekcij (kapljične infekcije).

Nekatere vrste prahu imajo:

- **mutagene** učinke – povzročajo spremembe v celicah, ki škodljivo vplivajo na potomstvo, in **teratogene**, ki škodljivo vplivajo na plod (te vrste prahu so najpogostejše organske spojine, npr. snovi pri izdelavi zdravil, poljedelskih preparatov itd.).

Vsak prah lahko deluje tudi kot **stresor**.

Dihala so stalno izpostavljena delovanju prahu. Škodljivost prahu je odvisna od:

- koncentracije prahu (masa na volumsko enoto ali število vlaken, npr. azbesta na volumsko enoto zraka),
- izpostavljenosti prahu (trajanje izpostavljenosti, intenziteta dihanja),
- kemične sestave prahu (vrste prahu),
- velikostnega spektra delcev vpliva na nalaganje prahu v posamezne dele dihal,
- oblike prašnih delcev,
- način dela.

Prah deluje škodljivo, odvisno od prehajanja v telo oziroma obrambnega mehanizma, na pljučno tkivo, sapnice in celotno telo.**● Na pljučno tkivo:**

- a) pnevmokonioze – razraščanje vezivnega tkiva v pljučih (kremen, azbest),
- b) nespecifične reakcije pljučnega tkiva (apnenec),
- c) alergično vnetje (prah organskega izvora),
- d) kancerogeno delovanje (azbest).

● Na sapnice:

- a) organski prah (lan, konoplja, bombaž),
- b) poklicna astma (npr.: kava, tobak, moka, dlake, perje).

● Na celotno telo:

- strupene vrste delujejo na tkiva, organe ali sisteme (svinec, živo srebro, pesticidi, antibiotiki itd.).

Za prah velikosti približno 0,25 do 5 μm je varovalni sistem zgornjih dihal najmanj učinkovit. Zato lahko zaide do pljučnih mešičkov. Nekatere vrste prahu stalno ostanejo v pljučih. Tak tujek v pljučih lahko povzroči vnetni proces. Posledica tega je brazgotinjenje in razraščanje veznega pljučnega tkiva – fibroza, ki privede do trajne, nepopravljive prizadetosti pljučne funkcije.

Lesni prah

Lesni prah so trdni delci, ki nastanejo pri obdelavi prahu. Znano je, da so nekatere vrste prahu trdega lesa (bukev, hrast) kancerogene. Na seznamu kancerogenih snovi sta le prah bukovega in hrastovega lesa (oba sta v prvi skupi-

ni kancerogenih snovi – dokazani kancerogeni za človeka). Povzročata raka na dihalih. Vloga specifičnih snovi v lesnem prahu pri povzročanju raka še ni razjasnjena. Raziskave na ljudeh, ki so bili dolgotrajno izpostavljeni lesnemu prahu, so pokazale, da imajo ti zmanjšan mukociliarni klirens in močnejše vnetne reakcije v nosni votlini. Celične spremembe (metaplazija in displazija), ki jih opazamo v nosni sluznici delavcev v lesni industriji in pri poskusnih živalih, so bile prekanceroze. Po podatkih posveta NIOSH na Danskem leta 2004 je bilo v EU pred tem letom okrog 3 milijone delavcev izpostavljenih lesnemu prahu. S priključitvijo novih članic se je to število precej povečalo. Najvišja izpostavljenost lesnemu prahu obstaja predvsem v industriji pohištva in parketa. Nevarnost lesnega prahu grozi zaradi mehanskih, fizikalnih in kemičnih dejavnikov:

- iveri, trske ali vlakna povzročajo mehanske poškodbe;
- z žagovino ali lesnim prahom se lahko zastrupimo;
- zaradi prahu se lahko vname sluznica ali koža;
- koža je občutljiva za neposreden dotik ali droben lesni prah;
- z vdihavanjem hlapljivih snovi se lahko zastrupimo.

Vdihovanje lesnega prahu in kožni kontakt z lesom in/ali lesnim prahom povezujejo s številnimi bolezenskimi spremembami. Lesni prah deluje iritativno, alergijsko in kancerogeno:

- kožne spremembe (lesni prah je alergen in lahko povzroči kontaktni dermatitis, ki najpogosteje nastane na rokah, podlahteh, vratu ali vekah);
- draži očno veznico;
- respiratorne bolezni (draženje sluznice zgornjih dihal, sinusov, rinitis, daljše prebolevanje prehladov, kronični bronhitis, poklicna astma, alergijski alveolitis);
- nespecifični simptomi (dispneja, glavobol, vrtoglavica, utrujenost, trebušni krči ...),
- karcinom nosne votline.

Prašni delci povzročajo vnetje sluznic nosu, grla, oči in notranjih predelov dihal, pogosto tudi alergije, astmo, pri daljši izpostavljenosti tudi resne poškodbe kože in zastrupitve. Najpogostejši simptomi zastrupitev so glavobol, bruhanje in aritmija srca. Če snovi prodrejo skozi kožo, lahko povzročijo alergije, vnetje kože, dermatitis ali zastrupitve.

Gozdovi prekrivajo približno tretjino površine kopnega. V Sloveniji 54 % celotne površine predstavljajo gozdovi, kar nas uvršča na tretje mesto najbolj gozdnatih držav

Evrope. Obstaja približno 12.000 drevesnih vrst in vsaka da karakterističen tip lesa. Po podatkih Statističnega urada RS je bilo leta 2010 v obdelavi in predelavi lesa ter proizvodnji izdelkov iz lesa zaposlenih nekaj nad 8200 oseb, v proizvodnji pohištva le nekaj manj in v gozdarstvu več kot 1600.

Izraza »trdi in mehki« les se večkrat nanašata na vrsto in ne nujno na dejansko trdoto lesa. Trdi les je gostejši od mehkega, vendar je trdota različna tudi znotraj vrst. Večina posekanih dreves je iz trdega lesa (58 % volumskega deleža), ki ga večinoma uporabljamo za gorivo. Za industrijske namene pa je večkrat uporabljen mehki les (69 %), vendar je ta delež različen glede na geografsko področje.³

Trdota lesa je lastnost, ki pove, kakšen odpor nudi površina lesa na neko silo, s katero delujemo na to površino. Pod trdi les spada les naslednjih drevesnih vrst: gaber, akacija, hruška, hrast, brest, bukev, jesen, javor ... Pod mehki les spadajo: smreka, jelka, bor, macesen, lipa, topol, jelša, breza, kostanj, vrba ...

Lesni prah je kompleksna mešanica, proizvedena po mehanski obdelavi lesa. Njegova kemična sestava je odvisna od vrste lesa, prevladujejo pa celuloza, polioze in lignin z manjšim deležem substanc z relativno majhno molekularno maso. Lesni prah je svetlo rjav ali ima barvo čreslovine. Uporablja se pri pripravi oglja, kot absorbent za nitroglicerine, kot filter v plastiki, pri pripravi linoleja in lepenke.^{1a} Če obdelujemo različne vrste lesa, je delež prahu, ki pri tem nastaja, različen. Največji delež prahu vdihavamo pri prečnem razžagovanju bukve in drugih trdih lesov (finejši prah).

Celuloze, polioze in lignina ne uvrščamo med toksične sestavine lesa. Zdravju škodljive so akcesorne snovi (stranske, odvečne snovi v drevesu, ki se kopičijo v jedrovini), ki za rastlino niso več uporabne in jih ne potrebuje. V živem drevesu se odvečne snovi odvajajo po trakovnem parenhimskem tkivu v osrednji del debla ali v mrtve celice lubja (mrtva skorja, vse mrtvo tkivo zunaj najmlajšega felogena), kjer se kopičijo. Razumljivo je, da se zato beljava (zunanji del debla ali veje s še živimi celicami, ki vsebujejo rezervne snovi (npr. škrob), jedrovina (debelna sredica v rastočem drevesu, kjer so celice odmrle, rezervne snovi, ki so jih te vsebovale (npr. škrob), pa so se odstranile ali spremenile v jedrovinske snovi (jedrovina je lahko neobarvana – smreka, jelka, večinoma pa je obarvana – bor, takrat jo imenujemo črnjava) in skorja medsebojno ločijo tako po vsebnosti kot po povsem drugačni sestavi toksičnih snovi. Za pre-

Drevesne vrste, ki vplivajo na zdravje ljudi

Drevesna vrsta	Obolenje	Lokacija	Nevarnost	Izvor	Pogostnost
Brest	Draženje	Oči, koža	+	Lesni prah	Redko
Breza	Alergija	Dihala	++	Les, lesni prah	Običajno
Bukev	Alergija, kancerogenost	Oči, koža, dihala	++	Skorja, listje, lesni prah	Običajno
Hrast	Alergija	Oči, koža	++	Skorja, listje, lesni prah	Redko
Javor	Alergija, pneumonitis	Dihala	+++	Lesni prah	Običajno
Jelša (črna)	Draženje	Oči, koža			
Jesen	Draženje	Dihala			
Oreh (črn)	Alergija	Oči, koža	++	Lesni prah, les	Običajno
Akacija	Draženje, slabost	Oči, koža	+++	Skorja, listje	Običajno
Smreka	Alergija	Dihala	+	Les, lesni prah	Redko
Tisa – les	Draženje	Oči, koža	++	Lesni prah	Običajno
Tisa	Zastrupitev, slabost	Srčno-žilni sistem	++++	Les, lesni prah	Običajno
Vrba (bela)	Alergija, slabost	Dihala	+	Les, les. prah, skorja, listje	Neobičajno

delavo lesa je še posebno pomembno kopičenje akcesornih snovi na meji »pretvorbe« oziroma transformacije beljave v jedrovino. Jedrovina se lahko zato tudi obarva, postane pa tudi odpornejša proti napadom žuželk in okužbam gliv in bakterij.

V trdem lesu (hrast, bukev ...) je v večini prisotna polioza, manj pa je lignina. Te makromolekule vsebujejo pet nevtrálnih sladkornih enot: heksoza, glukoza, manoz, galaktoza in pentoza (ksiloza in arabinoza). Bistveni vpliv na lastnosti lesa pa imajo snovi z manjšo molekularno maso. V trdem lesu je večji delež substanc, ki so topne v polarnih organskih topilih (tanini, flavonidi, kvinoni in lignani), v manjšem deležu pa snovi, ki so topne v nepolarnih organskih topilih (maščobne kisline, ostanki kislin, voski, alkoholi, terpenin, steroli, steril estri in glicerol), in snovi, ki so topne v vodi (karbohidrati, alkoholi, proteini in anorganske snovi).

Vsebnost toksičnih snovi je zelo spremenljiva; ne le da se razlikuje med drevesnimi vrstami, ampak je njihova količina zelo različna celo med drevesi iste vrste, čeprav

rastejo na istem rastišču in le nekaj korakov narazen. Vplivni dejavniki so poleg rastišča še ekološke razmere, geografska lega in letni čas.

Domače drevesne vrste vsebujejo manj nevarnih snovi, zato so tudi bolezenske težave delavcev nezaznavne ali pa se pojavljajo le alergije in lažja obolenja dihalnih organov (kašelj, astma). Večja previdnost je potrebna pri delu s tropskimi vrstami, ki vsebujejo zdravju bolj škodljive snovi in tudi v večjih količinah. Pravimo, da so to drevesne vrste z biološko aktivnejšim lesom in skorjo. Najpomembnejše toksične učinkovine v lesu so: alkaloidi, antrakinoni, flavonoidi, kumarini, glikozidi, saponini, stilbeni in terpeni. Na delovanje večine alkaloidov se odziva centralni živčni sistem, drugi alkaloidi učinkujejo na dihalne funkcije, ali spremenijo ritem srca, ali pa povzročajo poškodbe na koži. Znamenja zastrupitve z alkaloidi so slinjenje, glavobol, bruhanje, bolečine v želodcu, raztresenost, zoženje ali širitev zenic in celo koma ali smrt. Med številnimi alkaloidi sta za naše vrste lesa zanimiva taksin in citizin. Prvega najdemo v tisi in vpliva na spremembe delovanja srca in dvig krvnega tlaka, v večjih količinah pa povzroči izgubo zavesti, komo in zastoj srca. Citizin je v nagnojih in deluje na centralni živčni sistem in kostni mozeg.

Med glikozidi omenjamo robin, ki ga najdemo v robiniji in vpliva na delovanje srca.

Kinoni in kumarini povzročajo draženje kože, alergijo in dermatitis, škodljivost pa se stopnjuje z zaužitjem ali vdihavanjem. Razširjeni so v tropskem lesu. Strupene saponine najdemo v divjem kostanju. Hlapna frakcija eteričnih olj so terpeni, ki prijetno dišijo, zaradi velike reaktivnosti pa se hitro pretvorijo v strupene snovi. V limonovcu

je limonen, v evkaliptu, boru in macesnu so različni pine-ni, ki dražijo kožo in sluznico, vdihavanje pa povzroča bolečine v prsih, slabost in bronhitis.

V različnih vrstah lesa je še veliko flavonoidov, fenolov in stilbenov, ki najpogosteje povzročajo draženje kože in alergije. Flavonoidi povišujejo krvni tlak, vplivajo na splošno delovanje srca in delujejo kot odvajala. Stilbeni in fenoli so dražeči in povzročajo tudi alergije.

Učinkovine domačih iglavcev in listavcev, ki lahko povzročajo zdravstvene težave

Vrsta lesa	Vrsta obolenja oziroma delovanja
Breza	Dermatitis (vnetje kože)
Bukev	Dermatitis
Črna jelša	Alergija
Oljka	Draženje, alergija, dermatitis
Nagnoj	Vnetje sluznice, glavobol, bruhanje, znojenje, dermatitis, ohromitev
Pušpan	Slabost, dermatitis, astma
Oreh	Dermatitis, alergije
Pravi kostanj	Bruhanje, rdečica, motnje vida in zavesti
Robinija	Dermatitis
Topol	Alergije, dermatitis
Jelka	Rdečica, srbečica, izpuščaji
Macesen	Alergija
Duglazija	Alergija
Rdeči bor	Vnetje sluznice, vrtoglavica, dermatitis
Tisa	Dermatitis, spremembe v delovanju srca,
	dvig krvnega tlaka, koma

Lesni prah lahko povzroča:

- **Zastrupitve** – vnetja zaradi mehanskih poškodb nastanejo pri poškodbi kože z ivermi lesnih vrst, ki vsebujejo alkaloidne ali druge strupene snovi. Pojavijo se vnetja in podaljšuje čas celjenja ran. Slabo počutje zaznamo pri vdihavanju ali zaužitju. Kaže se kot glavobol, slabost, bruhanje, motnje vida, zaspanost, vrtoglavica, žeja, izguba apetita, krči, potenje ...
- **Vnetje sluznic nosu in grla** povzroči težave z dihanjem, bolečine v grlu in kihanje, vnetje oči s solzenjem ...
- **Vnetje kože**, ki se kaže kot makularni izpuščaj, ki se stopnjuje v mehurje ali celo bule in je posledica učinka lateksnih snovi. Pri stiku kože z lesom (lesnim prahom, lesnim sokom ter tudi lišaji, ki rastejo na lubju) se lahko pojavi kontaktna urtikarija v obliki rdečih »obroblijenih« izpuščajev. Pri daljšem delovanju lesnega prahu se pri



občutljivih ljudeh pojavlja iritativni dermatitis. Najbolj občutljive so hrbtina dlani, podlaketa, obraz (veke) in vrat, lahko pa se razširi na celo telo (ob razvoju alergijskega kontaktnega dermatitisa). Alergije se pojavljajo predvsem na koži, ki je v stiku s svežim lesom. Možna je tudi navzkrižna senzibilizacija z drugimi vrstami lesa ali drugimi (nelesnimi) materiali. Iveri, trske in vlakna lahko povzročijo tudi mehanske poškodbe na koži.

• **Dihalni sistem** – vdihavanje drobnega lesnega prahu povzroča obolenja dihalnega sistema, ki se kažejo v obliki kašlja, sopenja, naduhe, težkega dihanja in vnetja sluznice. Izpostavljenost lesnemu prahu lahko privede do zmanjšanja pljučne kapacitete ali alergične reakcije: hipersenzitivnega pneumonitisa (vnetje alveolov in malih dihalnih poti) in poklicne astme. Hipersenzitivni pneumonitis je posledica penetracije majhnih delcev globoko v pljuča, kjer sprožijo alergični odziv. Prvi učinki se kažejo v nekaj urah ali dneh po izpostavljenosti in se pogosto zamenjajo s prehladom ali gripo (glavobol, mraženje, potenje, slabost, zadihanost ipd.) Po dolgotrajni izpostavljenosti se stanje poslabša in sledijo trajne posledice na pljučih. Stene alveolov se stanjšajo in otrdijo ter tako zelo otežujejo dihanje. Pri astmi je zadihanost posledica zoženja dihalnih poti, pridružita se tudi kašelj in rinitis. Prvi simptomi astme se pojavijo pozno ponoči in spominjajo na prehlad (rinitis, utrujenost, draženje oči, suh kašelj in tesnoba občutek v prsih). Draženje oči in nosu sčasoma izgine, ostaneta samo kihanje in kašelj ter dušenje. V nekaterih primerih se astmatični napadi pojavljajo po samo nekaj tednih izpostavljenosti lesnemu prahu. Večina delavcev, ki razvije »lesno« astmo, nima osebne alergične anamneze. Potem ko že nekaj časa niso več izpostavljeni lesnemu prahu, se v redkih primerih popolnoma pozdravijo. Pozneje lahko astmatičen napade sprožajo druge substance.

Fin prah v nosu privede do vnetja, kihanja, nos postane zaradi vnetja (edema) sluznice neprehoden, pride do krvavitve iz nosu ... Večina simptomov je posledica draženja zaradi direktne izpostavitve alergenom. Po odstranitvi alergena simptomi postopoma prenehajo. Če droben prah prodre do pljučnih bronhijev, lahko povzroči bronhokonstrikcijo, kar lahko vodi v astmo. Lesni prah lahko zaradi draženja dihalnih poti sproži poslabšanje astme. V redkih primerih je astma lahko posledica senzibilizacije z alergenom lesnega prahu. Zniževanje koncentracije lesnega prahu v tem primeru ne pomaga. Lesni prah lahko privede tudi do alergijskega ekztrinzičnega alveolitisa, ki vodi v progresivno okvaro pljuč.

• **Splošni znaki** – pri nekaterih vrstah lesa lahko pride do glavobola, žeje, slabosti, motenj vida, zaspanosti, slabokrvnosti in celo do okvar jeter. Nekateri raziskovalci so ugotavljali tudi vpliv lesnega prahu na zarodne celice in motnje limfatičnega sistema (nastanek limfoma).

Na svetu je lesnemu prahu poklicno izpostavljenih nekaj milijonov delavcev. Najbolj so izpostavljeni delavci pohištvene industrije, predvsem pri brušenju in vrtanju lesa in podobnih obdelovalnih postopkih, kjer koncentracija lesnega prahu pogosto presega 5 mg/m³. Koncentracija lesnega prahu nad 1 mg/m³ se pojavlja pri žaganju, rezanju, transportu lesa in stiskanju iverja. Lesnemu prahu so izpostavljeni tudi delavci v trgovinah s pohištvom, okni in vrati, lesenimi čolni in lesenim parketom. Manjša izpostavljenost je prisotna tudi v lesarskih šolah, industriji furnirja in industriji papirja. Lesnemu prahu smo lahko izpostavljeni tudi v prostem času (priprava drv, rezbarjenje, pri različnih konjičkih, uporabi komposta z veliko listja, skorjo dreves itd).

Prah predstavljajo trdni delci, ki nastanejo z drobljenjem, žaganjem, brušenjem ipd. večjega kosovnega materiala. Drobci ohranjajo lastnosti in strukturo prvotne snovi. Delci prahu so po pravilu razmeroma veliki, do 10 mm, izjemoma pa tudi zelo majhni, okrog 0,5 mm ali manj. Zaradi velike aktivnosti površine je prah praviloma tem bolj škodljiv, čim manjši (bolj droben) je.

Od celotnega prahu, ki nastane pri določenem postopku, se zelo veliki delci izločijo iz zraka že v neposredni bližini mesta nastanka in zato ne dosežejo v območje delavčevih dihal. Drugi delci lebdiijo manj ali dalj časa v zraku in lahko zato pridejo do človekovih dihal. Od teh delcev ločimo naslednje frakcije, ki so pomembne za vpliv prahu na človeka:

• **Inhalabilna, inspirabilna ali groba frakcija** – to je del celotnega prahu v zraku, ki ga pri dihanju vdihnemo skozi nos ali usta. Groba frakcija je pomembna pri ocenjevanju tveganja zaradi tistih vrst prahu, ki se lahko v dihalnem ali prebavnem traktu topijo in preidejo v človekov organizem, ali tistih vrst, ki lahko škodljivo delujejo že v zgornjih dihalnih poteh. Delci so premera, večjega od 5 µm, in se skoraj v celoti nabirajo v nosni votlini.

• **Alveolarna, respirabilna ali fina frakcija** – ta del vdihanega prahu je tako fin, da uide obrambnemu sistemu zgornjih dihal in se deponira v pljučnem tkivu v območju bronhiol in alveol globlje od dosega ciliarnega mehanizma čiščenja. Alveolarna frakcija je pomembna za prah, ki

povzroča škodljive posledice globoko v pljučih. Premer delcev je od 0,5 do 5 μm .

- Ekstratorakalna ali nosno-ustna frakcija je tisti del prahu, ki ne prodre v dihalih dlje od grla, torej je to razmeroma grob prah. Ta frakcija je pomembna za tiste vrste prahu, ki škodljivo ali moteče deluje predvsem v nosni in ustni votlini, npr. dražljivi prah, nekatere vrste prahu eksotičnih vrst lesa (mahagonij...), kromati... Samočistilni obrambni mehanizem lahko prah s tega predela delno odpravi v prebavni trakt.

- Torakalna frakcija prodre v dihalnih poteh dlje od grla. Pomembna je pri prahu, katerega učinki so posebno izraženi v predelu sapnika in bronhijev, npr. pri prahu, ki povzroča bronhialno astmo. Samočistilni mehanizem lahko prah s tega predela odpravi v prebavni trakt.

Vdihavanje lesnega prahu ima za posledico odlaganje tega v nosni sluznici, žrelu in distalnejših delih dihalnih poti. Količina odloženega prahu v distalnih poteh je odvisna od velikosti, oblike, gostote delcev ter turbulence in hitrosti zračnega toka. Delci s premerom, večjim od 5 μm (inhalabilna frakcija), se skoraj v celoti odlagajo v nosni votlini, delci premera med 0,5 in 5 μm (respirabilna frakcija) se odlagajo v distalne dihalne poti. Koncentracijo lesnega prahu v zraku izražamo v mg/m^3 . Velikost delcev lesnega prahu je odvisna od načina obdelave lesa: pri brušenju nastajajo manjši delci kot pri žaganju. Večina delcev pri obdelavi lesa naj bi bila večja od 10 μm , vendar so pri IARC leta 1995 izpostavili, da so v svojih študijah ugotovili v lesnem prahu kar od 61 do 65 % delcev velikostnega območja med 1 in 5 μm .

Škodljivost delovanja lesnega prahu je odvisna od:

- vrste lesa in lastnosti delcev,
- koncentracije,
- trajanja in pogostnosti izpostavljenosti,
- zdravstvenega stanja človeka in dovzetnosti posameznega človeka,
- delovnega postopka in razmer, v katerih poteka.

Mejna vrednost in meritve

Mejna vrednost za poklicno izpostavljenost lesnemu prahu pomeni povprečno koncentracijo lesnega prahu v zraku v delovnem okolju, znotraj območja vdihovanja, ki načelno ne škoduje zdravju delavcev, če zdrav delavec dela pri koncentraciji lesnega prahu v zraku na delovnem mestu, ki je manjša ali enaka mejni vrednosti lesnega prahu, 8 ur na dan, 40 ur na teden polno delovno dobo, pri udobnih mikroklimatskih razmerah in fizično lahkem

delu. Mejna vrednost velja za 8-urno izpostavljenost in je podana pri temperaturi 20 stopinj C in tlaku 1,013 X105 Pa. Podaja se kot količina nevarne snovi na enoto volumna. Izražamo jo v mg/m^3 ali v ml/m^3 (ppm). Mejne vrednosti so vedno podane za čiste kemične snovi in so določene na osnovi trenutnih znanstvenih spoznanj medicinskih, toksikoloških in epidemioloških raziskav o kratkoročnih in dolgoročnih vplivih nevarnih snovi na bolj ali manj omejenem vzorcu populacije ljudi ali na osnovi poskusov na živalih, ob upoštevanju izvedljivosti. Splošna mejna vrednost za prah je 6 mg/m^3 (alveolarna frakcija), v primeru, da prah nima mutagenih, rakotvornih, teratogenih, fibrogenih, strupenih ali alergičnih učinkov. V primeru, da ima prah katerokoli od naštetih lastnosti, je treba za prah upoštevati še mejno vrednost posamezne nevarne snovi. Ker pa ima lesni prah tako mutagene kot kancerogene lastnosti, je treba mejno vrednost še dodatno zmanjšati.

Če je prah trdega lesa pomešan z drugim lesnim prahom, se mejna vrednost (za prah trdega lesa) porablja za ves lesni prah v mešanici.

Na delovnem mestu je treba koncentracije nevarnih snovi vedno zniževati do najnižje možne stopnje pod mejno vrednostjo. Vendar vzdrževanje koncentracije nevarne snovi pod mejno vrednostjo ne zagotavlja absolutne varnosti za delavca. Mejna vrednost je le orientacijska vrednost, ob upoštevanju katere pri večini izpostavljenih delavcev naj ne bi prišlo do negativnih učinkov na zdravje, zato je ne moremo pojmovati kot absolutne meje med varnim in nevarnim. Vsi delavci ne bodo reagirali enako na negativne vplive lesnega prahu. Ne glede na to pa velja, da daljša izpostavljenost (leta) in večji odmerki (višja koncentracija) pomenita večje tveganje za zdravje.

Izpostavljenost lesnemu prahu ovrednotimo s celokupno inhalabilno koncentracijo lesnega prahu v zraku, ki je definirana kot masa prahu v kubičnem metru zraka (mg/m^3). Standardne merilne metode, kot npr. NIOSH Metod 0500, zajemajo znano količino zraka predhodno kondicionirane in stehtane filtre. Koncentracija lesnega prahu se izračuna tako, da se sprememba v teži filtra deli z volumenom zajetega zraka.

Standardne metode za določevanje prisotnih kemikalij v lesnem prahu ni. Naravno prisotne kemikalije in tiste, ki so bile dodane v procesu obdelave, ter absorbirane onesnaževalce lahko izlužimo s pomočjo organskih topil in vode ter določimo z obstoječimi analiznimi metodami. Možen vpliv teh snovi na človekovo zdravje je še vedno

predmet številnih razprav in špekulacij.

Največje količine lesnega prahu proizvajajo žage, pohišvena industrija, gradbena industrija, mizarstvo in tesarstvo. Med bolj izpostavljenimi so delavci, ki stiskajo lesne produkte (12,3 mg/m³), strugarji lesa (7,46 mg/m³) in mizarji pri brušenju (5,83 mg/m³). Manj izpostavljeni so delavci v proizvodnji papirja, kartona in gozdarji.

EU je zakonsko določila zgornjo dovoljeno mejo za izpostavljenost lesnemu prahu listavcev na 5 mg/m³ z 8-urno TWA (time-weighted average).

Slovenija je predpisala TDK za lesni prah trdih lesov bukovine in hrastovine na 5 mg/m³.

V številnih državah je mejna koncentracija 5 mg/m³ postavljena za vse vrste prahu (prah mehkih in trdih vrst lesa).

ACIGH (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists) priznava lesni prah kot dokazan humani karcinogen in priporoča mejno vrednost 1 mg/m³ za trde (bukev, hrast) in 5 mg/m³ za mehke vrste lesa. Postavila je tudi mejno vrednost za kratkotrajno izpostavljenost: 10 mg/m³ za mehkejši les za obdobje, ki ne presega 15 minut (do štirikrat v delovniku 8 ur, med vsako naj bi bilo vsaj 60 minut).

Mejna vrednost, ki jo priporoča **OSHA** (Occupational Safety and Health Administration), je 15 mg/m³ za inertni prah, za respirabilno frakcijo pa 5 mg/m³.

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) priporoča mejno izpostavljenost 1 mg/m³ (lesni prah uvršča med potencialne poklicne kancerogene).

Za t. i. Western Red Cedar je mejna vrednost za 8-urno izpostavljenost 0,5 mg/m³, saj je tako močan povzročitelj astme.

Ena zadnjih raziskav v naši soseščini (na Hrvaškem), ki je merila izpostavljenost gozdarjev in delavcev lesnemu prahu v lesni industriji, je pokazala, da je bila v 38 % primerov presežena najvišja dovoljena koncentracija lesnega prahu hrastovine in bukovine (3 mg/m³), trinajst odstotkov delovnih mest pa ni dosegalo evropskih zdravstvenih meril.

Kancerogenost

Prah bukovega in hrastovega lesa sodi med kancerogene snovi 1. skupine (v skladu z EU direktivo 67/548 EEC in slovensko razdelitvijo), kar pomeni, da je dokazano rakotvoren pri ljudeh in da zadostuje vzročna povezava med izpostavljenostjo in nastankom raka. Leta 1987 je IARC (International Agency for Research on Cancer) razglasila »izdelovanje pohištva« kot kancerogeno za ljudi, lesni

prah pa je bil za kancerogen razglašen 1995. leta. Mehanizem kancerogenosti še vedno ni povsem poznan. Geno-toksičnost se pripisuje kemičnim komponentam lesa kot tudi fizikalno-mehaničnim lastnostim lesnega prahu. Kaže, da tudi vnetje igra pomembno vlogo pri kancerogenosti. Obstajajo tudi poročila, da naj bi med kronično izpostavljenostjo pri kancerogenosti imelo vlogo tudi nepravilno delovanje mukociliarnega epitelija in same spremembe epitelija, kot sta displazija in metaplazija, in v manjši meri zamenjava žleznega s ploščatim epitelijem.

Pri priznanju vseh vrst lesa kot potenciala povzročiteljev raka nosne votline so se mnenja delila. Nemška, avstrijska in luksemburška navodila so določala, da je nevaren le prah trdega lesa. Danska, Velika Britanija, Švedska, Belgija, Francija, Italija in Švica pa so priznavale, da je nevarna dolgoletna izpostavljenost vsem vrstam lesa. Nasprotujoči so si bili tudi rezultati velikih študij. Študije na preko 40.000 danskih tesarjih in mizarjih ter študija preko 5000 britanskih izdelovalcev pohištva sta pokazali, da ni razlik v pojavnosti vseh vrst raka v primerjavi s splošno populacijo, razvidna pa je bila pet- do osemkrat večja smrtnost pri teh delavcih zaradi raka nosne votline. Nemška retrospektivna študija leta 2003 pa je pri delavcih, ki so zboleli za nosnim rakom v povezavi z izpostavljenostjo lesnemu prahu, pokazala, da so bila dozdanjšnja nemška določila neustrezna. Rak nosne votline povzročajo vse vrste lesnega prahu, kar so mnogo prej pokazale tudi druge študije.

Številne velike študije v Združenih državah Amerike so pokazale, da pojavnost raka nosne votline ni značilno večja pri delavcih, ki so izpostavljeni lesnemu prahu. Razlogi za razlike so lahko v različnih vrstah lesa, metodah obdelave in prisotnosti drugih kemičnih kancerogenov. Avtorji tudi navajajo, da so v Evropi pozneje vpeljali prezračevalne naprave v lesno industrijo.

Mnoge študije potrjujejo povezavo izpostavljenosti lesnemu prahu in nastanka raka nosne votline in obnosnih votlin. Največje je tveganje za adenokarcinom (maligna tvorba žleznega tkiva), še posebej v Evropi. Relativno tveganje adenokarcinoma pri moških, ki so bili izpostavljeni lesnemu prahu, je zelo visoko (45,5) in se povečuje z daljšo izpostavljenostjo. Povprečno obdobje indukcije za adenokarcinom nosnih votlin po izpostavljenosti lesnemu prahu je okrog 40 let. Študije ugotavljajo, da karcinogeno deluje sam les in ne toliko snovi, ki jih uporabljamo v obdelavi lesa (npr. formaldehid ali prezervativi za les). Pravzaprav vloga teh snovi v karcinogenezi ni

jasna. Po drugi strani pa nekatere epidemiološke študije kažejo, da lahko tudi kemijske spojine v lesnem prahu, kot so fenol, formaldehid in terpeni, povečajo tveganje za vrsto respiratornih rakavih obolenj, kot so rak grla, pljučni rak ali mezoteliom. Ploščatocelični rak nosne votline, rak nosnega žrela, grla in hodgkinov limfom naj bi tudi bili povezani z izpostavljenostjo lesnemu prahu.

Študije z organskimi ekstrakti lesnega prahu listavcev so pokazale šibko pozitivne rezultate za mutacije v *Salmonelli typhi murium*. Kemikaliji delta 3 karen in kvarcetin, ki ju najdemo tudi v lesu, sta bili mutageni za salmonelo. Polarno topni ekstrakti nekaterih vrst lesnega prahu (bukev, hrast) so v in vitro ter in vivo testih na sesalcih povzročili poškodbe DNK, indukcijo mikronukleusa in kromosomske aberacije. Še večjo stopnjo okvare DNK in indukcijo mikronukleusa so opazili v limfocitih iz periferne krvi ljudi, ki so bili poklicno izpostavljeni lesnemu prahu.

Novejše študije kažejo, da je v razvoj raka vpleten predvsem vnetni mehanizem. V raziskavi so imunohistokemično določali ekspresijo COX-2, encima, ki je vpleten v vnetni odgovor, in p53, ki je pomemben tumorsupresorski faktor. Analizirali so 50 sinonazalnih karcinomov, od tega 23 adenokarcinomov in 27 ploščatoceličnih karcinomov. Med primeri adenokarcinoma je bila v anamnezi velika večina izpostavljenih lesnemu prahu, med primeri ploščatoceličnega pa kajenju. Ekspresija COX-2 je bila močno povečana v tkivih adenokarcinomov, medtem ko je v tkivih ploščatoceličnega karcinoma sploh ni bilo oziroma je bila zelo majhna. Ekspresija COX-2 je močno korelirala z izpostavljenostjo lesnemu prahu in statusu kadilca. Akumulacija p53 je bila pogosta v tkivih adenokarcinoma, ne pa v tkivih ploščatoceličnega karcinoma.

Vnetni mehanizem nastanka raka potrjujejo tudi eksperimentalne študije na živalskih modelih. Rezultati so pokazali, da je ponavljajoča se izpostavljenost lesnemu prahu bukve in hrasta vodila v vnetje pljuč, ki jo je spremljala indukcija številnih provnetnih citokinov in kemokinov. Pri ljudeh s kronično izpostavljenostjo lesnemu prahu je oslabilen mukociliarni mehanizem očiščevanja in spremenjena nazalna mukoza.

Na velikem vzorcu **sinonazalnih karcinomov** s podatki o poklicni izpostavljenosti so ugotovili visok delež mutacij tumorskega supresorskega gena TP53, ki kodira protein p53. Če je omenjeni gen okvarjen, se celica lahko začne nenadzorovano deliti, kar posledično lahko vodi v karcinom. Pogostost mutacije TP53 je bila signifikantno višja

pri dolgotrajni izpostavljenosti visokim koncentracijam lesnega prahu.

Incidenca raka ust in žrela v Sloveniji leta 2007 je bila za moške 25,7 na 100.000 in za ženske 6,5 na 100.000 prebivalcev. Ob izpostavljenosti lesnemu prahu je več kot dvakrat večja verjetnost za razvoj ploščatoceličnega karcinoma nasofarinksa in hipofarinksa, ki pa je odvisna od prejete doze. Večje je tudi tveganje za ljudi, ki so izpostavljeni in hkrati tudi kadilci oziroma so kadili v preteklosti. Za raka ust in orofarinksa pa ne kaže na statistično povečanje tveganja ob izpostavljenosti lesnemu prahu.

Incidenca raka požiralnika v Sloveniji leta 2007 je bila za moške 7,7 na 100.000 in za ženske 1,5 na 100.000 prebivalcev, incidenca raka želodca pa je bila za moške 29,5 na 100.000 in za ženske 17,7 na 100.000 prebivalcev. Študije niso pokazale statistično večje pojavnosti raka požiralnika ali kardije želodca ob izpostavljenosti prahu trdih lesov. Vendar pa je študija v Amazoniji med delavci v lesni industriji v primerjavi z delavci drugih poklicev pokazala statistično značilno povečano verjetnost za razvoj gastričnega raka ob dolgotrajni izpostavljenosti lesnemu prahu.

Verjetnost **kolorektalnega (debelo črevo in danka) raka** je po opravljenih študijah prav tako povečana v povezavi z lesnim prahom, vendar so se raziskave izkazale za nekonsistentne in na podlagi njih ne moremo sklepati o povečanem tveganju izpostavljenih delavcev.

Incidenca raka grla v Sloveniji je bila leta 2007 za moške 9,7 na 100.000 in za ženske 1,0 na 100.000 prebivalcev. Ob dolgotrajni izpostavljenosti prahu trdega lesa je prisotno signifikantno povečanje tveganja za razvoj raka grla. Prav tako je povečano tveganje pri ljudeh, ki so hkrati bili izpostavljeni in so tudi kadilci oziroma so kadili v preteklosti.

Incidenca raka sapnika, sapnic in pljuč v Sloveniji je bila leta 2007 za moške 91,8 na 100.000 in za ženske 29,9 na 100.000 prebivalcev. Pri zaposlenih v gozdarstvu in lesni industriji je opaziti statistično značilno povečano pojavnost pljučnega raka. Tveganje ob dvajsetletni ali več kot dvajsetletni izpostavljenosti lesnemu prahu je za pljučnega raka večje za 69 %, predvsem se pojavlja ploščatocelični, drobnocelični in adenokarcinom s statistično odvisnostjo pojavnosti od prejete doze. Prav tako statistično je tudi povečanje tveganja pri izpostavljenih delavcih, ki so hkrati kadilci ali so bili kadilci v preteklosti.

Sinonazalni karcinom je redek, z letno standardizirano incidenco na Danskem v letu 2001 0,46 na 100.000 oseb pri moških in 0,62 pri ženskah. Več raziskav je pokazalo

vzročno povezanost sinonazalnega raka z izpostavljenostjo lesnemu prahu, še posebej pa se prah trdega lesa povezuje s sinonazalnim adenokarcinomom.

Incidenca hodgkinovega limfoma v Sloveniji je bila leta 2007 za moške 2,9 na 100.000 in za ženske 1,9 na 100.000 prebivalcev, za nehodgkinove limfome pa 11,5 na 100.000 za moške in za ženske 13,4 na 100.000 prebivalcev ter za levkemije 11,7 na 100.000 za moške in za ženske 8,9 na 100.000 prebivalcev. Povezava med lesnim prahom in povečano incidenco hodgkinovega limfoma je bila dokazana v študijah »case control«, ne pa v kohortnih študijah. Nekaj dokazov obstaja za višjo pojavnost limfatičnih in hematopoetičnih neoplazem, predvsem multiplega mieloma pri ljudeh, ki so bili izpostavljeni lesnemu prahu. Pri multiplem mielomu pa gre lahko tudi za soizpostavljenost kemikalijam v lesnopredelovalni industriji.

Raki genitourinarnega (splovila in sečila) trakta: raziskave na Finskem so pokazale možnost povezave med petindvajsetletno ali več kot petindvajsetletno izpostavljenostjo s povečanim pojavom raka materničnega vratu, ne pa tudi raka endometrija. Raziskava v Avstraliji ni potrdila povezave med poklicno izpostavljenostjo lesnemu prahu in karcinomom prostate. Prav tako s študijami niso dokazali povezave med poklicno izpostavljenostjo lesnemu prahu in večjo incidenco mehurja.

Raziskave prav tako niso pokazale vzročne povezave med izpostavljenostjo lesnemu prahu in drugim oblikam raka, kot. npr. možganski tumorji, tumorji kože in ledvic ...

V študijah tudi niso dokazali, da bi izpostavljenost prahu trdih vrst lesa v prostem času pri ljudeh, ki izdelujejo izdelke iz lesa kot konjiček (npr. modeliranje), imelo za posledico večje tveganje za razvoj raka dihal.

Kadilci ali ljudje, ki so kadarkoli v preteklosti kadili, so ob izpostavljenosti lesnemu prahu v večjem tveganju za razvoj raka zgornjih dihal in žrela kot ljudje, ki nikoli niso kadili, a so izpostavljeni lesnemu prahu.

Najpogostejši znaki in simptomi, ki jih povzročajo raki posameznih področij glave, vratu in pljuč:

- **ustno dno** – razjeda ali eksofit, sklenje, ovirana gibljivost, bolečina, zatrdlina na vratu, nerazumljiv govor, težave pri hranjenju;
- **nosni del žrela** – bezgavke na vratu, občutek polnega ušesa, enostranska naglušnost, otalgija (bolečina v ušesih), izcedek iz nosu ali ušesa, prizadetost živcev od 2 do 7 in/ali od 9 do 11, proptoza (izbočenje očesa), trizmus (krč čeljustnih mišic);

- **ustni del žrela** – občutek tujka, disfagija (oteženo požiranje), zatrdlina na vratu, bolečina, hemoptiza (krvavo izkašljevanje), fetor (zadah);
- **spodnji del žrela** – disfagija, dispneja (težko dihanje), zatrdlina na vratu, bolečina, hemoptiza, fetor, hripavost;
- **zgornji del grla** – občutek tujka, zatrdlina na vratu, bolečina, disfagija, dispneja, fetor, hemoptize, hripavost;
- **glositis (glasilke)** – hripavost, dispneja, bolečina, hemoptize, disfagija, odinofagija (boleče požiranje);
- **spodnji del grla** – hemoptize, dispneja, hripavost, zatrdlina na vratu;
- **nosna in obnosne votline** – izcedek iz nosu, epistaksa (krvavitev iz nosu), občutek polnosti, asimetrija neba, parestezija (krči) kože obraza, diplopija (dvojni vid), eksoftalmus (izbočenje očesa), trizmus, oteklina lica ali korena nosu, majavost ali izpadanje zob;
- **pljučni rak** – kašelj, ki se je iz običajnega kadilskega jutranjega kašlja spremenil in ne poneha, hujšanje, težko dihanje, bolečine v prsih, vratu in rami, krvavo obarvan izmeček, klinični znaki pljučnice, odpor do kajenja pri dolgoletnem kadilcu ...

Varstvo pri delu

V pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem je določeno, da mora delodajalec:

- zmanjšati količino rakotvornih in mutagenih snovi na delovnem mestu na najmanjšo možno mero;
- načrtovati delovne postopke in tehnične kontrolne ukrepe tako, da bo sproščanje rakotvornih ali mutagenih snovi v zrak na delovnem mestu preprečeno ali zmanjšano na najmanjšo možno mero;
- odstraniti rakotvorne in mutagene snovi pri viru z uvedbo lokalnega ali splošnega prezračevalnega sistema, pri čemer morajo biti vsi načini odstranjevanja primerni in združljivi z načeli varovanja;
- izvajati kolektivne varnostne ukrepe in/ali izvajati osebne varovalne ukrepe, kjer se izpostavljenosti ni mogoče izogniti z izvajanjem drugih ukrepov;
- izvajati higienske ukrepe, kot so redno čiščenje tal, sten in drugih površin;
- obveščati delavce;
- označiti nevarna območja z ustreznimi opozorilnimi in varnostnimi znaki, vključno z znaki prepovedanega kajenja in prepovedanega uživanja hrane in pijače na območjih, kjer so delavci izpostavljeni ali so lahko izpostavljeni rakotvornim ali mutagenim snovem;
- vsem izpostavljenim delavcem mora zagotoviti varo-

valno obleko in osebno varovalno opremo za varovanje dihal, ki jo morajo delavci uporabljati ves čas trajanja izpostavljenosti;

- izpostavljenost ne sme biti stalna, čas izpostavljenosti vsakega delavca pa mora biti omejen na najkrajši možni čas;
- na podlagi vseh razpoložljivih podatkov mora zagotoviti, da so delavci in/ali njihovi predstavniki zadostno in primerno usposobljeni, predvsem v obliki obvestil in navodil (o tveganju za njihovo zdravje zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem in o dodatnem tveganju za zdravje delavcev zaradi uporabe tobačnih izdelkov, sprejetih preventivnih ukrepov za preprečitev izpostavljenosti, higienskih ukrepov, nošenju osebne varovalne opreme in varovalne obleke ...).

Možne tehnološke izboljšave za zmanjšanje količine lesnega prahu:

- lokalno odsesavanje, pri katerem se lesni prah zajema pri stroju in filtrira pred vstopom v zrak;
- prepovedano vračanje odsesavanega zraka v delovne prostore;
- splošno prostorsko prezračevanje;
- zaprtje postopka ali zaprtje upravljavca stroja na oddaljeno lokacijo
- primerno čiščenje (s sesanjem – prepoved čiščenja s stisnjenim zrakom in pometanja, razen velikih delcev);
- primerno vzdrževanje naprav, orodij (topa orodja proizvajajo še več prahu in drobnih delcev) in delovnih površin;
- ohranjanje čistih delovnih površin, nošenje zaščitnih oblačil, menjava delovnih mest (kroženje), da delavec ni izpostavljen celoten delovnik ...

Poskrbeti moramo (poleg odsesavanja prahu in ureditve ventilacije na delovnem mestu) tudi za:

- uporabo osebne varovalne opreme za dihalo s filtrom P3 (stopnja filtracije za rakotvorne snovi, oznaka CE), zlasti pri brusilnih strojih, kjer nastaja najdrobnejši prah;
- uporabo filtrov za prečiščevanje zraka;
- uporabo ustreznih zaščitnih mask, očal, rokavic (tesno prileganje rokavom), udobno, vendar zatesnjeno zaščitno obleko (vrat, zapestje);
- uporabo zaščitnih krem in skrb za osebno higieno – temeljito umivanje in spiranje prašnih delcev;
- tuširanje po končanem delu, izpihanje prahu iz nosu, izpiranje oči in zamenjavo oblačil ...

Prav tako moramo poskrbeti za redno (predpisano) obliko tehničnega (meritve delovnega okolja, nadzor nad ustreznostjo prezračevalnih in varstvenih naprav, teoretični in praktični poučenosti izpostavljenih delavcev, o ustreznosti osebne varovalne opreme in njeni dosledni in pravilni uporabi) in zdravstvenega (usmerjeni preventivni zdravstveni pregledi z spirometrijo in RTG-slikanjem pljuč) varstva. Prav tako je treba paziti na izpostavljenost lesnega prahu odprtemu ognju, kot so cigaretni ogorki, pregreti motorji, električne iskre in slabo vzdrževani grelci, preprečevati kopičenje prahu, redno in natančno čiščenje prostorov, paziti, da motorni deli strojev ne pregrevajo in da okoli njih ni prašnih delcev, ki bi lahko bili vzrok eksplozije ali ognja ... Morda bi bilo smiselno tudi, da bi v lesni industriji vsako vrsto lesa spremljal tudi poseben varnostni list (kot to velja za nevarne snovi, kjer je za poklicnega uporabnika obvezen tudi za snovi, ki se po zakonu o kemikalijah ne razvrščajo med nevarne, imajo pa predpisano mejno vrednost za poklicno izpostavljenost – torej načelno tudi za rakotvorne snovi), v katerih bi bile omenjene vse nevarnosti dela s tem lesom.

Literatura

1. Acheson, E. D. Nasal cancer in the furniture and boot and shoe manufacturing industries. *Prev Med* 1976; 5(2): 295–15.
2. Acheson, E. D. Adenocarcinoma of the nasal cavity and sinuses in England and Wales. *Br J Ind Med* 1972; 29(1): 21–30.
3. Acheson, E. D., Pippard, E. C., Winter, P. D. Mortality of English furniture makers. *Scand J Work Environ Health*. 1984; 10 (4): 211–7.
4. Anderson, A., Barlow, L., Engeland, A. et al. Work related cancer in the Nordic countries. *Scand J Work Environ Health* 1999; 25 (2): 1–116.
5. Anon IARC Wood dust and formaldehyde. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Lyon France 1995; 62: 35–215.
6. Anon. International Agency for Research on Cancer: IARC Monographs on the Evaluation of carcinogenic Risk to humans: Wood dust and formaldehyde, WHO, Lyon France 1995; 62: 35–212.
7. Anon. Onkološki inštitut Ljubljana. Epidemiologija in register raka. Rak v Sloveniji 2007, Ljubljana 2007.
8. Anon. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu. Ur. list RS, št. 100/01 in 39/05.
9. Anon. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem. Ur. list RS, št. 101/05.
10. Anon. Statistični urad RS: demografsko socialno področje:

Trg dela. Delovno aktivno prebivalstvo po dejavnostih, Slovenija 2008.

11. Anon. Tenth report on Carcinogens. US Department of health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program 2002.

12. Anon. Uredba o emisiji snovi v zrak iz naprav za proizvodnjo in predelavo lesnih tvoriv. Ur. list RS, št. 49/2003.

13. Arias Bahia, S. H., Echenique, M. I., Koifman, S. Cancer and wood related occupational exposure in the Amazon region of Brasil. *Environ Res* 2005; 99 (1): 132–40.

14. Barbieri, P. G., Lombardi, S., Candela, A. et al. Epithelial nasosinusal cancer incidence and the role of work in 100 cases diagnosed in the Province of Brescia in the period 1978–2002. *Med Lav* 2005; 96 (1): 42–51.

15. Barenas, C. H., Delclos, G. L., El-Zein, R. et al. Wood dust exposure and the association with lung cancer risk. *Am J Ind Med* 2005; 47 (4) 349–57.

16. Bhatti, P., Newcomer, L., Onstand, L. et al. Wood dust exposure and risk of lung cancer. *Occup Environ Med* 2010; 67 (11) 720–9.

17. Bilban, M. Medicina dela, ZVD, Ljubljana 1999.

18. Bimbi, G., Saraceno, M. S., Ricco, S. et al. Adenocarcinoma of ethmoid sinus: an occupational disease. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2004; 24 (4): 199–203.

19. Chan-Yeung, M. Mechanism of occupational asthma due to western red cedar. *Am J Ind Med* 1994; 25: 113–8.

20. Demers, P. A., Boffetta, P., Kongevinas, M. et al. Pooled reanalysis of cancer mortality among five cohorts of workers in wood-related industries. *Scan J Work Environ Health* 1995; 21: 179–90.

21. Demers, P. A., Kogevinas, M., Boffetta, P. et al. Wood dust and sinonasal cancer: pooled reanalysis of twelve case control studies. *Am J Ind Med* 1995; 28: 151–66.

22. Fritsch, L., Glass, D. C., Tabrizi, J. S. et al. Occupational risk factors for prostate cancer and benign prostatic hyperplasia: a case control study in Western Australia. *Occup Environ Med* 2007; 64 (1) 60–5.

23. Gerger, M., Jezeršek, A. Lesni prah kot kancerogen delovnega okolja. Seminarska naloga ULMF, Katedra za javno zdravje, Ljubljana 2011.

24. Gspan, P., Hrašovec, B. Prah v proizvodnji, ZVD, knjižica 109, Ljubljana 1993.

25. Gorišek, Ž. Toksičnost lesa (biološko aktiven les), Informacijsko središče, Koraki, Nova Gorica, 2007; 8(1): 41–5.

26. Gornik Bučar, D., Mrak, T., Tišler, V. Lesni prah v industriji, Les, Zveza lesarjev Slovenije, Ljubljana 2003; 55: 6–12.

27. Gotrik, J. K., Hjulsgaard, M., Helath, N. B. Cancer incidens in Denmark 2001. National Board of Health, 2006: 2–92.

28. Hemelt, M., Granstrom, C., Hemminki, K. Occupational risk for nasal cancer in Sweden. *J Occup Environ Med*. 2004; 46: 1033–40.

29. Holmila, R., Bornholdt, J., Heikkila, P. et al. Mutations in TP53 tumor suppressor gene in wood dust-related sinonasal cancer. *Int J Cancer* 2010; 127: 578–88.

30. Holmila, V., Cry, D., Luce, D. et al. COX-2 and p53 in human sinonasal cancer: COX-2 expression is associated with adenocarcinoma histology and wood-dust exposure. *Int J Cancer* 2008; 122: 2154–9.

31. Innos, K., Rahu, M., Lang, I. et al. Wood dust exposure and cancer incidence: a retrospective cohort study of furniture workers in Estonia. *Am J Ind Med*. 2000; 37: 501–11.

32. Jansing, J. P., Chanda, R., Gore, D. C. et al. Profiles of occupational exposure in patients with wood dust – induced nasal carcinoma *Int J Occup Med Environ Health* 2003; 16(4): 329–35.

33. Jayaprakash, V., Natarajan, K. K., Moysich et al. Wood dust exposure and the risk of upper aero-digestive and respiratory cancers in males. *Occup Environ Med* 2008; 65: 647–54.

34. Kauppinen, T. P., Partanen, T. J., Nurminen, M. M. et al. Respiratory cancers and chemical exposures in the wood industry: a nested case-control study. *British Med J* 1986; 43 (2): 84.

35. Kauppinen, T., Vincent, R., Luikkonen, T. et al. Occupational Exposure to Inhalable Wood Dust in the Member States of the EU. *Ann Occup Hyg* 2006; 50 (6): 549–61.

36. Laakkonen, A., Kyyronen, P., Kauppinen, T. et al. Occupational exposure to eight organic dust and respiratory cancer among Finns. *Occup Environ Med*. 2006; 63 (11) 726–33.

37. Maatta, J., Lehto, M., Leino, M. et al. Mechanisms of particle-induced pulmonary inflammation in a mouse model: exposure to wood dust. *Toxicol Sci* 2006; 93: 96–104.

38. Malke, H. S., Weiner, J. A., McLaughlin, J. K. Register epidemiology studies of recent cancer trends in selected workers *Ann NY Acad Sci* 199; 609: 322–33.

39. Meyer, J. D., Holt, D. L., Chen, Y. et al. SWORD 99: surveillance of work-related and occupational respiratory disease in the UK. *Occup Med (Lond)* 2001; 51(3): 204–8.

40. Miller, B. A., Blair, A., Raynor, H. L. et al. Cancer and other mortality patterns among US furniture workers. *Br J Ind Med* 1989; 46(5): 508–15.

41. Miller, B. A., Blair, A., Reed, E. J. Extended mortality follow-up among men and women in US furniture workers union. *Am J Ind Med* 1994; 25(4): 537–49.

42. Moor, J. C., Moor, J. W., Scott, P. et al. Mucinous intestinal type adenocarcinoma of the sinonasal tract secondary to passive wood dust inhalation: case report. *J Craniomaxillofac Surg* 2004; 32 (4): 228–32.

43. Novaković, S., Hočevar, M., Jezeršek Novaković, B., Strojani, P., Žgajnar, J. Onkologija, MK, Ljubljana 2009.

44. Olsen, J., Sabroe, S. A follow up study of non-retired and retired members of the Danish Carpenter/Cabinet Makers

Trade Union. Int J Epidemiol 1979; 8(4): 375–82.

45. Perveen, B. P., Newcomer, L., Onstad, L. et al. Wood dust exposure and risk cancer. Occup Environ Med 2011; 68: 599–04.

46. Plemenitaš, A. Lesni prah. Seminarska naloga ULMF, Katedra za javno zdravje, Ljubljana 2005.

47. Pollan, M., Lopez, A. G. Wood related occupations and laryngeal cancer. Cancer Detect Prev 1995; 19(3): 250–7.

48. Puntarič, D., Kos, A., Šmit, Z. et al. Wood dust exposure in wood industry and factory. Coll Antropol 2005; 29(1): 207–11.

49. Stellman, S. D., Garfinkel, L. Cancer mortality among woodworkers. Am J Ind Med. 1984; 5 (4): 343–57.

50. Teschke, K., Marion, S. A., Vaughan, T. L. et al. Exposure to wood dust in US industries and occupations 1979 do 1997. Am J Ind Med 1999; 35 (6): 581–9.

51. Teschke, K., Morgan, M. S., Checkoway, H. et al. Surveillance of nasal and bladder cancer to locate sources of exposure to

occupational carcinogenes. Occup Environ Med 1997; 54(6): 443–51.

52. Thorpe, A., Brown, R. C. Measurements of the effectiveness of dust extraction systems of hand sanders used on wood. Ann Occup Hyg 1994; 38(3): 279–02.

53. Tišler, V., Kornhauser, D. Prah v lesni industriji. Les, Zveza lesarjev Slovenije, Ljubljana 1994; 46: 205–7.

54. Tišler, V., Lipušček, I. Toksične snovi v lesovih. Les, Zveza lesarjev Slovenije, Ljubljana 2001; 53: 148–58.

55. Widerpass, E., Pukkala, E., Vasama, N. K. et al. Occupational exposure and cancers of the endometrium and cervix uteri in Finland. Am J Ind Med 2000; 39(6): 572–80.

56. Zbašnik, S. M., Kresal, M. Les – ekološko gradivo. Les 1998; 50: 58–62.

57. Anon. Poklicni rak – zapostavljena bolezen. ZSSS, Ljubljana 2007.



INFRARDEČA TERMOGRAFIJA

Bi radi izmerili porazdelitev temperature po opazovani površini in na tej osnovi ocenili verjetnost okvare stroja, kontrolirali kvaliteto proizvodov, izračunali toplotne izgube, našli mesta, ki morebiti zmanjšujejo varnost pri delu?

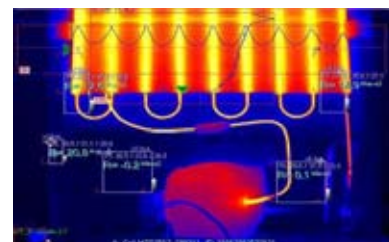
Infrardeča termografija je pravi odgovor za vas. Je nekontaktna in neporušna metoda merjenja temperature in se uporablja na področjih:

- **industrija**, kontrola kvalitete, kontrola tehnoloških procesov, raziskave in razvoj,
- **preventivno vzdrževanje strojev in opreme**,
- **gradbeništvo**, iskanje toplotnih mostov, področij slabše toplotne izolacije, mest s povečano vlažnostjo,
- **energetika**, proizvodnja in distribucija električne ter toplotne energije, plinovodi,
- **medicina**.

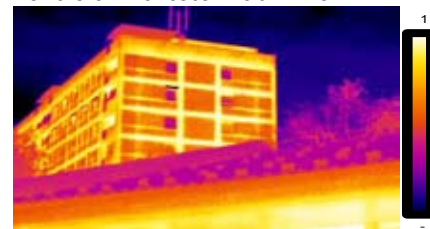
S termokamero elegantno, hitro, zanesljivo in natančno izmerimo ter dokumentiramo porazdelitev temperature.

Švedsko-ameriško podjetje **FLIR Systems AB** je najbolj poznan proizvajalec termokamer. V bogatem naboru vsak uporabnik lahko najde sebi primerno termokamero, tako po zmogljivostih kot po ceni.

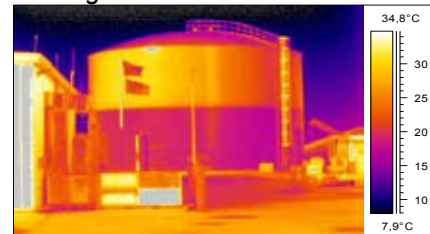
V podjetju ONE d.o.o. že 16 let sodelujemo s FLIR in zastopamo ter predstavljamo njihov celotni program s področja Termografije.



Kontrola kvalitete hladilnikov



Termogram slabo izolirane stavbe



Termogram rezervoarja s tekočino

ONE d.o.o., Dunajska 22, Ljubljana, T: +386 1 600 3838, F: +386 1 600 3839, M: +386 41 775 788,
www.one.si, www.flir.si, E: info@one.si, niko.trsan@one.si