

На основу члана 7. став 2. Закона о безбедности и здрављу на раду ("Службени гласник РС", број 101/05),
Министар рада и социјалне политике доноси

Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању азбесту

Правилник је објављен у "Службеном гласнику РС", бр. 106/2009 од 17.12.2009. године, [6/2010](#) и [15/2010](#).

I. Основне одредбе

Члан 1.

Овим правилником прописују се:

1) минимални захтеви које је послодавац дужан да испуни у обезбеђивању примене превентивних мера са циљем отклањања или свођења на најмању могућу меру ризика од настанка повреда или оштећења здравља запослених који настају или могу да настану при излагању азбесту;

2) захтеви које су дужни да испуне правна лица са лиценцом за обављање послова испитивања услова радне околине у поступку превентивних и периодичних испитивања услова радне околине;

3) гранична вредност изложености азбесту.

Члан 2.

Азбест, у смислу овог правилника, јесу следећи влакнасти силикати:

- 1) азбестни актинолит, CAS број 77536-66-4;
- 2) азбестни грунерит (амосит), CAS број 12172-73-5;
- 3) азбест антофилит, CAS број 77536-67-5;
- 4) кризотил, CAS број 12001-29-5;
- 5) крокидолит, CAS број 12001-28-4;
- 6) азбестни тремолит, CAS број 77536-68-6.

Члан 3.

Овај правилник се примењује на радним местима на којима се обављају послови при којима запослени јесу или могу бити изложени прабини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест.

Одредбе чл. 9. и 18. овог правилника неће се примењивати на радним местима на којима се обављају послови при којима је излагање запослених прабини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест повремено и ниског интензитета и за које је на основу процене ризика очигледно да гранична вредност изложености азбесту неће бити прекорачена, а која обухватају:

1) краткотрајне повремене послове на одржавању при којима се користе само невлакнасти материјали;

2) послове уклањања без деформисања неразграђених материјала код којих је азбест чврсто повезан;

3) послове херметичког затварања или пломбирања материјала који садрже азбест, а који су у добром стању;

4) послове при којима је обезбеђено праћење и контрола квалитета ваздуха и извршено узимање узорака са циљем да се утврди да ли одређени материјали садрже азбест.

Члан 4.

Гранична вредност изложености азбесту је 0,1 азбестно влакно у 1 cm³ ваздуха у току осмочасовног радног времена.

Азбестно влакно, из става 1. овог члана, је влакно дужине веће од 5 µm, ширине мање од 3 µm и односом дужина/ширина већим од 3:1.

Члан 5.

Забрањено је обављање послова при којима се прскањем наноси азбест или материјали који садрже азбест и користе изолациони материјали густине мање од 1 g/cm³ који садрже азбест.

Забрањено је обављање послова експлоатације азбеста, израде и прераде производа од азбеста или израде и прераде производа којима је намерно додат азбест, а при којима су запослени изложени азбесту, осим послова који се обављају ради уклањања азбеста или материјала који садрже азбест.

Члан 6.

Правно лице са лиценцом за обављање послова испитивања услова радне околине дужно је да у поступку превентивних и периодичних испитивања услова радне околине:

1) одреди мерна места тако да су узорци узети на тим мерним местима репрезентативни за запослене који су изложени прашини од азбеста или материјала који садрже азбест;

2) изврши узимање репрезентативног узорка у временском интервалу толиком да може да се утврди излагање током осмочасовног радног времена.

Правно лице са лиценцом за обављање послова испитивања услова радне околине дужно је да се у поступку одређивања мерних места консултује са запосленима или њиховим представником за безбедност и здравље на раду.

Правно лице са лиценцом за обављање послова испитивања услова радне околине дужно је да у поступку превентивних и периодичних испитивања услова радне околине за бројање азбестних влакана користи метод фазноконтрастне оптичке микроскопије у складу са препоруком Светске здравствене организације ISBN 92 4 154496 1 или да број тих влакана утврди другом методом која даје еквивалентне резултате.

Препорука Светске здравствене организације из става 3. овог члана одштампана је у прилогу овог правилника и чини његов саставни део.

II. Обавезе послодавца

1. Опште обавезе

Члан 7.

Послодавац је дужан да обезбеди запосленом, који јесте или може бити изложен прашини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест, рад при којем су спроведене мере безбедности и здравља на раду, а нарочито да обезбеди:

1) да радна места на којима се обављају наведени послови буду:

(1) јасно разграничена,

(2) обележена одговарајућим ознакама у складу са прописима о безбедности и здрављу на раду и натписом "ОПАСНОСТ - АЗБЕСТНА ВЛАКНА!",

(3) обезбеђена од приступа запослених који не раде на тим радним местима;

2) одговарајуће помоћне просторије, као и да у тим просторијама запослени не буду изложени прашини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест;

3) одговарајућа средства и опрему за личну заштиту на раду.

Послодавац је дужан да обезбеди да се средства и опрема за личну заштиту на раду:

1) не износе ван локације послодавца, а уколико се њихово чишћење и одржавање врши у за то опремљеним сервисима, средства и опрема за личну заштиту на раду се до тих сервиса морају транспортовати у затвореним контејнерима;

2) чувају одвојено од личне одеће и ствари запослених;

3) одлажу у за то одређено место;

4) редовним чишћењем одржавају у задовољавајућем хигијенском стању након сваког коришћења;

5) поправљају и замењују пре коришћења уколико су оштећена.

Послодавац је дужан да на свим радним местима на којима запослени јесу или могу бити изложени прабини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест обезбеди спровођење забране пушења.

Члан 8.

Послодавац је дужан да за сва радна места у радној околини, на којима постоји могућност излагања запослених прабини која потиче од азбеста или материјала који садрже азбест изврши процену ризика од настанка повређивања и оштећења здравља запослених са циљем да се утврде природа и степен изложености запослених и начин и мере за отклањање или смањење тих ризика, односно да изврши делимичну измену и допуну акта о процени ризика уколико:

1) је процена ризика извршена тако да нису евидентирани и процењени сви фактори ризика који настају услед излагања запослених прабини која потиче од азбеста или материјала који садрже азбест;

2) постоји разлог да се поверује у нетачност процене ризика;

3) је дошло до промене у обављању послова, односно појаве нових опасности и штетности.

Послодавац је дужан да се у поступку процене ризика консултује са запосленима или њиховим представницима за безбедност и здравље на раду.

Члан 9.

Послодавац је дужан да надлежној инспекцији рада пријави обављање послова при којима запослени јесу или могу бити изложени прабини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест, најмање осам дана пре почетка обављања тих послова.

Пријава из става 1. овог члана мора да садржи податке о:

1) локацији на којој се изводе ти послови;

2) врсти и количини азбеста који се користи;

3) пословима и радним процесима који се изводе;

4) броју запослених који су ангажовани на тим пословима;

5) датуму отпочињања и предвиђеном времену трајања тих послова;

6) мерама које ће се предузети са циљем да се ограничи излагање запослених азбесту.

Послодавац је дужан да надлежној инспекцији рада достави ажурирану пријаву из става 1. овог члана, када се услови рада промене тако да је значајно повећано излагање прабини од азбеста или материјала који садрже азбест, најкасније у року од осам дана од дана настанка тих промена.

Послодавац је дужан да запосленима и/или њиховим представницима за безбедност и здравље на раду омогући увид у пријаву из ст. 1. и 2. овог члана.

Члан 10.

Послодавац је дужан да при обављању послова из члана 3. став 1. овог правилника изложеност запослених прабини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест сведе на најмању могућу, а у сваком случају на вредност која је мања од граничне вредности изложености азбесту.

Члан 11.

Послодавац је дужан да, у циљу смањења изложености запослених прабини која потиче од азбеста или материјала који садрже азбест, обезбеди примену превентивних мера, а нарочито да:

1) број запослених који јесу или могу бити изложени прабини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест сведе на најмањи могући;

2) обезбеди да се при радним процесима не ствара прашина која потиче од азбеста или материјала који садрже азбест или уколико је то немогуће да се спречи ослобађање те прашине у ваздух;

- 3) обезбеди средства за рад која се могу редовно и ефикасно чистити и одржавати;
- 4) обезбеди да се азбест или материјал који садржи азбест складиште и транспортују у одговарајућој, херметички затвореној амбалажи;
- 5) обезбеди да се отпад сакупља и уклања са радног места што је могуће пре у одговарајућој, херметички затвореној и прописно означеној амбалажи.

Одредба тачке 5) става 1. овог члана не примењује се на површинску и подземну експлоатацију минералних сировина, а са овим отпадом поступа се у складу са прописима који уређују управљање отпадом.

Члан 12.

Послодавац је дужан да, на основу препознатих штетности које настају или могу да настану на радном месту у радној околини услед присуства прашине која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест, ангажује правно лице са лиценцом ради спровођења превентивних и периодичних испитивања услова радне околине са циљем да се применом превентивних мера обезбеди да се изложеност запослених прашини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест сведе на најмању могућу или на вредност која је мања од граничне вредности изложености азбесту.

Члан 13.

Послодавац је дужан да што је могуће пре, уколико је изложеност већа од граничне вредности изложености азбесту, утврди разлоге због којих је дошло до прекорачења граничне вредности изложености азбесту и да предузме одговарајуће мере.

Послодавац је дужан да обезбеди да се на радним местима где је изложеност већа од граничне вредности изложености азбесту заустави обављање послова све док се не предузму одговарајуће мере.

Послодавац је дужан да након спроведених превентивних мера које треба да смање изложеност испод граничне вредности изложености азбесту ангажује правно лице са лиценцом ради спровођења превентивних испитивања услова радне околине са циљем да се провери ефикасност спроведених мера.

Члан 14.

Послодавац је дужан да запосленима, који обављају послове на радним местима на којима се применом других мера изложеност запослених прашини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест не може смањити испод граничних вредности изложености азбесту, обезбеди коришћење одговарајућих средстава и опреме за личну заштиту на раду и контролу њихове употребе у складу са наменом.

Послодавац је дужан да обезбеди да коришћење средстава и опреме за личну заштиту на раду буде привремено и сведено на неопходан минимум за сваког запосленог.

Послодавац је дужан да при обављању послова из става 1. овог члана запосленима обезбеди потребно време одмора у зависности од личних и климатских услова.

2. Посебне обавезе

Члан 15.

Послодавац је дужан да пре отпочињања радова на рушењу или одржавању предузме све потребне активности да би се утврдило присуство азбеста или материјала који садрже азбест и да при томе прибави све неопходне информације од власника средстава за рад.

Послодавац је дужан да, када је утврђено присуство азбеста или материјала који садрже азбест, поступи у складу са општим обавезама које су прописане овим правилником и применљиве у конкретној ситуацији.

Члан 16.

Послодавац је дужан да, при обављању радова рушења, уклањања, поправке и одржавања када се може претпоставити да ће гранична вредност изложености азбесту

бити прекорачена и поред тога што су примењене техничке превентивне мере за смањење концентрације азбеста у ваздуху, спроведе остале превентивне мере, а нарочито:

1) да запосленима обезбеди коришћење одговарајућих средстава и опреме за личну заштиту на раду и контролу њихове употребе у складу са наменом;

2) обезбеди и истакне ознаке упозорења да гранична вредност изложености азбесту може бити прекорачена;

3) да спречи ширење прашине од азбеста или материјала који садржи азбест ван радног места.

Члан 17.

Послодавац је дужан да изради План рада пре почетка отпочињања радова:

1) на рушењу објеката, конструкција, инсталација, постројења или пловила који садрже азбест и/или производа који садрже азбест;

2) на уклањању азбеста и/или производа који садрже азбест из објеката, конструкција, инсталација, постројења или пловила.

Послодавац је дужан да извођење радова планира тако да се азбест, односно производи који садрже азбест уклоне пре него што се отпочне са рушењем, осим уколико би такав редослед извођења радова повећао ризик по безбедност и здравље запослених.

План рада, из става 1. овог члана, поред превентивних мера садржи податке о:

1) локацији на којој се изводе радови;

2) начину извођења радова и планираном времену њиховог трајања;

3) средствима и опреми за личну заштиту на раду и начину контроле њихове употребе;

4) начину и поступку преношења азбеста или материјала који садрже азбест;

5) опреми која ће се користити с циљем заштите и деконтаминације запослених који обављају те радове и заштите других лица која су у непосредној близини;

6) начину и поступку утврђивања присуства азбеста након завршетка радова.

Послодавац је дужан да План рада, из става 1. овог члана, достави надлежној инспекцији рада најкасније осам дана пре почетка отпочињања радова.

III. Праћење здравственог стања запослених

Члан 18.

Праћење здравственог стања запослених који раде на радним местима из члана 3. став 1. овог правилника врши се кроз претходне и периодичне лекарске прегледе запослених на радним местима са повећаним ризиком и циљане лекарске прегледе, у складу са прописима у области безбедности и здравља на раду и здравствене заштите.

Послодавац је дужан да запосленог који ради на радном месту из члана 3. став 1. овог правилника, а које није актом о процени ризика утврђено као радно место са повећаним ризиком, упућује на циљане лекарске прегледе пре почетка рада и све док запослени јесте или може да буде изложен прашини која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест.

Циљани лекарски прегледи, из става 2. овог члана, врше се на начин, по поступку и у роковима као и претходни и периодични лекарски прегледи запослених на радним местима са повећаним ризиком.

Праћење здравственог стања запослених врши се на основу предлога службе медицине рада, на терет послодавца, и после завршетка обављања послова из члана 3. став 1. овог правилника, односно престанка радног односа.

Запосленом се, на основу резултата лекарских прегледа, могу одредити мере за личну заштиту, као што су ограничено коришћење средстава и опреме за личну заштиту на раду, потребно време одмора, забрана излагања азбесту и друге мере.

IV. Обавештавање запослених

Члан 19.

Послодавац је дужан да запосленима или њиховим представницима за безбедност и здравље на раду обезбеди све информације које се односе на безбедност и здравље на раду, а нарочито о мерама које се предузимају с циљем остваривања безбедних и здравих услова за рад при излагању азбесту.

Информације морају да садрже минимум података који се односе на:

1) ризике од настанка повреда или оштећења здравља запослених који настају или могу да настану при излагању прашици која потиче од азбеста или материјала који садржи азбест;

2) постојање прописане граничне вредности изложености азбесту;

3) постојање обавезе вршења превентивних и периодичних испитивања услова радне околине;

4) хигијенске захтеве;

5) спровођење забране пушења;

6) значај примене превентивних мера за смањење изложености прашици која потиче од азбеста или материјала који садрже азбест;

7) значај правилног коришћења и одржавања средстава и опреме за личну заштиту на раду.

Послодавац је дужан да обезбеди запосленима и/или њиховим представницима за безбедност и здравље на раду увид у резултате испитивања услова радне околине уз објашњење о значају добијених резултата.

Послодавац је дужан да обезбеди да су запослени и њихови представници за безбедност и здравље на раду у најкраћем могућем року информисани да је дошло до прекорачења граничне вредности изложености азбесту, о разлозима због којих је до тога дошло и мерама које су предузете.

V. Оспособљавање запослених

Члан 20.

Послодавац је дужан да у току оспособљавања за безбедан и здрав рад запослене који јесу или могу бити изложени прашици која садржи азбест упозна са свим врстама ризика који се могу појавити на радном месту и у радној околини, а посебно са ризицима који се могу појавити у зависности од:

1) особина азбеста и његовог утицаја на здравље укључујући синергетски ефекат пушења;

2) врсте производа или материјала који садрже или се претпоставља да садрже азбест;

3) врсте послова при којима може доћи до излагања азбесту.

Послодавац је дужан да у току оспособљавања за безбедан и здрав рад из става 1. овог члана запослене упозна са значајем примене превентивних мера за отклањање и смањење изложености, као и са конкретним мерама за:

1) безбедан и здрав рад, контролу обављања послова и средства и опрему за личну заштиту на раду;

2) деконтаминацију;

3) поступање са отпадом;

4) праћење здравственог стања.

Послодавац је дужан да у току оспособљавања за безбедан и здрав рад из става 1. овог члана запослене упозна са улогом, одређивањем, избором, ограничењима при коришћењу и правилном коришћењу средстава и опреме за личну заштиту органа за дисање.

Послодавац је дужан да у току оспособљавања за безбедан и здрав рад, путем инструкција у писменој форми, упозна запосленог са процедурама по којима је дужан да поступа у случају када је изложеност већа од граничне вредности изложености азбесту.

VI. Сарадња послодавца и запослених

Члан 21.

Послодавац и запослени, односно њихови представници за безбедност и здравље на раду дужни су да сарађују у вези са свим питањима која се односе на примену превентивних мера при излагању азбесту, а нарочито на мере које треба или се предузимају у случају када је гранична вредност изложености азбесту прекорачена.

VII. Прелазне и завршне одредбе

Члан 22.

Послодавци који су, пре ступања на снагу овог правилника, започели обављање делатности, односно обезбедили примену превентивних мера при излагању азбесту које нису у супротности са одредбама овог правилника, дужни су да своје пословање ускладе са одредбама овог правилника у року од три године од дана ступања на снагу овог правилника, осим са одредбама члана 18. овог правилника - које су дужни да примењују од дана ступања на снагу овог правилника.

Правно лице коме је решењем министра надлежног за рад издата лиценца за обављање послова испитивања услова радне околине пре ступања на снагу овог правилника дужно је да усклади своје пословање са одредбама овог правилника у року од годину дана од дана ступања на снагу овог правилника.

Члан 23.

Овај правилник ступа на снагу осмог дана од дана објављивања у "Службеном гласнику Републике Србије".

Број 110-00-00007/2009-01

У Београду, 3. децембра 2009. године

Министар,
Расим Љајић, с.р.

Одређивање бројчане концентрације влакана у ваздуху

Препоручени метод, фазноконтрастне оптичке микроскопије (метод мембранског филтера)

СЗО каталогизација библиотеке о подацима публикације

Одређивање бројчане концентрације влакана у ваздуху: препоручени метод, фазно-контрастне оптичке микроскопије (метод мембранског филтера).

1. Загађивачи ваздуха, професионална анализа, 2. Методе мониторинга животне средине,

3. Фазноконтрастна микроскопија

ISBN 92 4 154496 1

(НЛМ класификација: WA 450)

Светска здравствена организација поздравља захтеве за дозволу делимичне или потпуне репродукције или превода својих публикација. Захтев са описом намене би требало послати Канцеларији за публикације, Светска здравствена организација, Женева, Швајцарска, која ће радо пружити најновије информације о било каквим променама које су направљене у тексту, плановима за нова издања, репринтима и већ доступним преводима.

© Светска здравствена организација 1997.

Публикације Светске здравствене организације уживају заштиту ауторских права у складу са одредбама Протокола 2 Универзалне конвенције о ауторским правима. Сва права резервисана.

Коришћене ознаке и презентација материјала у овој публикацији не укључују изразе било каквих мишљења о делу Секретаријата Светске здравствене организације која се тичу законског статуса било које земље, територије, града или области, или о њеним овлашћењима, или која се тичу разграничења њених граница или административних линија.

Помињање одређених компанија или производа произвођача не укључује да су они потврђени или препоручени од стране Светске здравствене организације и да имају предност у односу на друге сличне природе, који нису поменути. Грешке и пропусти изузети, имена власничких производа су одређена почетним великим словима.

Графичка припрема у Хонг Конгу
Штампано у Енглеској

95/10760-Best set/Clays-7000

Министарство рада и социјалне политике гарантује за тачност превода оригиналног текста "Determination of airborne fibre number concentrations, A recommended method, by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method)", на српски језик и Светска здравствена организација, Женева, Швајцарска је сагласна за публикацију наведеног текста.

Предговор

Инхалација влакана која се преносе ваздухом на радном месту може проузроковати бројна професионална обољења дисајних путева, која знатно доприносе обољевању и смртности међу радницима у земљама у развоју као и у развијеним земљама. Праћење концентрације влакана у ваздуху је важан инструмент стручњацима медицине рада за процену изложености и потребе да се она редовно контролише, као и за евалуацију ефикасности примењених мера и карактеризацију изложености у епидемиолошким студијама. Ипак, бројност различитих метода је до сада ометала упоредивост резултата, као и могућност провере оспособљености како би се обезбедила поузданост добијених података.

Методолошки оквир који дозвољава смисаона поређења између резултата добијених од различитих истраживача и лабораторија је од изузетне користи за све аспекте хигијене рада, а нарочито за процену изложености и мониторинг животне средине. Осим провере оспособљености, шеме за осигурање квалитета, поређење и размена података као и међународне заједничке студије зависе од употребе компатибилних методологија. Поузданост и компарабилност резултата мониторинга и изложености су такође од суштинског значаја за осигурање да су превентивни системи контроле радних места адекватни и ефективни. Надзор медицине рада и могућност да се успоставе корелације између епидемиолошких индикатора и оних из животне средине, такође зависи од могућности да се упореде подаци из различитих извора.

Због тога је Светска здравствена организација (СЗО) спровела пројекат који за циљ има да успостави јединствену методологију за бројчану процену концентрације влакана у ваздуху радне средине. Нацрт текста о спецификацији овог метода је иницијално припремио Др N.P. Kraford, Институт медицине рада, Единбург, Шкотска. Током четири састанка међународне радне групе експерата (погледајте Анекс 3 списак учесника са последњег састанка), тренутне методе евалуације су упоређене, а њихове разлике идентификоване и анализирани, са освртом на разумевање ефекта ових разлика на резултате бројања влакана у ваздуху. Радна група је постигла консензус о препорученом методу за бројчано одређивање концентрације влакана у ваздуху путем фазноконтактне оптичке микроскопије. Улога Др Крафорда као извештача на последњем састанку и његов рад у ревидирању нацрта рукописа су захвално признати.

Сарадња између Међународне организације рада (ИЛО), Европске Комисије (ЕЦ), Међународне организације за стандардизацију (ISO), Европског комитета за стандардизацију (ЦЕН), Међународне групе за безбедност влакана (ИФСГ), као и националних агенција, нарочито Здравствених и безбедносних извршних тела (ХСЕ), Уједињеног краљевства и Националног института за безбедност и медицину рада (НИОСХ), САД-а, је била основа за овај пројекат и такође уз велику захвалност препозната. Посебна захвалност због финансијске подршке коју су пружили дугује се ЕЦ и ИФСГ.

Посебно признање би такође требало одати изузетном личном доприносу неколико чланова радне групе, нарочито Dr N.G Vestu (СЗО), Dr P. Varonu (НИОСХ) и господину S. Hjustonu (ИФСГ) као и госпођи B. Goecler, Медицина рада, СЗО.

У својој првој фази овај пројекат се фокусирао на методологију, тако да ауторитативно научно знање може бити употребљено да се обезбеде тачна и прецизна мерења бројчане концентрације броја влакана у ваздуху. У својој другој фази пројекат ће разматрати светске напоре за проверу оспособљености, осигурање квалитета и техничку сарадњу, укључујући обуку и едукацију.

Dr. M.I. Mikhev

Шеф, Медицина рада

Светска здравствена организација

Кратки опис карактеристика методе

Принцип методе

Узорак се скупља повлачењем познате запремине ваздуха кроз мембрански филтер посредством пумпе за узорковање. Филтер би требало да буде провидан ("очишћен"), и монтиран на микроскопско предметно стакло (плочицу). Влакна на измереној области филтера се визуелно броје коришћењем фазноконтактне оптичке микроскопије (ПЦОМ), и израчунава се бројчана концентрација влакана у запремини ваздуха.

Узорковање

Филтер: Мембрана од мешавине целулозних или нитроцелулозних естана

величине поре од 0.8-1.2 μm , пречника 25 mm.

Држач филтера:	Уклопљен са електрично проводљивим поклопцем.
Транспорт:	У затвореним држачима.
Проток:	0.5-16 l · min ⁻¹ . Прилагођен да даје 100-650 vlakana · mm ⁻² .
Слепа проба:	Медиј за узорковање, 4% филтера. Поље, $\geq 2\%$ узорака. Лабораторија, опционо.

Припрема узорка

Ацетон-триацетин за честице са индексом рефракције >1.51 : стабилан ≤ 1 године.

Ацетон/нагризање/вода за влакна са рефрактивним индексом ≤ 1.51 ; нестабилан.

Процена узорка

Техника:	Фазноконтрастна оптичка микроскопија.
Микроскоп:	Позитивни фазни контраст, објектив x 40, увећање x 400-600. Walton-Beckett мерна скала окулар, тип Г-22 (пречник 100 $\pm 2\mu\text{m}$). Тест препарат са ХСЕ/НПЛ ознаком. Калибрисано микроскопско предметно стакло (микрометар) (дужина 1 mm, подела 2 μm).
Калибрација:	Да се испуне захтеви видљивости тест микроскопског предметног стакла.
Аналит:	Влакна (визуелни број) Одаберите насумично поља за бројање, у складу са дефинисаним критеријумима.
Правила бројања:	Влакно које се рачуна је дугачко $>5\mu\text{m}$, широко $<3\mu\text{m}$ и са односом дужине и ширине $>3:1$, у складу са дефинисаним правилима када се преклапа са мрежном скалом окулар и када додирује остала влакна или честице.
Доња граница мерења:	10 влакана по 100 поља окулар.

Утицаји и
репродукцибилност: Погледајте одељке 4 и 5.

1. Увод

Многе земље су успоставиле своје границе изложености за влакна која се налазе у ваздуху радних места у смислу бројчане концентрације влакана, на пример, број влакана у једном милилитру ваздуха. Метод који се типично користи за одређивање ових концентрација за поређење са границама изложености је такозвани метод мембранског филтера. Ипак, искуство је показало да овај метод не даје увек упоредиве резултате када га користе различите лабораторије и различити аналитичари. Заправо, његова прецизност је међу најслабијима у односу на било који други метод процене у хигијени рада. Разлике у резултатима могу настати услед варијација у методи узорковања, припреми узорка, оптичкој микроскопији, израчунавању резултата и другим факторима, али нарочито као резултат субјективних ефеката повезаних са визуелним бројањем влакана. Такве разлике имају и систематичне и насумичне компоненте. Примена стандардних процедура и успостављење репродуктивних рутина је једини начин за контролисање већине извора грешака присутних у методи мембранског филтера, која је упркос својим ограничењима једини метод погодан за широко распрострањену употребу у развијеним и земљама у развоју.

Међународне, регионалне и националне организације објавиле су бројне описе за методу мембранског филтера. Разлике у детаљима између спецификација су пронађене у оба случаја и када се оне примењују на различите врсте влакана али и на исту врсту влакна (на пример: ЕЕЦ, 1983; СЗО, 1985; ISO, 1993; НИОСХ, 1994). Сада постоји мање разлика у спецификацијама него раније, али разлике још увек постоје, и могу имати важан систематски ефекат на резултате. Величина ових систематских варијација зависи од методе узорковања, врсте филтера и коришћеног процеса. Даље усклађивање је потребно да би се елиминисала спецификација метода као извор варијације и уз адекватну обуку и контролу квалитета обезбедила компарабилност између резултата измерених од стране различитих микроскопичара и лабораторија.

Метод који препоручује СЗО, као што је наведено у главном тексту ове публикације, у вези је са мерењима бројчане концентрације влакана у ваздуху свих врста, у сврху процене личне изложености у радној средини. Потребне модификације за примену у статистичком мониторингу су описане у Анексу 1. Ове спецификације су настале на основу претходно припремљеног приказа релевантне литературе (Kraford, 1992. године).

Стратегије узорковања нису покривене овом публикацијом, али приручник за обуку за овај метод, као и стратегије узорковања специфичне за влакна, су предвиђене. Стратегије узорковања су такође добро покривене у специјалистичкој литератури (на пример: НИОСХ, 1977; АЦГИХ, 1991; АИХА, 1991; БОХС, 1993; НИОСХ, 1994; АЦГИХ, 1995; ЦЕН, 1995).

Поуздани резултати зависе од учешћа у адекватном програму осигурања квалитета. У том циљу требало би пратити опште захтеве за техничку компетенцију мерних лабораторија објављених од Међународне организације за стандардизацију (ISO, 1990). Микроскописти би требало да учествују у интралабораторијским проверама бројања, а лабораторије би требало да учествују у схемама провера оспособљености.

Надамо се да ће ова публикација мотивисати преглед бројних спецификација метода које су тренутно у употреби и да ће овде представљени метод на крају користити све земље, без обзира на врсту влакна које се процењује.

2. Обим примене

Метод приказан на наредним страницама применљив је на процену концентрације влакана у ваздуху на радним местима (најчешће се односи на персоналну, личну, изложеност) за сва природна и синтетичка влакна, укључујући азбестне врсте, друга

природна и вештачка минерална влакна. Метод се може користити у узорковању и мониторингу обављеном за сврхе:

- поређења са границама изложености на радном месту,
- епидемиологије,
- процене ефективности примењених контролних мера као и мониторинга ефеката модификација процеса.

Метод је адекватан за горепоменуће примене када је потребна информација о бројчаној концентрацији влакана у ваздуху. Границе изложености на радном месту за нека влакна могу бити изражене и гравиметријским јединицама ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$); у овим случајевима, концентрације масе се мере другим методама описаним у *Безбедност при коришћењу минералних и синтетичких влакана (ILO, 1990)*. За разлику од метода мембранског филтера, ове гравиметријске методе нису карактеристичне за влакна, с обзиром да су честице и небројива влакна укључена у масу.

Метод који је овде приказан мери бројчану концентрацију влакана у ваздуху, дефинисаних као предмете дужине $>5\mu\text{m}$, ширине $<3\mu\text{m}$ и односа дужине/ширине (аспект размере) $>3:1$, користећи фазноконтрастну оптичку микроскопију.

Постављајући горњу границу ширине значи да се, код неких типова влакана, нека широка влакна неће бројати. Сва влакна која задовољавају критеријуме димензије и правила бројања дефинисана у одељку 3.2.3. овог метода би требало да се рачунају.

Многа влакна су сувише мала да би била видљива оптичком микроскопијом. Минимална видљива ширина зависи од раздвојне моћи оптичког система, разлике у индексу рефракције између влакана и средине која га окружује и визуелне оштрине микроскописте. Са добрим, тачно подешеним микроскопом који је усклађен са спецификацијом овог метода, граница видљивости је у начелу око $0.13\text{-}0.15\ \mu\text{m}$. Ипак, у пракси, најмања видљива влакна ће бити широка око $0.2\text{-}0.25\ \mu\text{m}$. Пошто нека влакна падају испод границе видљивости, број ПЦОМ влакана представља само одређен однос укупног броја присутних влакана (тачан однос варира и зависи од фактора као што су тип узорка и аналитичар). Стога број представља само индекс бројчане концентрације влакана и није апсолутна мера броја присутних влакана.

Коришћење ове методе има друга ограничења када се примењује на узорке који садрже "тањирасте" (равне) или ацикуларне (игличасте) честице и сходно томе не би требало да се примењује без потпуног разумевања атмосфере радног места (ISO, 1993). Метод не дозвољава одређивање хемијског састава или кристалографске структуре влакана и стога се не може самостално користити за одређивање разлике између различитих типова влакана. Ипак, додатна информација о врсти или величини влакана се може добити коришћењем других метода када је то потребно, као што је микроскопија са поларизованим светлом, скенирајућа електронска микроскопија и трансмисиона електронска микроскопија. Анекс 2 пружа смернице о обиму и примени ових метода. Такве методе могу бити посебно адекватне када су различите врсте влакана присутне на истом радном месту и када је прашина која се преноси ваздухом мешавина влакана и других врста честица. Додатне методе су такође корисне за епидемиолошке студије, где се обично тражи детаљнија карактеризација својстава азбестних загађивача.

3. Спецификација параметара

За параметре метода који су доле приказани, препоручена спецификација је обично приказана у курзиву после наслова одељка. Додатне информације су приказане нормалним словима. Овај додатни материјал може укључити једну или више других спецификација које се могу користити, под условом да је корисник доказао да дају еквивалентне резултате онима који су добијени препорученом спецификацијом.

3.1. Узорковање

3.1.1. Филтер

Мембрана филтера би требало да буде састављена од мешавине целулозних или нитроцелулозних естара и требало би да има поре величине од 0.8-1.2 μm и пречник од 25 mm.

Коришћењем филтера са већим порама уочен је мањи број влакана. Опсег величине горепомнутих пора има погодну филтрацију и карактеристике опадања притиска. Он такође дозвољава опсег за разумне варијације у брзини протока који може бити потребан да би се постигле оптималне густине влакана. Филтери са порама величине <0.8 μm пружају повећан отпор протоку који може изазвати проблеме за неке пумпе.

Утврђено је да су измерене концентрације влакана са филтерима пречника 13 mm, 25 mm и 37 mm компарабилне, када су изложене истој површинској брзини током узорковања. Ипак, филтери од 25 mm имају предност над филтерима од 37 mm у том смислу што је мања величина уређаја за узорковање приступачнија персоналном (личном) узорковању, јер се, уколико је потребно, цео филтер може намонтирати, а имајући у виду да су сада држачи филтера од 25 mm широко распрострањени и имају међународну употребу. Постоје извештаји о неједнакости наслага како на филтерима од 25 mm тако и на онима од 37 mm. Упркос овом проблему, преостаје велики број опсега за варијације у пречнику филтера који се могу користити да би се добиле оптималне густине влакана. У будућности, нарочито филтери од 13 mm могу постати корисни услед прогресивног смањења концентрације влакана на већини радних места.

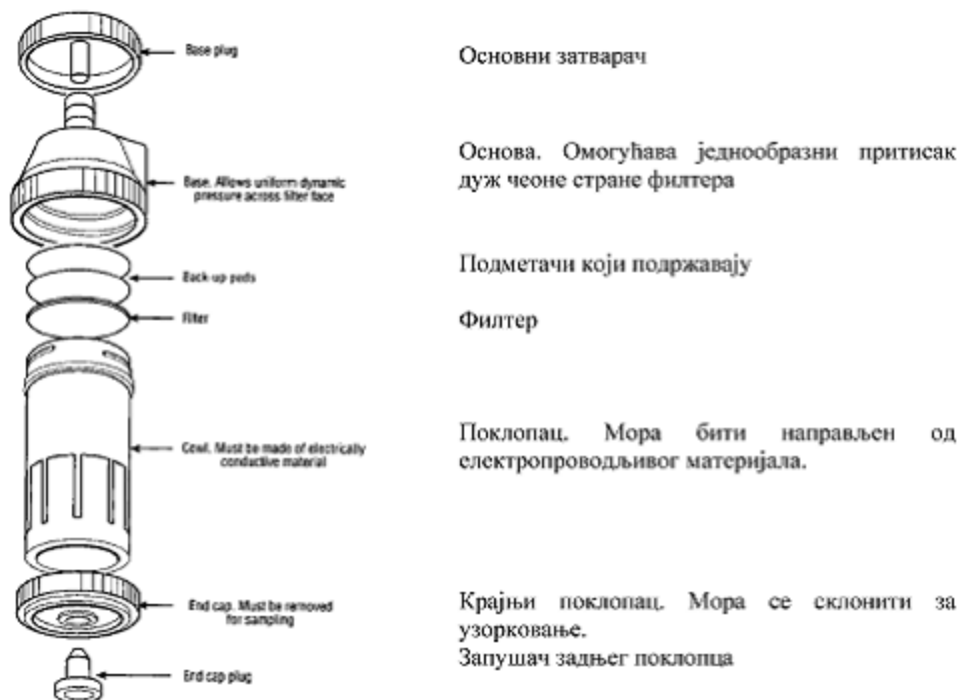
Могу се користити и мрежасте и немрежасте филтери. Штампане мреже помажу и при фокусирању микроскопа на раван део влакана и при идентификовању позиције. Штавише, било какво кривљење линија мреже филтера указује на поремећај дистрибуције влакана повезан са грешкама у процесу монтирања филтера.

Квалитет сваке партије филтера би требало проверити пре употребе (погледајте одељак 3.1.8).

Пречник изложене области филтера такође мора бити познат. Уколико су компоненте држача филтера које могу утицати на ово (на пример О-прстен) промењене, ефективни пречник би требало поново измерити. Прихватљив метод укључује сакупљање узорка из густог облака тамне прашине и монтирање филтера на предметно стакло микроскопа на нормалан начин. Пречник тамних наслага се може измерити размерником, али при томе треба имати у виду да је предметно стакло углавном смештено на сточић микроскопа, а филтер посматран малим увећањем док је пречник тамне области искошен померањем сточића. Раздаљина померања се добија из скале размерника сталка. Требало би да се измере два пречника на сваком филтеру, а на овај начин треба проверити три филтера у различитим држачима. Уколико се користе различите врсте држача филтера, процес би требало поновити за сваку врсту. Под условом да се три измерена пречника филтера не разликују за више од 1 mm, узима се аритметичка средина измерених вредности и она се користи као ефективни пречник филтера. Уколико се открије да су разлике у пречнику веће од 1 mm, требало би испитати технике узорковања и монтирања филтера. Општи изглед филтера би могао открити проблеме са држачима филтера или процедуром монтирања (на пример, цурење или неједнака наслага). Ефективни пречник филтера не би требало да буде мањи од 20 mm.

Забележена је појава игличастих предмета на узорцима прикупљеним на мембранским филтерима који су пре монтирања поквашени (и који су задржали нешто влажности). Предмети, који се појављују око 4 дана после чишћења и монтирања са ацетон-триацетином, задовољавају дефиницију бројивих влакана у одељку 3.2.3. Филтери би требало стога да се осуше пре него што се очисте и намонтирају.

Електростатичко одбијање влакана од стране филтера се може јавити и вероватније је да ће се десити у условима ниже влажности. У таквим случајевима, филтер се може претходно третирати одговарајућим сурфактантом да би се елиминисао електростатички набој. Сурфактант би требало да буде са сертификатом да је без честица. Једна од погодних процедура је урањање филтера у 0.1% раствор бензетонијумхлорида и сушење преко ноћи на упијајућем папиру да би се спречило да локализоване куглице детерџента блокирају део филтера (Mark, 1974).



Слика 1. Приказ раздвојеног персоналног (личног) узоркивача

3.1.2. Држач филтера

Углавном би требало користити држач филтера са отвореном чеоном страном уклопљен са проводничким поклопцем.

Пример држача филтера погодног за персонално (лично) узорковање је приказан на Слици 1.

Поклопац помаже да се филтер заштити од случајних контаминација и ненамерне физичке штете, док допушта једнообразне наслаге влакана. Дужина поклопца је уобичајено 1.5-3.0 пута већа од ефективне величине филтера. Краћи поклопци се могу користити уколико се покаже да могу давати исте резултате као и дужи. Трбало би водити рачуна да је поклопац добро намештен тако да цурење буде минимално.

Скупљајућа трака се може употребити да би се помогло причвршћивање поклопца за држач филтера; она одржава спојеве чистим и спречава загађиваче да доспеју на филтер када је држач филтера расклопљен.

Спроводнички поклопац би требало да се користи за смањење ризика губитка влакана услед електростатичких ефеката. До њих може у условима веома ниске влажности и са аеросолима са влакнима високог набоја. За бројање би требало одабрати поља посматрања према центру филтера (избегавајући спољашњи регион 4 mm од обода филтера), пошто због акумулације статичког електрицитета у близини ивице филтера може доћи до губитка влакана у том делу филтера (погледајте одељак 3.2.3). Важно је побринути се да попуњеност филтера буде у оквирима оптималног опсега густине влакана, наведеног у овом методу (погледајте одељак 3.1.5), да би се случајна грешка бројања свела на минимум.

У неким ситуацијама, влакна се могу наталожити на поклопцу због електростатичких ефеката или случајног препуњавања филтера. Повремено се поклопци испирају да би се сакупила и избројала ова влакна. Могуће је да испирање влакана са поклопца и њихово таложење на филтер могу увести случајну грешку бројања. Штавише, некоришћени пластични поклопци могу у великој мери бити контаминирани "позадинским" влакнима (на пример опилцима пластике) која се могу ослободити при

испирању. Стога би, сва влакна испрана са поклопца требало занемарити када се одређује концентрација влакана у ваздуху. Када је предвиђено да се наслаге влакана на поклопцу рачунају, може се користити држач филтера са отвореном главом без поклопца.

Уколико се користе О-прстенови, они би требало да буду направљени од политетрафлуоретилена. За херметичко повезивање држача филтера са пумпом неопходно је применити флексибилно црево.

При правилној употреби, поклопац ће показивати надоле. За персонално (лично) узорковање, држач филтера би требало да буде причвршћен за горњи ревер или рамени део одеће радника, што је могуће ближе устима и носу, али у сваком случају не даље од 300 mm. Када год је могуће, иста позиција апаратуре за узорковање би требало да буде усвојена за сваког радника. У неким околностима, већа концентрација се може очекивати са једне стране радника него са друге; апаратура за узорковање би тада требало да буде позиционирана на страну на којој се очекује виши резултат.

У будућности ће, апаратура за узорковање са селекцијом величине честица, заменити апаратуру са поклопцем. Она се може усвојити као специфичнији и тачнији начин за узорковање влакана што би отклонило потребу да се одређује ширина влакана, а и смањило би позадинске сметње изазване присуством великих честица.

3.1.3. Чување и транспорт

Не би требало користити фиксативе. Филтере би требало транспортовати у затвореним држачима, које би требало отварати само непосредно пре употребе и затварати одмах потом.

Искуство је показало да је причвршћивање влакана за површину филтера цитолошким или другим фиксативима непотребно и да то не треба радити.

Пожељно је транспортовати филтере у главама филтера. Уколико је ово непрактично, могу се користити чисте, одмашћене конзерве са поклопцима који се уклапају при затварању или слични контејнери за транспорт филтера. Лепљива трака се може користити да се за конзерву причврсти чиста, неизложена ивица филтера (уколико је коришћена конзерва), а трака се потом може исећи са филтера хируршким скалпелом. Држачи филтера или конзерве би требало да буду спаковани у чврсте контејнере са довољно меканог материјала за паковање да би се спречило ломљење и вибрирање филтера. Контејнери би требало да буду јасно обележени, а неопходан је опрез како би се избегло случајно поновно коришћење филтера. Сами филтери не би требало да буду обележени у ову сврху, због ризика да се не оштете.

Требало би водити рачуна да се електростатички ефекти при руковању филтерима сведу на минимум. Кутије обложене стиropом не би требало да се користе.

Да би се минимизирала контаминација, држачи филтера и поклопци се морају очистити пре употребе, а филтере би требало паковати, распакивати и анализирати у области која је што је могуће више ослобођена контаминације. При руковању са филтерима, мора се стално водити рачуна, да се они хватају само по ивици и то само добрим, квалитетним пинцетама. Улаз у поклопац би требало да буде затворен заштитном капом или чепом пре и током транспорта.

3.1.4. Пумпа за узорковање

Преносива пумпа која ради на батерије се уобичајено користи за персонално (лично) узорковање. Капацитет батерије би требало да буде довољан за континуиран рад током одабраног времена за узорковање. Проток, са филтером повезаним на пумпу, би требало да буде без пулсација.

Пумпа би требало да обезбеђује равномеран проток, који би требало да буде у оквиру $\pm 10\%$ од потребног протока за предвиђене брзине протока $\leq 2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ и у оквиру $\pm 5\%$ за брзине протоке $> 2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Она би требало да буде у стању да одржава ову

брзину протока кроз филтер током читавог периода узорковања. Ова прихватљива варијација укључује сваку промену брзине протока изазвану променама у оријентацији пумпе. Пумпа би требало да буде лака и преносива, уколико је она превише велика да би стала у џеп радника треба је причврстити каишем око појаса. Батерија би требало да буде довољног капацитета да покреће пумпу у оквирима наведених граница протока током читавог периода мерења. Иако су пумпе углавном већ опремљене пригушивачима пулсација протока, спољашњи пригушивач би можда требало инсталирати између пумпе и филтера.

Можда ће бити неопходно да се пумпа загреје, у зависности од врсте пумпе и услова средине. Да би се ово урадило, пумпу треба повезати флексибилним цревом са напуњеним држачем филтера и пустити је да ради на изабраној брзини протока 15 минута како би се брзина протока стабилизовала (искуства могу показати да је загревање непотребно код неких типова пумпи са стабилизованим протоком). Филтер би тада требало одбацити и ставити нови за прикупљање узорка (такође, посебни држач филтера, са постављеним филтером, се може користити за загревање неколико пумпи). После загревања проток би требало поново подесити на одабрану брзину протока, користећи калибрисани мерач протока ваздуха. Једна од задовољавајућих процедура је да се повеже калибрисани мерач на улаз поклопаца путем чепа или цеви. По завршеном подешавању протока, пумпу би требало искључити и ставити заштитну капу на улаз поклопаца. Пумпа не би требало да ради без филтера, да би се избегла свака штета од честица прашине.

Цурење у систему за узорковање би се могло проверити активирањем пумпе са затвореним држачем филтера и повезаним уређајем за мерење протока. Сваки мерљиви проток назначава цурење које се мора елиминисати пре него што се започне узорковање.

3.1.5. Оптимално пуњење филтера влакнима

Када је контаминација од невлакнастих честица ниска, циљани опсег за густине влакана за оптималну тачност и прецизност би требало да буде око $100-650 \text{ vlakana} \cdot \text{mm}^{-2}$. Горња граница циљаног опсега густине влакана се може повећати на $1000 \text{ vlakana} \cdot \text{mm}^{-2}$ уколико је присутно релативно мало интерферирајућих честица али може и смањити у случају присуства доста невлакнастих честица или агломерата. У посебним околностима доњи ниво опсега густине може бити такође смањен.

Грешке при процени концентрације влакана могу проистећи из субјективних разлика у визуелном бројању влакана. Уопштено, али не и редовно, бројеви влакана су потцењени при високим густинама и прецењени при нижим густинама. Такође, при нижим густинама варијабилност бројања влакана се повећава. И субјективна пристрасност и варијабилност која зависи од густине су минимизирани када су опсези густине влакана у оквирима горе наведених граница за "чисте" узорке. Бројање влакана у том опсегу густине узорка се може постићи адекватним избором брзине протока, дужином узорковања и пречником филтера.

У ситуацијама када су присутне невлакнасте честице или агломерати, може бити неопходно да се смањи максимална густина влакана са циљем да се минимизира затамњавање влакана другим честицама. Када су пуњења влакана мања од око $100 \text{ vlakana} \cdot \text{mm}^{-2}$, резултати су подложни већим грешкама при бројању. Такви резултати се и даље могу користити у одређеним околностима (на пример, када индикације за мерење концентрације влакана дозвољавају ниску прецизност), под условом да су они изнад најниже мерљиве густине влакана (погледајте одељак 4.3).

3.1.6. Брзина протока

Брзина протока при узорковању би требало да буде у опсегу од $0.5-2.0 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ када се поређење резултата мерења обавља са граничним вредностима концентрације

влакна дефинисаним за референтни период од 4 сата или 8 сати. Брзина протока би требало да се подеси, када год је то могуће, како би се добиле густине влакна у оптималном опсегу ради тачности и прецизности.

За поређења са граничним вредностима дефинисаним за краће периоде (на пример, 10 минута) брзина протока се може повећати на $16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.

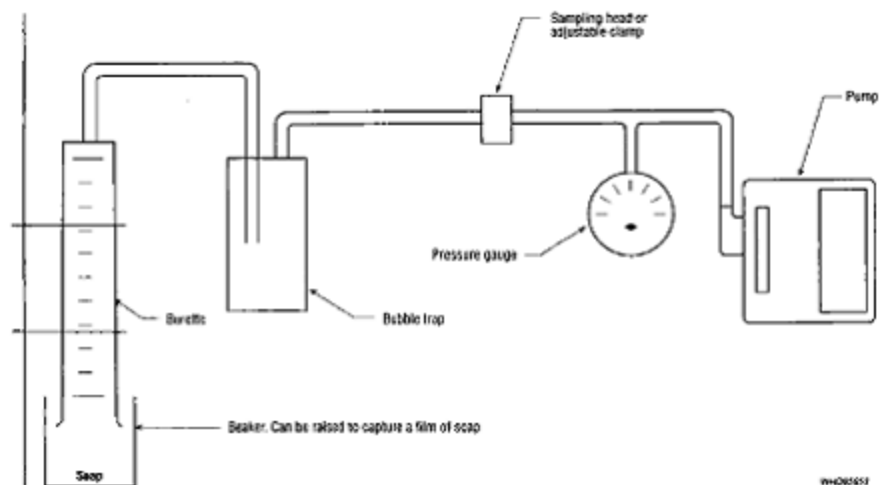
У широком опсегу брзина протока, ефикасност узорковања је у великој мери независна од брзине протока. То значи да брзина протока може варирати, под условом да дају исто пуњење филтера или пуњења у оквиру оптималног опсега за густину влакна наведену у овој методи.

Најнижа брзина протока у оквиру дефинисаног опсега би требало да буде таква да минимизира губитак прецизности, а највиша брзина би требало да буде унутар ефикасног радног капацитета пумпе за узорковање при раду пумпе у нормалним условима. Горе наведени опсежи брзине протока узимају у обзир ове факторе у већини случајева.

Из практичних разлога, било би најзгодније користити јединствену брзину протока за већину радних места у фабрици; брзину протока би требало мењати само за она радна места где искуство или подаци указују да је потребна друга брзина протока (или промена пречника филтера) како би се добила прихватљива пуњења филтера.

Калибрисани радни мерач протока је неопходан при првој употреби пумпе и када се потом проверава проток. Ово би, уобичајено, требало да буде преносиви мерач протока променљиве области мерења или мерач протока

заснован на пловку (на пример, "ротаметар"), претходно калибрисан према главном мерачу протока. Главни мерач протока би по могућству требало да буде мерач протока чија је тачност у складу са националним стандардима, и који се користи са великом пажњом на услове сертификата о калибрацији. Мерач протока типа "мехурића" се такође може користити (Слика 2). Ово је уређај у коме пумпа која се тестира провлачи филм сапуна кроз калибрисану цев. Пролаз филма је подешен између две ознаке чије раздвајање дефинише познату запремину. Литарска бирета може послужити као погодна цев. Запремина између ознака се може проверити пуњењем бирете дестилованом водом и омогућавајући температурама да се стабилизују. Одливањем запремине и мерењем воде омогућено је израчунавање зависности запремине од температуре. Адекватан раствор сапунице се може направити мешањем једног дела концентрисане течности за испирање (детерџент), два дела глицерола и четири дела воде. Бирета мора бити темељно наквашена раствором, и можда може бити неопходно неколико покушаја провлачења филма кроз цев пре него што цев буде довољно мокра да би се ово доследно постигло. (Да би се ова калибрација могла пратити потребно је такође упоредити часовнике са временским стандардом као и употреба сертификованих тежина).



Слика 2. Калибрација брзине протока путем мерача брзине протока са "мехурићима"
 Burette - Бирета
 Soap - Сапуница
 Beaker. Can be raised to capture a film of soap - Лабораторијска чаша. Може бити подигнута да би се ухватио сапунски филм
 Bubble trap - Хватач мехурића
 Pressure gauge - Мерач притиска
 Sampling head or adjustable clamp - Узоркивач или подесива штипалјка
 Pump - Пумпа

Радни мерач протока мора бити довољно осетљив да дозволи читавање протока унутар $\pm 10\%$ за степене протока $\leq 2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ и унутар $\pm 5\%$ за степене $> 2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Уколико испуњава ове захтеве, мерач протока уграђен у пумпу се такође може користити, али мора бити калибрисан са држачем филтера и постављеним филтером. Уколико се ради о уграђеном мерачу протока типа ротаметра читавање се мора вршити при вертикалном положају пумпе. Уколико има било каквих цурења између главе узорковача и мерача протока, читавање ће бити нетачно.

Брзину протока би требало проверити најмање пре и после узорковања. Уколико је измерена разлика у читавању већа од 10% , узорак би требало одбацити.

Главни мерач протока би требало користити само за калибрацију радног мерача протока, и ни у једну другу сврху. Учесталост рекалибрације главног и радног мерача протока ће зависити од износа и врсте употребе којој су изложени мерачи протока. Уопштено, калибрацију би требало вршити најмање једном годишње за главни мерач протока и једном месечно за радни мерач протока, уколико нема документованих доказа који би оправдали дуже.

Следеће додатне тачке у вези са процедуром калибрације би требало нагласити:

- Радни мерач протока би уобичајено требало да буде калибрисан у складу са главним мерачем протока.

- Да би се свеле на минимум грешке услед пада притиска између два мерача, цев која повезује мераче протока не би требало да буде пречника мањег од повезујућих портова мерача протока и њена дужина би требало да се одржава на минимуму. Све везе би требало да буду херметичке.

- Никаква ограничења или вентили не би требало да буду уклопљени између два мерача протока.

- Када су одабрани мерачи протока променљиве области мерења и за главни и за радни мерач протока, дужина скале главног мерача протока би требало да буде једнака или већа од дужине скале радног мерача протока.

- Калибрација би требало да покрива очекивани опсег брзина протока за сваки коришћени мерач протока.

Радни мерачи протока се користе у условима средине који у великој мери варирају. Сва мерења узорака ваздуха су узета у обзир са запреминском брзином протока (на пример, степен протока измерен и изражен при преовлађујућој температури и притиску) а не брзини протока масе (на пример, брзина протока коригована на стандардној температури и притиску). Рекалибрација или корекција брзине протока је стога од суштинске важности уколико пумпа ради под условима који су знатно другачији од услова калибрације (на пример, разлике у висини). Уколико је могуће, калибрацију би требало спровести на месту узорковања. Уколико ово није могуће, корекција може бити потребна уколико су на пумпу утицале промене температуре и притиска. Реална брзина протока ће бити дата путем једначине:

$$Q_a = Q_c \sqrt{\frac{P_c T_a}{P_a T_c}}$$

При чему је

Qa= реална брзина протока
Qc= калибрисана брзина протока (вредност ротаметра)
Pc = притисак ваздуха на месту калибрације
Pa = притисак ваздуха на месту узорковања
Ta = температура ваздуха на месту узорковања
Tc = температура ваздуха на месту калибрације

Брзина протока би требало да буде коригована уколико су разлике у температури или притиску средине између места калибрације и узорковања веће од 5%.

На почетку периода узорковања, заштитна капа се мора отклонити са држача филтера, пумпа се мора покренути и забележити време. Брзину протока би требало периодично проверавати (на пример, на сваких сат времена) током узорковања, користећи калибрисани мерач протока, који је поново подешен на одабрану брзину протока. Искуство би могло указати да је ово непотребно код неких типова пумпи, али је ипак препоручљиво потврдити да опрема функционише задовољавајуће. На крају периода узорковања требало би забележити време, проверити брзину протока, искључити пумпу и заменити заштитну капу на држачу филтера.

3.1.7. Временско трајање узорковања

Временско трајање узорковања за сваки узорак би требало да узме у обзир разматрање пуњења филтера детаљно објашњена у одељку 3.1.5.

Следећа формула се може користити за одређивање временског трајања узорковања за сваки узорак:

$$t = \frac{A}{a} X \frac{L}{cc} X \frac{1}{r}$$

при чему је

t = трајање узорковања (min)

A = ефективна површина филтера (mm²)

a = површина мерне скале окулар (mm²)

L = потребно пуњење филтера (vlakna/површина мерне скале окулар)

cc = просечна концентрација влакана (vlakana · ml⁻¹) која се очекује током трајања узорковања

r = брзина протока (ml · min⁻¹)

Када је информација о претходним мерењима доступна, требало би је користити у процени трајања узорковања, иначе гранична вредност је корисна полазна тачка. Када је граница изложености у националном законодавству наведена за кратак временски период, тај период се може користити као трајање појединачног узорковања. Добијање оптималних пуњења влакнима захтева узимање у обзир интеракције између времена узорковања, запремине, брзине протока и могуће концентрације влакана. Време узорковања би требало да се мери прецизно (до у оквиру ±2.5%), користећи по могућству часовнике чија се тачност редовно упоређује са националним стандардом.

3.1.8. Слепа проба

Максималан прихватљиви број влакана за празне филтере је 5 влакана на 100 области мерне скале окулар.

Празни филтери се користе да би се проверила контаминација филтера по набављању и током руковања, чувања и транспорта на свим нивоима (на терену и у лабораторији).

Постоје три врсте слепе пробе:

(1) оне које су извучене из сваке кутије од 25 филтера у лабораторији и намонтиране и пребројане пре узорковања да би се проверило да ли је та серија филтера задовољавајућа (слепе пробе "медија који се користи за узорковање-филтера");

(2) оне које су однете у зону узорковања и подвргнуте истом третману као и нормални узорци али без скидања капице са држача филтера, без провлачења ваздуха кроз њих и без качења на радника. Оне се онда монтирају и броје ("теренске" слепе пробе);

(3) оне које су извучене из задовољавајућих серија филтера [погледајте под (1)] и намонтиране и пребројане да би се проверила лабораторијска контаминација ("лабораторијске" слепе пробе).

За узорковање слепе пробе медија који се користи за узорковање, уобичајена процедура је да се одаберу четири празна филтера из сваке серије од 100 (тј. по један из сваке мале кутије од 25). Пропорција теренских слепих проба би требало обично да буде око 2% од укупног броја узорака, уколико не постоје разлози да се верује да је потребно више теренских слепих проба. Лабораторијска слепа проба се може проценити заједно са сваком серијом рутинских узорака, или после ако је контаминација услед лабораторијских извора очекивана.

Средња густина влакана за празне филтере који су укључени у поређење варира у опсегу од 0.3 до 6.7 влакана · mm⁻². Последња вредност одговара вредности од око 5 влакана на 100 области окулара, максималном прихватљивом броју за празне филтере у овом методу.

Када год је могуће, идентитет празних филтера би требало да буде непознат микроскописти док се не заврши процес бројања. Уколико се добију повишени бројеви, прво би требало испитати потенцијалне интерне разлоге (на пример, грешку микроскописте, контаминацију покривке). Уколико се закључи да је проблем у филтеру, цела серија од 100 комада би требало да се одбаци. У случају контаминације, мерења би требало сматрати само грубом проценом концентрације влакана у ваздуху.

Број влакана на теренским слепим пробама би уобичајено требало да се одузме од броја влакана узорка, али ако је број влакана у теренским слепим пробама висок (тј. изнад максимално прихватљиве границе) требало би испитати разлоге.

3.2. Евалуација

3.2.1. Припрема узорка

Требало би користити ацетон-триацетин метод за чишћење и монтирање филтера за влакна са рефрактивним индексима већим од 1.51. За неорганска влакна са нижим рефрактивним индексима, требало би користити методу ацетон/нагривање/вода.

Цео филтер, или његов део, се може монтирати. Може бити неопходно да се део филтера остави немонтиран, да би се испратило да ли евалуација намонтираног дела указује да је потребна додатна анализа (на пример, идентификација влакна). Ако је потребно урадити подделу филтера, сечење би требало обавити скалпелом "котрљањем" сечива од напред ка позади дуж филтера. Не треба користити маказе. Филтер би требало сећи дуж пречника на клинасте сегменте који су величине бар једне четвртине површине филтера. За нека органска влакна, сечење филтера може резултовати значајним губитком влакана.

Систематске варијације у нивоима бројања од највише 20-30% прате различите методе монтирања филтера. За дато влакно, употреба истоветне процедуре елиминише такве разлике. Метод чишћења филтера заснован на употреби ацетонских пара је у широкој међународној употреби, али се мора пажљиво примењивати. Било какво озбиљно кривљење филтера проузроковаће невалидни узорак. Такође, за нека органска

vlakna, овај метод би требало потврдити адекватним контролама, јер се влакна у некој мери могу растворити у ацетону.

Принцип овог метода чишћења филтера се састоји у томе да је филтер изложен парама ацетона, које кондензују на филтеру, скупљајући његове поре и чинећи га провидним. Филтер се потом причвршћује за стаклену страну где изгледа као провидан, а идеално, као једнообразни пластични филм са свим влакнима на горњој површини. Течност се мора додати да би се обезбедио оптимални контраст. Уколико индекс рефракције (РИ) влакана прелази 1.51, триацетин (глицерол триацетат) је задовољавајући; за неорганска влакна са $RI \leq 1.51$, површина филтера мора бити нагрижена да би влакна била изложена, а као контрастна течност се користи вода. Монтирани филтери за које се користи метод ацетон триацетина кваре се веома споро, уколико до тога уопште и дође; метода ацетон/нагризање/вода није ни изблиза тако стабилна. Важно је да се провере реагенси и материјали који се користе за монтирање због евентуалне контаминације. Препоручује се вежба за монтирање филтера да би се стекло знање пре коришћења правог узорка. Филтере за узорковање који су изложени високој влажности би требало пажљиво осушити пре излагања ацетону, да би се побољшала њихова јасноћа.

Лажња: Паре ацетона су изузетно запаљиве и благо токсичне. Никада га не треба користити у близини отвореног пламена.

Паре ацетона се могу произвести путем једне од три методе: метод "вруће каде" (препоручује се), метод "бојлера" и метод "рефлукс кондензатора". Два последња метода се морају користити у дигесторима.

Приликом методе вруће каде, који је приказан на Слици 3, у каду са интегралним грејачем убризгано је тек толико ацетона колико је довољно да се очисти један филтер. Ацетон испарава и јавља се као млаз паре из отвора, испод ког је смештен филтер. Комерцијалну верзију вруће каде би требало користити у складу са упутствима произвиђача. Филтер се поставља централно на чисто микроскопско предметно стакло, са страном са узорком окренутом нагоре, са ивицама мреже паралелним са ивицама предметног стакла. Око 0.25 ml ацетона се убризгава у каду, тако да се пара појављује као ток изнад филтера. Филтер се чисти. Мала количина ацетона која се користи минимизира ризик од пожара, иако би запаљиве изворе требало држати подаље, а боцу са ацетоном чувати затворену када није у употреби.

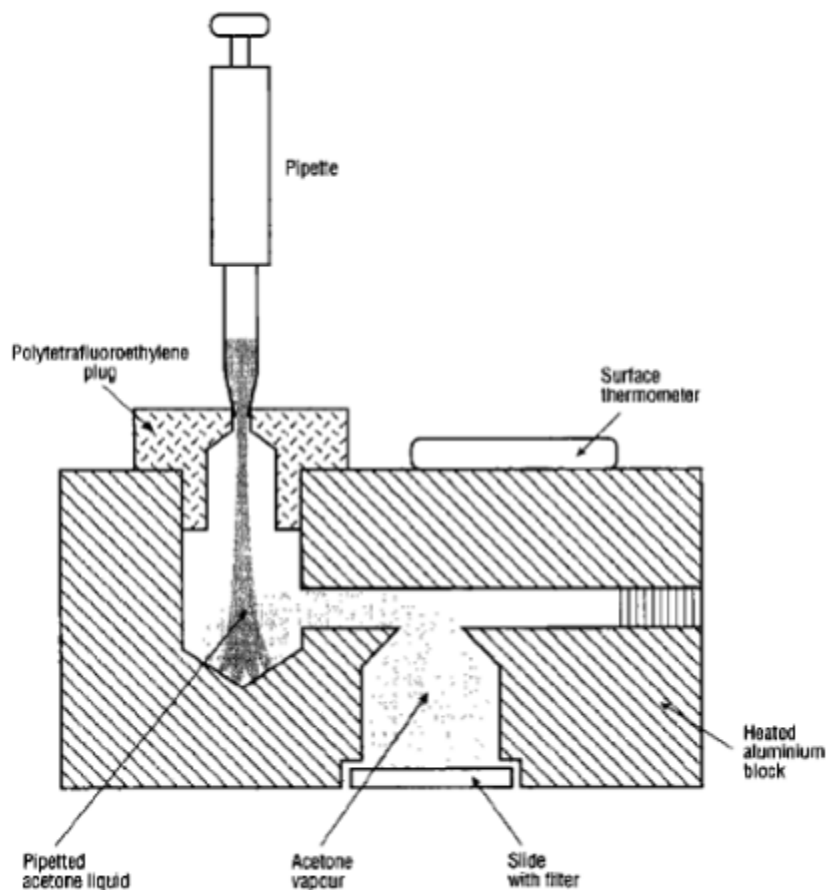


Fig. 3 The hot block method

Слика 3. Метод топлог купатила

Pipetted acetone liquid - Пипетирани течни ацетон

Pipette - Пипета

Acetone vapour - Паре ацетона

Heated aluminium block - загрејани алуминијумски блок

Polytetrafluoroethylene plug - Политетрафлуоретиленски (тефлонски) уметак

Slide with filter - Микроскопско предметно стакло са филтером

Surface thermometer - Површински термометар

У методу бојлера, илустрованом на Слици 4, ацетон испарава у високом, уском суду са равним дном са расхладним намотајем при врху. Поклопац би требало да има чврсту жичану подлогу која је за њега закачена, да би чврсто држала микроскопско предметно стакло. Намотај носи хладну воду, која задржава већину пара ацетона у најнижем делу суда. Линија воде би требало да укључи индикатор који јасно показује куда вода тече. Потребан је извор топлоте који не може запалити паре ацетона, као што је рециркулишућа уљана када. Могући извори паљења, укључујући електричне прекидаче подложне варничењу, би требало избегавати. Водена пара произведена у топлом купатилу, алтернативни извор топлоте, може довести до слабије јасноће очишћених филтера. Употреба дигестора је неопходна код бојлера, а саветује се примена колектора који би се налазио око бојлера и који би у случају просипања ацетона задржао просути ацетон.

Ацетонски бојлер ствара област пара ограничених намотајем за хлађење, који умањује ризик од ватре. Количину коришћеног ацетона би требало свести на минимум, и не би га требало остављати у апаратури када она није у употреби, такође, не би га требало оставити да ври када чишћење заправо није у току.

Поклопац би требало држати на месту када год је то могуће. Изворе пламена би требало држати даље од опреме, а правило "Забрањено пушење" би требало да буде на снази.

3. SPECIFICATIONS OF PARAMETERS

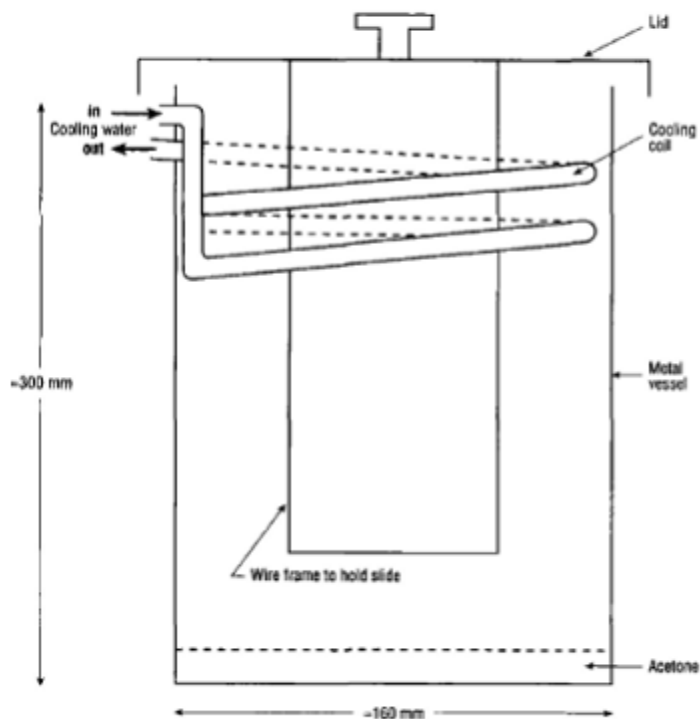


Fig. 4 The boiler method

Слика 4. Метод бојлера

Wire frame to hold slide - Жичани рам (подлога) који носи микроскопско предметно стакло

In - Улаз

Cooling water - Вода за хлађење

Out - Излаз

Lid - Поклопац

Cooling coil - Намотај хладњака

Metal vessel - Метални суд

Acetone - Ацетон

Вода за хлађење на намотају је укључена, запремина од око 30 ml ацетона је стављена у суд, поклопац је замењен и суд загрејан. Када ацетон проври, поклопац се склања, микроскопско предметно стакло се ставља на постоље са мембранским филтером који је централно постављен на микроскопско предметно стакло, са страном са узорком окренутом нагоре, а линијама мреже паралелним са ивицама микроскопског предметног стакла. Поклопац се мења, спуштајући препарат у испарење у суду; микроскопско предметно стакло би требало да се очисти за неколико секунди, и затим се склања.

При методи рефлукс кондензатора, приказаног на Слици 5, течност ацетона је садржана у боци са три грлића која је уклопљена са рефлукс кондензатором на отвору једног од грлића. Један од преостала два отвора грлића се запушава, а преостали отвор

се уклапа са двосмерном чесмом којом се ослобађају паре ацетона. Ацетон ври док уједначена пара испарења ацетона не почне да излази кроз отвор.

Филтер се поставља са страном са узорком нагоре на чисто микроскопско предметно стакло, које се потом држи чистом пинцетом директно у пари, око 15 - 25 mm од отвора, у трајању од 3-5 секунди; филтер се полако помера дуж отвора да би се обезбедила једнака покривеност док филтер не постане провидан. Превише испарења (а нарочито капљица течног ацетона) ће уништити филтер разједињавањем или лепљењем истог до те мере да се не може употребити. Микроскопско предметно стакло не би требало да буде претходно загрејано, са обзиром на то да се испарења ацетона морају кондензовати на плочици ради доброг чишћења филтера.

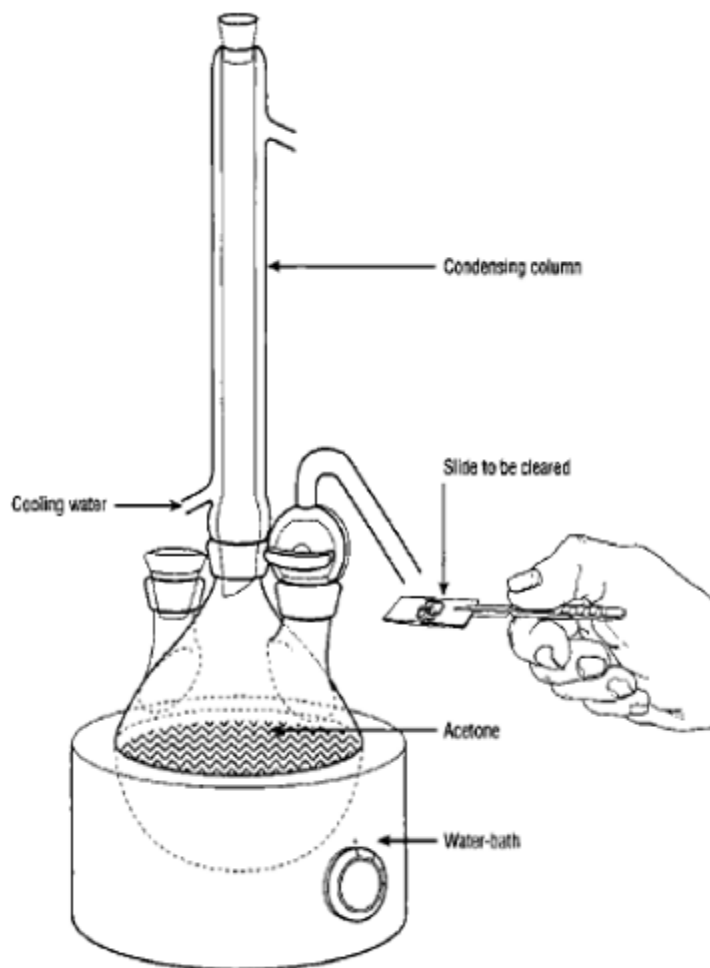


Fig. 5 The reflux condenser method

Слика 5. Метод рефлукс кондензатора

Cooling water - Вода за хлађење

Condensing colum - Кондензациона колона

Slide to be cleared - Микроскопско предметно стакло са филтером који се "Чисти"

Acetone - Ацетон

Water-bath - Водено купатило

У свакој методи, дозвољено је да ацетон испарава из филтера неколико минута и тада се користи микропипета да би се капљица триацетина (око 10 μ l) ставила на филтер или покривно стакло. То је довољно да се прекрије цео филтер, када је

покривно стакло на месту, без сувишног преливања око ивица. Покривно стакло се пажљиво спушта на филтер под углом, тако да је сав ваздух избачен, али га не треба притискати на филтер. Филтер постаје мање грануларног изгледа у кратком року, и бројање може почети чим је препарат чист. У неким случајевима, ако је чишћење споро, може бити потребно да се препарат остави 24 часа или да се загрева 15 минута на око 50 С° пре бројања. Фиксирани узорци ће обично остати годину дана или дуже без приметних оштећења, иако се нека мала кретања влакана могу догодити. Препоручљиво је чувати фиксирани препарати у равном положају. Квалитети дугорочног чувања се могу побољшати фарбањем око ивица покривке са агенсима за микроскопску фиксацију.

Уколико је РИ влакна ≤ 1.51 (што је и тачно за већину неорганских влакана), требало би користити следеће методе. Процедура чишћења ацетоном скупља филтер до око 15% његове првобитне дебљине, формирајући јасан пластични филм који има минималну деформацију и не квари се. Влакна се утисну у површину, али могу бити невидљива под фазноконрастним осветљењем уколико је индекс рефракције влакна близак индексу рефракције филтера. Влакна стога морају бити изложена, нагризањем површине филтера и њиховим потапањем у течност са изразито различитим РИ.

Да би се обавило нагризање, микроскопско предметно стакло и филтер се стављају на плазма чистач да би се отклонила површина филтера. Овим су влакна изложена, али још увек закачена за филтер. Примена кисеоника са брзином протока од $8 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ током око 7 минута уз примену директне и рефлектоване радиофреквентне енергије снаге од 100 и 2 W се препоручује од Ле Guen-а и сарадника (1980). Информација је доступна и на другим местима о калибрацији других врста плазма чистача (Burdett, 1988).

Кап или две дестиловане воде се ставља на нагрижени филтер, а покривно стакло се ставља на врх; опет би требало водити рачуна да се не заробе мехурићи ваздуха. Количина воде би требало да буде довољна да попуни простор између филтера и покривног стакла без сувишног одливања. Вода има РИ 1.33 и пружа добар контраст, чак и са влакнима ниског РИ. Неопходно је припремити следеће пробе филтера да би се утврдило да у води нема влакнастих или бактеријских контаминација; у зависности од налаза, може бити потребно да се вода филтрира.

Чистоћу би требало одржавати све време. Нечиста припрема препарата ће резултирати у контаминацији и погрешним резултатима. Микроскопска предметна стакла, покривна стакла, скалпел и пинцета би требало да буду очишћени марамicom за стакло или индустријском папирном марамicom, а требало би проверити да су без контаминације и положени на чисту површину, на пример на папирић марамicomе за стакло пре монтирања узорака.

3.2.2. Оптички захтеви

Микроскоп

Микроскоп би требало поставити тако да су бразде у блоку 5ХСЕ/НПЛ¹ Ознака II тест препарата видљиве; оне у блоку 6 могу бити делимично видљиве, али оне у блоку 7 не би требало да буду видљиве.

Остале карактеристике задовољавајућих микроскопа су:

- Köhler-ово светло или Köhler-ов тип извора светлости, да би се обезбедило равномерно осветљење узорка.
- Склоп подстепена који садржи Abbe или ахроматски фазноконрастни кондензатор у централном фокусном постољу и фазноконрастни прстен са централним подешавањем независним од механизма централног кондензатора.
- Уграђени механички сталак, са држачима препарата и x-у померање.
- Објектив слабог увећања, на пример увећања x10, који је користан за лоцирање калибрисаног микроскопског предметног стакла и решетке тест препарата као и за обављање прелиминарних провера једнакости наслага прашине на филтеру.

- Позитивни фазноконтрастни објектив великог увећања, са уобичајеним увећањем $\times 40$, објектив који се користи за бројање. Нумеричка апертура објектива, који одређује резолуцију микроскопа, би требало да буде између 0.65 и 0.75, а пожељно између 0.65 и 0.70. Апсорпција фазног прстена би требало да буде између 65% и 85%, а пожељно је између 65% и 75%.

- Бинокуларна сочива, пожељан је тип широког поља, који производи укупно увећање од 400-600 пута, али пожељно је 500 пута (које одговара објективу са увећањем од 40 пута и окулару од 12.5 пута). Барем једно од сочива мора бити фокусирајућег типа са могућношћу уметања мерне скале окулару.

- Walton-Beckett мерна скала окулару, типа Г-22, уклопљен са микроскопом корисника.

- Бројни додаци, укључујући:

- Центрирајући телескоп или Берtrand сочиво, да би се обезбедио тачан поредак фазних прстенова у кондензатору и објективу;

- Зелени филтер, који олакшава посматрање с обзиром на то да је оптика микроскопа пројектована за таласну дужину зеленог светла;

- Калибрисано микроскопско предметно стакло (микрометар);

- ХСЕ/НПЛ Ознака II фазноконтрастни тест препарат;

- Покривна стакла дебљине компатибилне са дизајном објектива (на пример, бр. 1 $\frac{1}{2}$, уобичајено 0.16-0.19 mm дебљине) и око 25 mm пречника или ширине;

- Микроскопско предметно стакло од око 76 x 25 mm и дебљине 0.8-1.0 mm.

Разлике у најмањим ширинама влакана које се могу открити помоћу различитих фазноконтрастних микроскопа, могу допринети интерлабораторијским разликама при бројању, с обзиром на то да се типичне дистрибуције пречника влакна протежу далеко испод границе детекције фазноконтрастних микроскопа. Стога је од пресудне важности да се одржи једнообразни ниво детекције на граници видљивости и зато је квалитет микроскопа, укључујући његово подешавање и одржавање, од критичне важности.

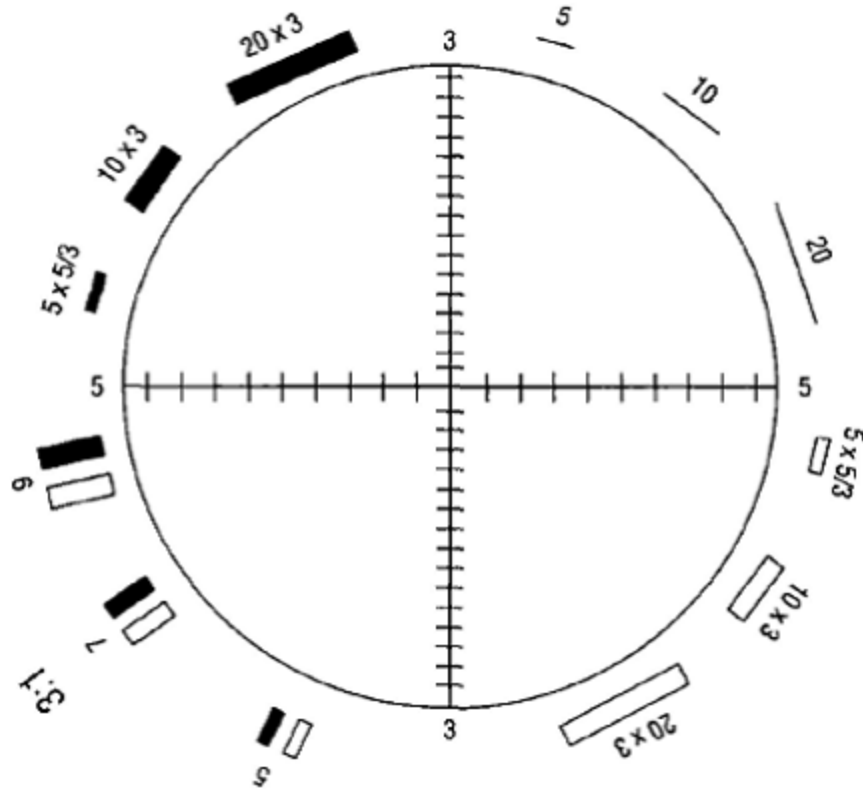
Задовољавајући квалитет бројања могу постићи лабораторије које користе различите микроскопе са спецификацијама које су у складу са горе описаним карактеристикама. Саветује се да све компоненте микроскопа буду од истог произвођача. Микроскоп би требало редовно калибрисати и одржавати; обављање калибрације и одржавања би требало документовати.

¹ ХСЕ/НПЛ=Директор за здравство и безбедност, Национална лабораторија за Физику, УК

Мерна скала окулару

Скала Г-22 Walton-Beckett је једина скала која је посебно осмишљена за бројање влакана чије су димензије назначене у овој методи. Ова скала (Слика 6) је кружног облика, са пречником од 100 μm у равни објектива и подељен је на квадранте линијама размере у 3- μm и 5- μm поделама; ту се око периферије налазе приказани и облици критичних вредности дужине, ширине и аспектних односа.

Сврха мерне скале окулару је да одреди област у видном пољу у оквиру које се врши пребројавање влакана и да пружи референтне слике и размере познатих димензија које се користе за одмеравање величине влакана. Различити облици и величине мерне скале окулару могу утицати на резултате бројања. Скала мора бити направљена за микроскоп са којим се користи, узимајући у обзир право увећање.



Слика 6. Окулар Walton-Backett, врста Г-22

Када се мерна скала окулара наручује, неопходно је да се назначи врста микроскопа, спољни пречник стакленог диска скале окулара и такође, удаљеност изражена у милиметрима за мерну скалу која кореспондира са 100 μm у равни објектива микроскопа. Та удаљеност може бити измерена и било којом другом мерном скалом окулара на следећи начин:

- микроскоп би требао да буде постављен као и када се користи за бројање расположивом мерном скалом.

- калибрисано микроскопско предметно стакло (микрометар) би требало користити за мерење очигледне дужине L , изражене у μm , мерне скале.

- мрежу би тада требало уклонити са окулара и мерити праву дужину Y , изражену у mm , скале на мрежи; праву дужину X , изражену у mm , која кореспондира са очигледном дужином од 100 μm би требало израчунати на следећи начин:

$$X = 100 Y/L$$

Вредност X је дужина на скали која кореспондира вредности 100 μm на равни објектива који би требало да буде добијен приликом наручивања микроскопа. Y би требало мерити у оквиру $\pm 2\%$. Уколико микроскоп има помично мерило са вијком за мерење унутрашњег пречника и густине објекта на свом постољу и уколико ниједан бољи метод није на располагању, Y се може измерити постављањем расположиве скале на постоље, посматрањем исте на малом увећању и посматрањем колико далеко (у милиметрима) постоље мора бити померено да се обухвати/ покрије дужина Y на скали.

Након пријема, скалу Walton-Backett би требало унети у микроскоп за који је наручена. Њен видљиви пречник у равни објектива би требало проверити калибрисаним микроскопским предметним стаклом и он би требао да износи између 98 и 102 μm .

Овај дијаметар би требало проверити посредством микроскопа који је постављен за употребу и са одговарајућом корективном дужином тубуса уколико се може подесити. Код неких микроскопа подешавање интерокуларне удаљености мења увећање, па би тај

ефекат требало проверити код коришћеног микроскопа. Уколико је тај ефекат очигледан, пречник скале би требало мерити при истој интерокуларној удаљености/раздвојености која је коришћена и током рачунања. Измерени дијаметар би требало користити у рачунањима.

Калибрисано микроскопско предметно стакло (микрометар)

Калибрисано микроскопско предметно стакло (микрометар) се користи да би се измерио пречник Walton-Backett мерне скале окулара. Кадгод је то могуће, микрометар би требао да буде калибрисан према националним или међународним стандардима.

Било би пожељно да лабораторија располаже са најмање два таква микрометра:

Један који је интерни референтни стандард и коме се може пратити веза са националним или међународним стандардом. Такав референтни стандард би требало користити за интерно калибрисање других микрометара и ни у једну другу сврху. Веза са националним стандардом се постиже коришћењем услуга организације која поседује националну акредитацију за калибрисање ове врсте или организације која поседује национални стандард. Лабораторија за мерење влакана би од организације за калибрисање требала да прибави доказ о калибрисању у облику званичног сертификата. Микрометар којим се може пратити веза са националним стандардом треба поново калибрисати само уколико се учини да је дошло до промене у његовом стању или прецизности.

Један (или више) који се користе за мерење пречника мерне скале окулара. Овај радни микрометар мора бити калибрисан када је нов и најмање једанпут годишње након тога (или чешће ако је потребно), коришћењем микрометра којим се може пратити веза са националним стандардом. То се чини мерењем пречника мерне скале окулара користећи сваки микрометар и упоређивањем резултата.

Као што је већ наведено, у зависности од микроскопа, дужина тубуса и интерокуларна удаљеност могу да утичу на увећање; њих би микроскописта требао да прецизно подеси пре него што се приступи мерењу мерне скале окулара. Пречник мерне скале окулара у равни објектива би требало проверавати сваког дана, пре сваке сесије бројања влакана. Сваки аналитичар, после прецизног прилагођавања микроскопа свом виду, засебно треба да измери пречник видокруга. За ову сврху би било пожељно да микрометар има скалу дугу 1 mm са поделом од 2 μm , пошто мерна скала окулара треба да буде мерена до $100 \pm 2 \mu\text{m}$. Резултат би требао да буде забележен, а измерени пречник коришћен у рачунању густине или концентрација влакана.

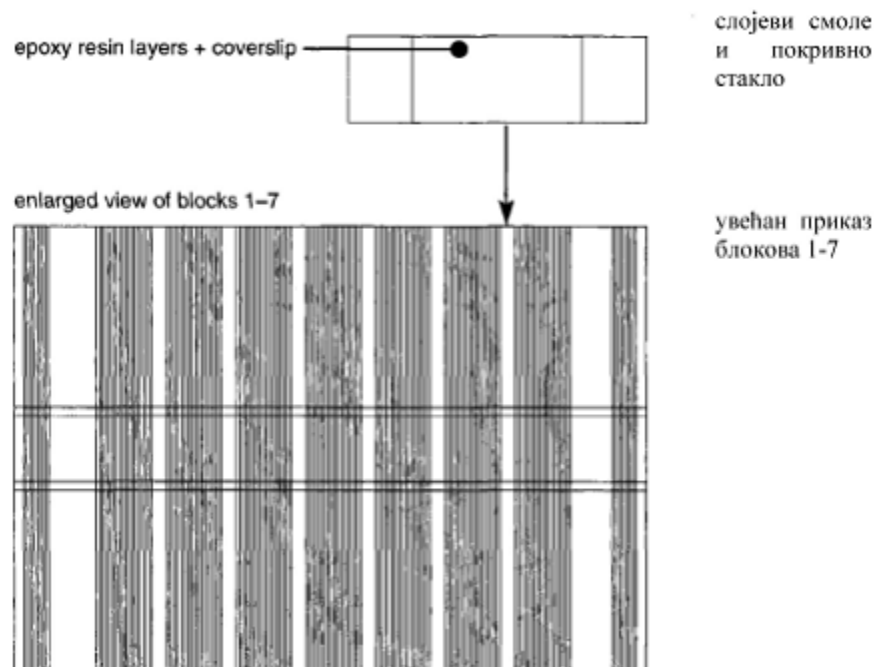
Тест препарат

ХСЕ/НПЛ Mark II тест препарат (види слику 7) је једини комерцијално доступни препарат за тестирање лимита детекције.

Овај тест препарат проверава или стандардизује визуелни лимит детекције фазноконтрасног микроскопа. Важан фактор који доприноси међулабораторијским разликама у резултатима су разлике у најмањим ширинама влакана које могу бити детектоване. То је нарочито случај када микроскопи нису добро подешени пре почетка испитивања узорака.

Тест препарат ХСЕ/НПЛ Mark II се састоји од конвенционалног микроскопског предметног стакла са паралелним наборима смоле чија се ширина смањује (није приказано на слици 7) у седам блокова, на којима се налази покривно стакло са другим слојем смоле мало ниже вредности РИ. Први слој смоле је реплика главног препарата; други слој производи промену оптичке фазе која осликава ону која се види када се поставе филтери са влакнима. Микроскоп (и посматрач) се могу оценити на основу најфинијих набора смоле које могу видети. Да би комбинација микроскоп/посматрач била задовољавајућа, набори у блоку 5 би требали да буду видљиви; они у блоку 6 могу бити делимично видљиви, али они у блоку 7 не би требали да буду видљиви.

Микроскоп би требао да буде подешен у складу са инструкцијама произвођача и његову исправност би требало проверавати тест препаратом на почетку сваке сесије бројања влакана. Пре приступања пребројавању влакана у узорку, може бити потребно фино подешавање фокуса као и фокуса кондензатора.



Слика 7. Схематски приказ ХСЕ/НПЛ Mark II објектног стакла микроскопа

3.2.3 Бројање и одређивање величине влакана

Скенирање малим увећањем

Целокупна област филтера би требала да буде скенирана објективом са малим увећањем (нпр. $\times 10$) ради провере једнообразности накупљања влакана.

Предметно стакло микроскопа са постављеним филтером је постављено на сталак микроскопа, а влакна на највишој површини филтера су постављена у фокус. Влакна би требала да буду равномерно наталожена по површини филтера (изузев на ивици која је обично покривена ободом држача филтера; на њему не би требале да се налазе честице прашине и влакана). Уколико области посматране у оквиру скенирања малим увећањем покажу уочљиве разлике у дистрибуцији или велику агрегацију влакана или прашине, филтер би требало одбацити.

Одабир области бројања

Области бројања би требале да буду насумично одабране у оквиру изложене области филтера који је предмет анализе. Области које леже у оквиру 4 mm од ивице филтера (или 2 mm од линије сечења) би требала да буду одбачене. Области би такође требале да буду одбачене и уколико а) решетка филтера омета, у целости или делимично, видик, б) је више од $1/8$ мерне области покривено агрегираним влакнима и/или честицама, дискретним делићима или мехурићима или в) лице које

користи микроскоп оцени да су влакна толико нејасна да не могу бити поуздано пребројана.

Процедура насумичног одабира је много репрезентативнија за цео филтер него друге процедуре, нпр. за одабир поља дуж пречника филтера. Добра идеја је да се филтер (теоретски) подели у једнаке области нпр. квадранте у оквиру којих се испитује приближно подједнак број насумичних области. Фини фокус мора бити прилагођен за свако ново поље и може бити потребно да се врши његова замена од влакна до влакна. Микроскописта би требало да континуално врши фокус на свако влакно које се броји. Бројање би требало да се одвија ка центру филтера, где су губици због електростатичких ефеката занемарљиви, избегавајући спољну регију периферије филтера од 4 mm. Уколико наступи неки од услова наведених као а), б) или в), микроскописта би требало да игнорише то поље и да настави са следећим. Уколико број одбачених поља превазилази 10% од броја прихваћених поља, или уколико микроскописта оцени да је узорак небројив или непрецизан, то би требало пријавити.

Услови рада у лабораторији

Потребно је да се обезбеди да начин рада и радна средина у лабораторији не врше нежељен утицај на тачност бројања.

Услови рада у лабораторији могу утицати на резултате бројања различитих микроскописта. Различити начини бележења података могу такође изазвати неслагање између микроскописта због разлика у замору ока. Бележење података поље-по-поље укључује рефокусирање ока након бројања сваког поља, док континуирано регистровање електричним или механичким бројачем драстично смањује потребу за рефокусирањем и на тај начин смањује замор испитивача. Када је могуће, радна средина би требала да буде без вибрација и таква да испитивач може да седи удобно и опуштено. Да би се минимизирао умор ока, било би пожељно, да сваки периферни видик изван микроскопа буде незаклоњен и уз непроменљиво пригушено светло. Алтернативно, може се користити матирана позадина. Никада не треба вршити бројање уз јаку дневну светлост, пошто она може умањити контраст између влакана и позадине.

Број влакана који су предмет пребројавања од стране аналитичара у одређеном временском периоду би требао да буде ограничен пошто умор ока може имати супротан утицај на квалитет бројања. Препоручује се да максимални дневни број радних сати износи 6 сати и да лице које користи микроскоп користи паузе у трајању од 10 до 20 минута након 1 сата рада, имајући у виду да дужина трајања паузе зависи од особе која ради са микроскопом, узорака и услова рада у лабораторији. За време тих периода паузе требало би упражњавати вежбе за очи, горњи део леђа и врат. Број узорака који су предмет дневне евалуације се разликује од микроскописте до микроскописте; у типичним условима потребно је 10-25 минута за евалуацију узорка.

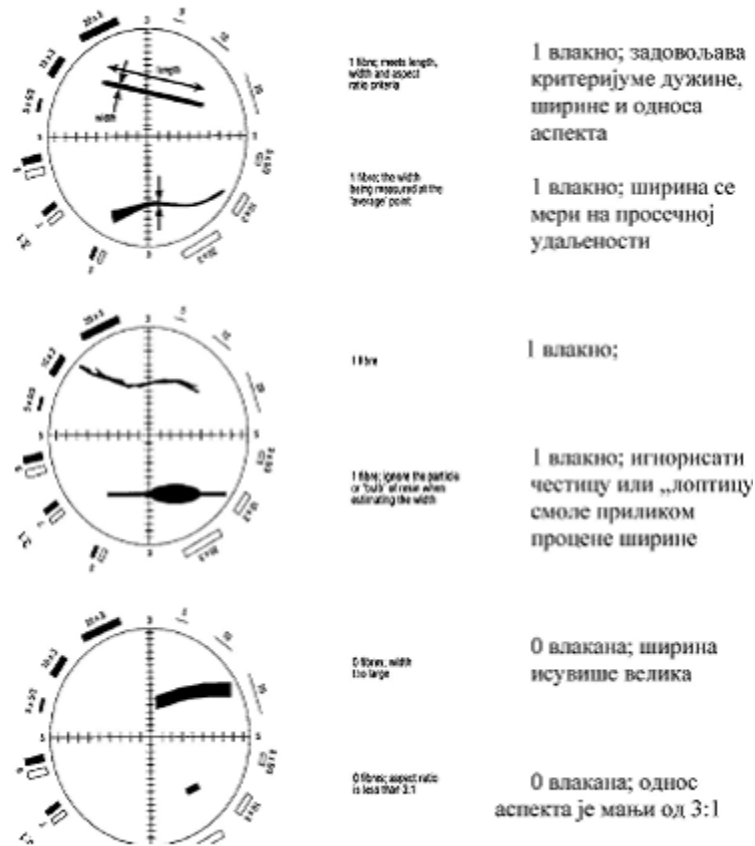
Правила бројања

Требало би примењивати доле наведена правила бројања.

Влакна из ваздуха прикупљена на мембранским филтерима се појављују у широкој лепези облика, од појединачних влакана до сложених конфигурација и агломерата. У таквим случајевима, микроскописта може имати тешкоће у дефинисању и пребројавању влакана. Поред тога, различита правила бројања могу довести до разлика у резултатима. С тим у вези, од суштинске важности је да се при бројању влакана (са објективом x 40) користи један јединствени скуп правила. Доле наведена правила су у ствари адаптација правила усаглашених од Техничког Комитета СЗО (WHO, 1985) за вештачка минерална влакна, примери примене ових правила су приказани на сликама 8-11.

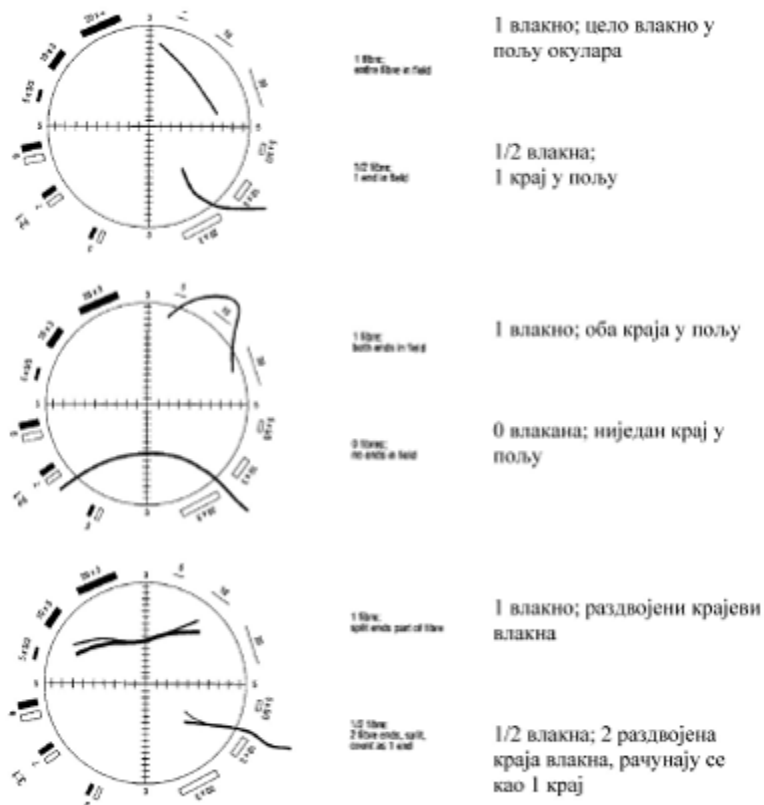
- Бројиво влакно је честица дужа од 5 μm , чија је ширина мања од 3 μm , а однос дужине и ширине већи од 3:1. Бројиво влакно чија се оба краја налазе у пољу окулар се броји као 1 влакно: бројиво влакно чији се само један крај налази у пољу окулар се

рачуна као половина влакна. Влакно које у потпуности прелази окулар, тако да се ниједан крај не налази у пољу окулар, се не рачуна.



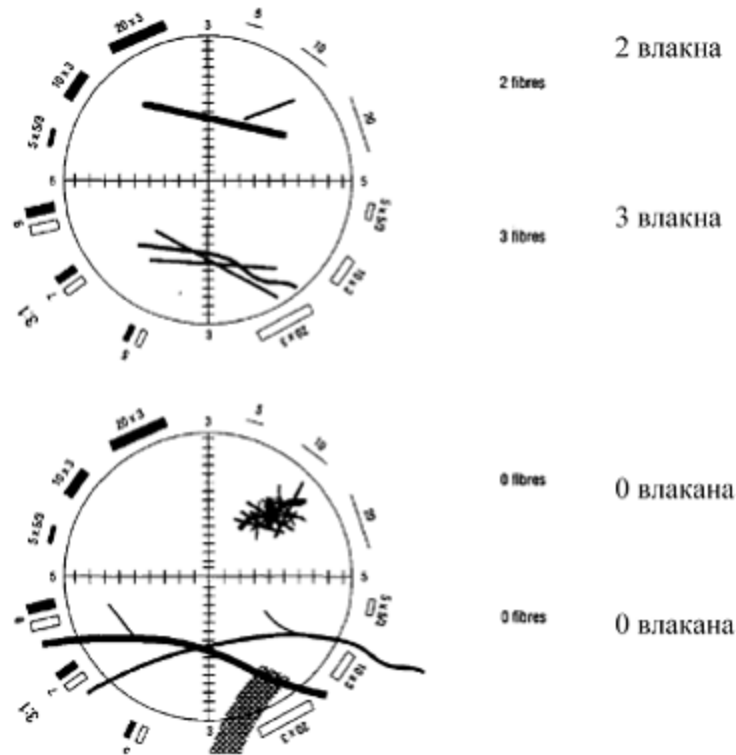
Слика 8. Примери примене правила за бројање влакана: појединачна влакна

- Уколико ширина влакна варира у односу на своју дужину, репрезентативна просечна ширина би требала да буде узета у обзир. Избочине у влакнима, као оне које понекад ствара смола, би требале да буду игнорисане. У случају дилеме, као референтну вредност за ширину треба узети $<3 \mu\text{m}$. Влакна која су прилепљена (или наизглед прилепљена) не фиброзним влакнима би требала да буду процењивана као да честица не постоји; у сваком случају, само дужина видљивог дела влакна се узима у обзир, а не део који није јасан (изузев када се влакно које пролази кроз честицу може видети као непрекидано).



Слика 9. Примери примене правила за бројање влакана: правило које се односи на случајеве када се крајеви налазе у пољу посматрања и примери раздвојених влакана.

- Раздвојено влакно се дефинише као агломерат влакана који на једној или више тачака своје дужине изгледају као чврсте и неподељене целине али се на другим местима стиче утисак да су подељени на снопове.

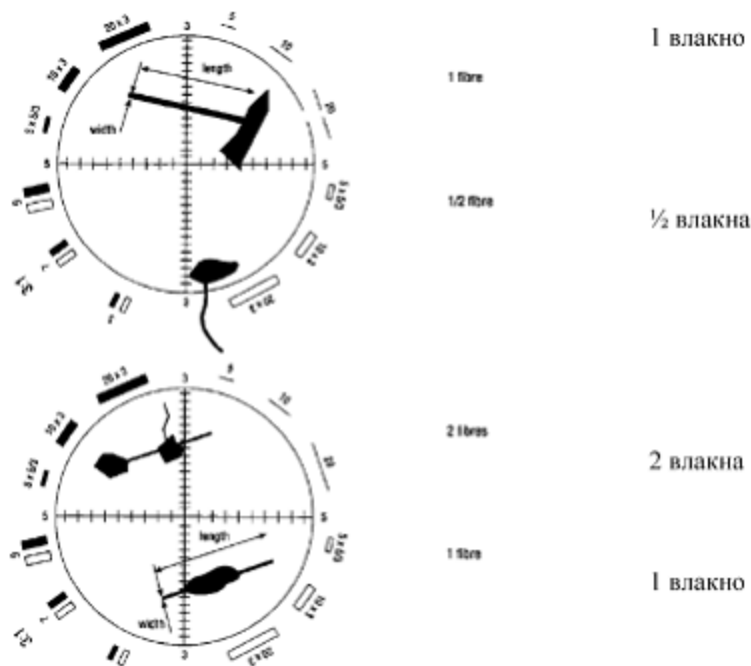


Слика 10. Примери примене правила за бројање влакана: груписана влакна

Раздвојена влакна би требало третирати као појединачна влакна. Ширина раздвојеног влакна се мери дуж неподељеног дела, а не у раздвојеном делу. Када се неколико влакана појави у некој групи, влакна би требала да буду процењивана као одвојена влакна уколико се могу лако разликовати. Када формирају групу у којој се не могу лако разликовати, ту групу би требало игнорисати уколико не задовољава димензије за бројиво влакно, и у том случају се рачуна као 1 влакно.

- Правила о одабиру поља и одбацивању описана у одељку 3.2.3. би требала да се примењују.

- Најмање се мора пребројати 100 влакана или испитати 100 поља окулара. Међутим, влакна морају бити пребројана у најмање 20 поља окулара, чак и ако она садрже више од 100 влакана.



Слика 11. Примери примене правила бројања влакана: влакна у контакту са честицама

3.2.4. Израчунавање концентрације влакана

(а) За сваки појединачан узорак, концентрација влакана у ваздуху се добија на следећи начин:

$$c = \frac{A \cdot N}{a \cdot n \cdot r \cdot t}$$

где је c = концентрација (влакана \cdot ml^{-1})
 A = ефективна површина филтера (mm^2)
 N = укупан број пребројаних влакана
 a = површина мерне скале окулару (mm^2)
 n = број испитаних поља окулару
 r = проток ваздуха кроз филтер ($\text{ml} \cdot \text{in}^{-1}$)
 t = временско трајање узорковања за појединачни узорак (min)
 Алтернативно, може се користити и следећа формула:

$$c = 10^3 \cdot \frac{D^2 \cdot N}{d^2 \cdot n \cdot v}$$

где је c = концентрација (влакана \cdot ml^{-1})
 D = пречник изложеног поља филтера (mm)
 N = укупан број пребројаних влакана
 d = пречник мерне скале окулару (μm)
 n = број испитаних поља окулару

v = запремина узоркованог ваздуха (l)

(б) Када је узето у обзир неколико узорака различитих трајања, просечне концентрације мерене у односу на време (C_{twa}) су дате кроз формулу:

$$c_{twa} = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{\sum t_i} = \frac{c_1 \cdot t_1 + c_2 \cdot t_2 + \dots + c_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

где је C_{twa} = просечна концентрација мерена у односу на време (vlakana · ml⁻¹)

c_i = концентрација појединачног узорка (vlakana · ml⁻¹)

t_i = трајање узорковања појединачног узорка (мин)

$\sum t_i$ = сума трајања узорковања (мин)

$\sum C_i \cdot t_i$ = сума производа c_i и t_i

n = укупан број узорака

Уколико су трајања узорака једнака, просечна концентрација (c_a) може бити добијена из поједностављене једначине:

$$c_a = \frac{\sum C_i}{n} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n}$$

где је c_a = просечна концентрација (vlakana · ml⁻¹)

c_i = вредност концентрације појединачног узорка (vlakana · ml⁻¹)

$\sum c_i$ = сума концентрација узорака (vlakana · ml⁻¹)

n = укупан број узорака

(ц) Просечна концентрација за реалан период рада (смена) може бити добијена на различите начине. Уколико временско трајање узорковања кореспондира са трајањем смене, концентрација влакана израчуната из горе наведеног (а) даје концентрацију која представља просечну сменску концентрацију (c_{sa}). Уколико је временско трајање узорковања краће од трајања смене, а узорак се сматра репрезентативним за читаву смену, просечна сменска концентрација једнака је концентрацији тог узорка. Уколико је узето неколико узастопних, консекутивних, узорака, а при томе је укупно временско трајање узорковања једнако трајању смене, просечна концентрација узорака по смени се рачуна у складу са једном од једначина (б) наведених горе, у зависности од тога да ли су временска трајања узорковања једнака или не. Уколико је неколико узорака узето насумице током трајања смене и ако је укупно временско трајање узорковања мање од трајања смене, просечна сменска концентрација може бити израчуната као и у случају наведеном горе (б), под условом да се може претпоставити да су узорци репрезентативни за целу смену.

(д) Да би се упоредила просечна сменска концентрација са граничном вредности експозиције које су дате за утврђени референтни период (обично 8 сати), ако је смена дужа или краћа у односу на утврђен референтни период, просечна сменска концентрација мора бити помножена одређеним фактором (f). Ово прилагођавање даје хипотетичку концентрацију којој би радник, чије је трајање смене једнако утврђеном референтном периоду, требао бити изложен да би се добио еквивалентан ниво излагања. Ова хипотетичка концентрација се назива еквивалентна концентрација (C_{cq}) и рачуна се на следећи начин:

$$C_{cq} = F \cdot C_{sa}$$

где је

$$f = \frac{\text{трајање реалног периода рада (смена) изражене у сатима}}{\text{трајање утврђеног референтног периода изражено у сатима}}$$

Пример 1

Утврђен референтни период = 8 h

Реални период рада (смена) = 12 h

Просечна сменска концентрација (c_{sa}) = 1.2 vlakana · ml⁻¹

$f = 12/8 = 1.5$

$c_{cq} = 1.5 \cdot 1.2 = 1.8 \text{ vlakana} \cdot \text{ml}^{-1}$

Пример 2

Утврђен референтни период = 8 h

Реални период рада (смена) = 5 h

Просечна сменска концентрација (c_{sa}) = 1.2 vlakana · ml⁻¹

$f = 5/8 = 0.625$

$c_{cq} = 0.625 \cdot 1.2 = 0.75 \text{ vlakana} \cdot \text{ml}^{-1}$

4. Тачност, прецизност и доња граница мерења

4.1. Тачност

Пошто није могуће сазнати "праву" концентрацију влакана у датој количини прашине, апсолутна тачност описане методе не може бити процењена. Међутим, познати су различити фактори који утичу на испитивање узорка.

Микроскописти у начелу бележе мање вредности за густе и веће вредности за оскудне узорке прашине. Када се влакна узоркују у атмосфери релативно сиромашној интерферирајућим честицама, распон густине узорка за оптималну тачност је између 100 и 1000 vlakana · mm⁻²; за густине изнад ове резултати могу бити потцењени док за ниже густине резултати могу бити прецењени. Ипак, не треба вршити никакве корекције. Резултати изван оптималног распона би требали да буду пријављени као резултати мање тачности.

У срединама у којима постоји више од једне врсте влакна, присуство различитих врста влакана или честица може ометати тачност резултата. Случајна суперимпозиција нефиброзних честица може проузроковати да се влакно не обрачуна у целини већ делимично, пропорционално средњој величини и концентрацији интерферирајућих честица. У пракси, ефекти случајне суперимпозиције на резултате бројања су мали у поређењу са интериндивидуалним разликама микроскописта и нису значајни за правила описана у овом методу.

Процедура бројања која се користи може довести до разлика у резултатима до којих су дошли различити микроскописти у оквиру исте лабораторије, а чак и чешће између лабораторија. Такве разлике би требале да буду сведене на минимум одговарајућом

обуком према препорученој процедури, интерном контролом квалитета и провером оспособљености (погледати одељак 5).

4.2. Прецизност

Фактори који доприносе недовољној прецизности су: анализа релативно малог дела површине филтера и варијабилна дистрибуција влакана на површини (статистичка варијација), постојања различитих спецификација метода (систематска варијација) и могућности настанка разлика у бројању од стране различитих микроскописта (субјективна варијација). Систематска и субјективна варијација могу бити редуковане усаглашавањем метода који се користе, обуком особља, обезбеђивањем услова да лабораторије учествују у провери оспособљености и спровођењем тестова интерне контроле квалитета (погледати одељак 5). Чак и када је све примењено, статистичке варијације су неизбежни извор грешака. У овом методу, статистичка варијација зависи од укупног броја влакана која се броје и једнообразности дистрибуције влакана на филтеру.

Дистрибуција влакана на филтеру може се апроксимирати Poisson-овим моделом дистрибуције. Теоретски, процес рачунања насумице дистрибуираних (Poisson) влакана даје коефицијент варијације (ЦВ) једнак $(\sqrt{N})^{-1} \times 100$, где је N број пребројаних влакана. Коефицијент варијације ЦВ је отуда 10% за 100 влакана и 32% за 10 влакана. У Табели 1 је представљен теоретски ЦВ за различите бројеве пребројаних влакана, узимајући у обзир само статистичке варијације.

Међутим, у пракси је реални ЦВ већи због додатне компоненте варијације која је повезана са субјективним разликама у бројању влакана микроскописте појединца као и између различитих микроскописта. Табела 2 даје типичне ЦВ у оквиру лабораторије где је у примени задовољавајућа схема контроле квалитета и где се броји N влакана.

Из Табеле 2. се може видети да бројање више од 100 влакана даје само мало побољшање у погледу прецизности. Такође, ове методе губе прецизност са смањењем броја пребројаних влакана; губитак прецизности се убрзава упоредо са смањењем броја пребројаних влакана испод 10.

Табела 1. Коефицијенти варијације за дистрибуцију влакана према методи Poisson

N	ЦВ (%) на основу Poisson-ове дистрибуције
5	45
7	38
10	32
20	22
50	14
80	11
100	10
200	07

Табела 2. Типични коефицијенти варијације у оквиру лабораторије

N	Типични ЦВ (%)	90% границе поверења средњих вредности код поновљених одређивања	
		Доња	Горња

5	49	2.0	11.0
7	43	3.2	14.0
10	37	5.1	18.5
20	30	11.7	33.2
50	25	33	76
80	23	53	118
100	22	68	149
200	21	139	291

Међулабораторијски ЦВ могу бити два пута већи од унутарлабораторијских ЦВ, или чак већи уколико је контрола квалитета оскудна. Просечни међулабораторијски ЦВ за више од 100 влакана достиже до 45% за лабораторије које дају задовољавајуће резултате у провери оспособљености.

Правила бројања назначена у овом методу су формулисана тако да минимализују субјективне одлуке и оптимализују прецизност и с тим у вези, од њих се очекује да имају користан утицај на унутарлабораторијску као и међулабораторијску прецизност.

4.3 Доња граница мерења

Грешке постају велике када је број влакана која су предмет бројања мали. Из Табеле 2. се може видети да прави средњи износ за 10 влакана у односу на 100 поља окулара даје износ од 5 влакана или мање у око 5% случајева. То је највећи прихватљив износ за празан филтер; стога је разумљиво да 10 влакана по 100 поља окулара буде сматрано као најнижи ниво мерења влакана изнад "позадинске" контаминације. Овај ниво кореспондира густини влакана филтера од око $13 \text{ влакана} \cdot \text{mm}^{-2}$; таква мера је приближна и има 90% границе поверења од око 6.5 и $23.5 \text{ влакана} \cdot \text{mm}^{-2}$. Најнижа мерљива концентрација у ваздуху зависи од запремине узорка и ефективне површине филтера. На пример, овај ниво ($13 \text{ влакана} \cdot \text{mm}^{-2}$) кореспондира са $0.02 \text{ влакана} \cdot \text{mm}^{-1}$ за узорак од 240-литара и ефективну површину филтера од 380 mm^2 .

Ова анализа узима у обзир само унутарлабораторијску прецизност. Одступање и међулабораторијске разлике могу даље умањити поузданост резултата за ниске густине (и ниске концентрације) и даље подићи доњу границу мерења.

5. Осигурање квалитета

Резултати добијени методом мембранских филтера су поуздани само уколико је коришћен свеобухватан програм осигурања квалитета. Потребно је следити одредбе публикације о Општим захтевима за техничку компетентност лабораторија које врше анализе (ISO, 1990). Схеме националне акредитације засноване на захтевима ове публикације су установљене у многим земљама, а у неким су назначени додатни захтеви за мерење влакана (на пример НАМАС, 1989).

Од суштинске важности је да они који учествују у узимању узорака или евалуацији влакана у ваздуху не буду само корисници валидираног метода већ и да прођу одговарајућу обуку и редовне евалуације. Таква обука и евалуација могу захтевати присуство на прописаним курсевима, било у оквиру сопствене организације било на националном нивоу. Овлашћеним службеницима може бити наложено да имају или да раде под надзором лица које има релевантну формалну квалификацију; такво особље би требало да има одговарајуће искуство.

Есенцијални део гаранције квалитета је вршење провера бројања, због великих разлика у резултатима добијеним у оквиру и између лабораторија које користе визуелно

бројање. Лабораторије које користе препоручени метод би требале да учествују у националној и међународној схеми провере стручности и вештина како би се минимализовале међулабораторијске варијације. Међународна схема тестирања стручности је тренутно предвиђена као допуна овој методи. Микроскописти би требало, такође, да учествују у унутарлабораторијским проверама бројања. Међулабораторијска размена и верификација узорака може додатно допунити напоре интерне контроле квалитета.

Две врсте провере бројања би требале да буду примењене у лабораторији: бројање сталних, карактеристичних референтних узорака и дупло бројање рутинских узорака. Лабораторија би требала да на одговарајући начин одржава скуп референтних узорака који обухвата широк дијапазон влакана и материјала из мноштва рутинских извора узорака. Ови референтни узорци би требали да буду евалуирани периодично (на пример 4 узорка месечно) од стране свих микроскописта а износи би требали да буду упоређивани са референтним износима добијеним на истим узорцима. Референтни износ обично произилази из претходних бројања и може, на пример, представљати средњу вредност за најмање 15 претходних визуелних бројања. Резултате сваког микроскописте требало би вредновати у односу на дефинисане критеријуме за задовољавајући учинак (ови критеријуми би требали да буду строжији него они у схемама провере оспособљености). Поред тога, дефинисана фракција рутинских узорака у лабораторији (на пример 1 у 10) би требала да буде поновно израчуната од стране другог аналитичара када год је могуће, а разлика између износа упоређена са критеријумима за задовољавајући учинак. Уколико резултати превазиђу прихватљиво одступање, могући разлози би требали да буду истражени и предузете корективне акције. Требало би систематски чувати записе о контроли квалитета.

Референце:

ACGIH (1991) Exposure assessment for epidemiology and hazard control. Cincinnati, OH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

ACGIH (1995) Air sampling instruments, 8th ed. Cincinnati, OH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

AIHA (1991) A strategy for occupational exposure assessment. Fairfax, VA, American Industrial Hygiene Association.

BOHS (1993) Sampling strategies for airborne contaminants in the workplace. Leeds, H & H Scientific Consultants (British Occupational Hygiene Society Technical Guide, No. 11).

Burdett GJ (1988) Calibration of low temperature ashers for etching mixed esters of cellulose fibres for TEM analysis of asbestos. London, Health and Safety Executive (unpublished document IR/L/DI/88/08, available on request from Health and Safety Laboratory, Health and Safety Executive, Broad Lane, Sheffield, S. Yorks, England).

CEN (1995) Workplace atmospheres: guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy. Brussels, European Committee for Standardization (Publication No. EN689).

Crawford NP (1992) Literature review and proposed specifications for a WHO recommended method (membrane filter method) for determining airborne fibre concentrations in workplace atmospheres. Geneva, World Health Organization (unpublished document, available on request from Occupational Health, World Health Organization, 121 1 Geneva 27, Switzerland).

EEC (1983) Council directive of 19 September 1983 on the protection of workers from the risks related to exposure to asbestos at work. Official journal of the European Communities, L263:25-32.

ILO (1990) Safety in the use of mineral and synthetic fibres. Geneva, International Labour Office (Working document and report of the Meeting of Experts on Safety in the Use of Mineral and Synthetic Fibres, Geneva, 17-25 April 1989).

ISO (1993) Air quality-determination of the number concentration of airborne inorganic fibres by phase contrast optical microscopy-membrane filter method. I S O 8672:1993. Geneva, International Organization for Standardization.

ISO (1990) General requirements for the technical competence of testing laboratories. Geneva, International Organization for Standardization (ISO Guide No. 25).

Le Guen JMM, Rooker SJ, Vaughan NP (1980) A new technique for the scanning electron microscopy of particles collected on membrane filters. *Environmental science and technology*, 14: 1008-1 01 1.

Mark D (1974) Problems associated with the use of membrane filters for dust sampling when compositional analysis is required. *Annals of occupational hygiene*, 17:35-40.

NAMAS (1989) Asbestos analysis-accreditation for fibre counting and identification by the use of light optical microscopy. Teddington, England, National Measurement Accreditation Service (NAMAS Information Sheet No. 11, 2nd ed.).

NIOSH (1977) Occupational exposure sampling strategy manual. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH Publication No. 77-173).

NIOSH (1994) NIOSH manual of analytical methods, 4th ed. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health.

WHO (1985) Reference methods for measuring airborne man-made mineral fibres. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe (Environmental Health Report No. 4).

Повезане теме

AIA (1988) Reference method for the determination of airborne asbestos fibre concentrations at workplaces by light microscopy (membrane filter method). London, Asbestos International Association (AIA Recommended Technical Method No. 1).

ARC (1971) The measurement of airborne asbestos dust by the membrane filter method. Rochdale, England, Asbestos Research Council (Technical Note No. 1).

ANOHSC (1988) Asbestos: code of practice and guidance notes. Canberra, Australian National Occupational Health and Safety Commission.

Hawkins NC, Norwood SK, Rock JC, eds. (1991) A strategy for occupational exposure assessment. Akron, OH, American Industrial Hygiene Association.

HSE (1988) Man-made mineral fibres: airborne number concentration by phase-contrast light microscopy. London, Health and Safety Executive (Methods for the Determination of Hazardous Substances, No. 59).

HSE (1990) Asbestos fibres in air: light microscope methods for use with control of asbestos at work regulations. London, Health and Safety Executive (Methods for the Determination of Hazardous Substances, No. 39/3).

IARC (1988) Man-made mineral fibres. Lyon, International Agency for Research on Cancer (IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 43).

ILO (1984) Safety in the use of asbestos: ILO code of practice. Geneva, International Labour Office.

Leidel NA, Busch KA, Lynch JR (1977) Occupational exposure sampling strategy manual. Cincinnati, OH, National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH Publication No. 77-173).

NAMAS (1992) Accreditation for asbestos sampling. Teddington, England, National Measurement Accreditation Service (NAMAS Information Sheet No. 24).

OSHA (1990) Asbestos in air. Salt Lake City, UT, Occupational Safety and Health Administration (OSHA Method ID-160).

Анекс 1

Статички мониторинг

Статички мониторинг се користи за процену ефективности техника за контролу процеса, откривање извора контаминације, утврђивање "background" концентрације влакана итд. и не даје репрезентативну вредност личне изложености. Узорци прикупљени на фиксираним локацијама, на пример, изван области скидања и затварања (енкапсулације) азбеста и унутар просторија за деконтаминацију, ради надзора чишћења након процеса скидања и затварања азбеста и унутар зграда или бродова који садрже азбест се називају статички узорци и чине основу статичког мониторинга. Ова врста узорака се често врши када постоји висока пропорција влакана

другачијих од оних које су од превасходног интереса или честица које су у складу са дефиницијом влакна датој у одељку 3.2.3. Такве интерференције могу изазвати проблеме у тумачењу резултата добијених овом методом, што може бити решено само прибављањем информација о саставу влакана коришћењем других метода (на пример електронском микроскопијом).

Параметри и методологија назначени за персонално (лично) узорковање се у начелу односе и на статички мониторинг. Главне разлике су наведене у следећој дискусији.

Узимање узорака

Узорци се узимају на фиксираним локацијама. Глава узоркивача би требала да буде постављена на сталак, обично 1-2 m изнад нивоа пода, а поклопац окренут на доле, тако да омогући слободно струјање ваздуха око улаза. При постављању узоркивача водити рачуна о позицији и односима са локалним изворима прашине или чистог ваздуха. Унакрсно струјање ваздуха од више од $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ може умањити укупан број прикупљених влакана.

Брзина протока

Репрезентативна брзина протока би требала да буде у распону $0.5-16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.

Брзине протока су обично више за статичко узорковање него за персонално (лично) узорковање. Поред наведеног распона, треба напоменути да је утврђено да је ефикасност узорковања (кризотил) независна од брзине протока.

Правило престанка бројања

Требало би пребројати 100 влакана или испитати 200 поља окулару у зависности шта прево наступи. Међутим, требало би да влакна буду пребројана у најмање 20 поља окулару.

У многим ситуацијама статичког мониторинга неопходно је да се изврши инспекција 200 поља окулару.

Уколико се статички мониторинг користи у мерењу азбеста у ваздуху, на пример у сврху смањења количине азбеста и стога се врше упоређивања са индикатором чистоће, може бити неопходно да се изврши евалуација 200 поља окулару или преброји 100 влакана. На пример, ако 30 влакана у 200 поља указује на концентрацију од $0.015 \text{ влакана} \cdot \text{ml}^{-1}$ (а индикатор чистоће је $0.010 \text{ влакана} \cdot \text{ml}^{-1}$), могуће је одмах пријавити да је облога, која је примењена за смањење изложености азбесту, незадовољавајућа чим се изброји 30 влакана, иако се испитивало свега неколико поља.

Правило о престанку бројања и минималној укупној запремини узорка је обично такво да је број влакана пребројаних у близини вредности типичних индикатора чистоће испод доње границе препорученог распона густине за оптималну тачност и прецизност или чак испод границе детекције ове методе. С тим у вези, процене концентрације често могу бити само приближне вредности. Граница детекције зависи од количине узорка и требала би да је предочена од стране лабораторије заједно са њеним резултатима. На пример, ако претпоставимо да је количина узорка 480 литара, ефективна површина филтера 380 mm^2 и да се испитује 200 поља окулару, граница детекције је $0.010 \text{ влакана} \cdot \text{ml}^{-1}$. Резултат бројања чија је вредност испод ове границе не би требало да се бројчано представља, већ само као $<0.010 \text{ влакана} \cdot \text{ml}^{-1}$.

Анекс 2

Карактеризација влакана

Ова публикација описује метод за бројање влакана који не врши диференцијацију између врста влакана. Иако познавање материјала који се користе у процесу даје

смернице шта би могли да испитујемо у узорцима ваздуха, једине технике које дозвољавају научно утврђивање врсте влакна присутног у узорку се заснивају на различитим врстама микроскопије. У одабиру аналитичке методе и лабораторије, потребно је размотрити неколико фактора. Примењена техника би требала да буде способна да изврши дискриминацију између врста влакана у узорку и требало би да је врши искусан аналитичар. Било би пожељно да аналитичар буде свршени студент геологије, хемије, природних наука или сличне дисциплине, са најмање две године искуства са одговарајућим методама анализе влакана. Важно је проценити протокол осигурања квалитета лабораторије, који би требао да се обухвати, када је то могуће, учешће у екстерном програму тестирања оспособљености.

Овде наведене методе су развијене за азбест и друге минерале или неорганска влакна. Најјефтинија и најдоступнија техника за карактеризацију влакана је микроскопија са поларизованим светлом (ПЛМ), који може бити коришћен за идентификацију многих врста влакана све док су та влакна шира од 1 μm . Технике електронске микроскопије су много скупље и могу бити коришћене да пруже додатне информације по потреби. Скенирајућа електронска микроскопија (СЕМ), заједно са анализом енергетско-дисперзивног детектора X-зрака (EDXA), могу у начелу бити коришћени да се утврди елементарни састав влакана ширини од 0.2 μm . Најскупља метода, аналитички трансмисиона електронска микроскопија (ТЕМ), је опште призната као најтачнија техника за карактерисање неорганских влакана и може бити коришћена да пружи хемијске и структуралне информације за влакна ширине до 0.01 μm . Трошкови ТЕМ анализе су отприлике већи од трошкова ПЛМ или ПЦОМ; што се тиче СЕМ, трошкови су између ова два претходно наведена метода.

Методe применљиве за влакна у ваздуху

Микроскопија са поларизованим светлом

За влакна шира од 1 μm , ПЛМ техника може бити коришћена за евалуацију оптичких својстава појединачних влакана. Публиковане су следеће методе карактеризације влакана посредством ПЛМ:

Method 9002. Asbestos (bulk): by polarized light microscopy, 2nd ed. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1994 (available from NIOSH, 4676 Columbia Parkway, Cincinnati, OH 45226, USA).

Test method for the determination of asbestos in bulk building materials (EPA/600/R-93/116). Washington, DC, Environmental Protection Agency, 1993 (available from EPA, 401 M Street SW, Washington, DC 20460, USA).

Test method: interim method for the determination of asbestos in bulk insulation samples (EPA/600/M4-82/020). Washington, DC, Environmental Protection Agency, 1982 (available from EPA, 401 M Street NNj, Washington, DC 20460, USA).

Asbestos in bulk materials: sampling and identification by polarised light microscopy (PLM). London, Health and Safety Executive, 1994 (Methods for the Determination of Hazardous Substances, No. 77; available from HSE Books, P.O. Bodž 1999, Sudbury, Suffolk, CO10 6FS, England).

Скенирајућа електронска микроскопија

За рутинске анализе, СЕМ омогућава добру визуелизацију морфологије влакана до ширине од око 0.05 μm , у зависности од метода који се користи. Поред тога, анализатор енергетско-дисперзивног детектора X-зрака може бити употребљен да се одреди елементарни састав влакана чија је ширина већа од око 0.2 μm . Натријум и лакши елементи се, у начелу, не могу пратити посредством СЕМ/ЕДХА. Детаљна анализа узорака прикупљених на мембранским филтерима није могућа због нестабилности медијума филтера; стабилнији медијум филтера нпр. поликарбонатни филтери би требали стога да буду коришћени уколико се предвиђа испитивање СЕМ.

Публиковане су следеће методе карактеризације влакана посредством СЕМ:

Methods of monitoring and evaluating airborne man-made mineral fibres: report on a WHO consultation. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1981 WHO Regional Office for Europe, Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen 0, Denmark).

Method RTM2. Paris, Asbestos International Association (available from MA, 10 rue de la Pepinik-e, 75008 Paris, France).

Method for the separate determination of asbestos and other inorganic fibres: raster electron microscopic method (ZHI/120/46). Sankt Augustin, Germany, Federation of Industrial Injuries Insurance Institutions, 1991 (available from Federation of Industrial Injuries Insurance Institutions, Alte Heerstrasse 11 1,53757 Sankt Augustin, Germany).

Трансмисиона електронска микроскопија

Употреба уређаја ТЕМ омогућава карактеризацију појединачних влакана која могу бити ширине до 0.01 μm . На располагању су две моћне квалитативне технике: дифракција електрона (ЕД), која омогућава да се утврди честична структура кристала и (као и код СЕМ) ЕДХА, која омогућава да се утврди елементарни састав појединачних влакана. У комбинацији са ЕД и ЕДХА, ТЕМ је посебно користан за идентификацију неорганских кристалних влакана и у начелу, пружа најпотпунију могућу идентификацију. За некристалне неорганске материјале, ТЕМ је сличан скенирајућем електронском микроскопу (СЕМ) у погледу сензитивности. Генерално, ТЕМ се не користи за квалитативну анализу органских материјала. Припрема узорака за ТЕМ је сложенија него за СЕМ.

Публиковане су следеће методе карактеризације влакана посредством ТЕМ:

Ambient air determination of asbestos fibres: direct transfer transmission electron microscopy method. Geneva, International Organization for Standardization, 1991 (available from International Organization for Standardization, 1 rue de Varembe, 1211 Geneva 20, Switzerland).

Method 7402. Asbestos: by transmission electron microscopy, 2nd ed. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1994 (available from NIOSH, 4676 Columbia Parkway, Cincinnati, OH 45226, USA).

Interim transmission electron microscopy analytical methods: mandatory and non-mandatory; and mandatory section to determine completion of response actions. Washington, DC, Environmental Protection Agency, 1987 (Code of Federal Regulations, 40, Part 763, Appendix A to subpart E; available from EPA, 401 M Street SW, Washington, DC 20460, USA).

Методе које се примењују код масивних материјала

Дифракција рентгенских зрака (XRD)

У анализи XRD, узорак масивних материјала је изложен снопу рентгенских зрака и мери се угао дифракционог зрачења. Ова техника омогућава утврђивање кристалне структуре минералних једињења.

Публиковане су следеће методе карактеризације влакана посредством XRD:

Method 9000. Asbestos (chrysotile): by X-ray diffraction. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1994 (available from NIOSH, 4676 Columbia Parkway, Cincinnati, OH 45226, USA).

Test method for the determination of asbestos in bulk building materials (EPA/600/R-93/116). Washington, DC, Environmental Protection Agency, 1993 (available from EPA, 401 M Street SW, Washington, DC 20460, USA).

Хемијска анализа

Неке хемијске анализе су биле коришћене да укажу на присуство извесних елемената или функционалних група у узорцима масивних материјала, али те методе не праве разлику између влакана и других материјала са истим хемијским својствима. Комерцијално доступни аналитички китови могу да открију присуство магензијума (кризотил) и гвожђа (амфиболни азбест). Други тестови могу бити коришћени за детекцију вештачких органских влакана.

Публиковане су следеће методе карактеризације влакана посредством хемијске анализе:

Test for screening asbestos. Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health, 1979 (Publication No. 80-110; available from NIOSH, 4676 Columbia Parkway, Cincinnati, OH, 45226, USA).

Апсорпција инфрацрвеним зрацима (ИР)

Ова техника показује само могуће присуство извесних функционалних група у компонентама које се анализирају и не могу бити разликоване између влакана и других материјала са истим хемијским својствима. Резонантна апсорпција ИР зрачења мери вршне "peaks" вредности које су индикативне за различите функционалне групе. Та техника може бити корисна у идентификовању извесних органских влакана.

Публиковане су следеће методе карактеризације влакана посредством апсорпције инфрацрвеним зрацима:

Method for the determination of chrysotile and amphibole forms of asbestos (ZHI/120/30). Sankt Augustin, Germany, Federation of Industrial Injuries Insurance Institutions, 1985 (available from Federation of Industrial Injuries Insurance Institutions, Alte Heerstrasse 11 1, 53757 Sankt Augustin, Germany).

Анекс 3

Списак учесника на завршном састанку

Женева, 31. јануар-2. фебруар 1994.

Dr M. C. Arroyo, National Institute of Occupational Health and Safety, Baracaldo, Spain

Dr P. Baron, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, USA
(Co-rapporteur)

Mr P. Buchanan, Luxembourg (representing the European Commission)

Mr P. Class, Rueil-Malmaison, France (representing the European Ceramic Fibres Industry Association)

Ms R. Cosca-Sliney, University Institute of Medicine and Occupational Hygiene, Lausanne, Switzerland

Dr N. P. Crawford, Institute of Occupational Medicine, Edinburgh, Scotland (Rapporteur)

Dr G. W. Gibbs, Winterburn, Alberta, Canada (representing the International Commission on Occupational Health)

Mrs B. Goelzer, Occupational Health, World Health Organization, Geneva, Switzerland
(Secretary)

Mr F. I. Grunder, American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, USA

Mr S. Houston, International Fibre Safety Group, Montreal, Canada

Dr E. Kauffer, National Institute of Research and Safety, Vandoeuvre, France

Professor S. Krantz, National Institute of Occupational Health, Solna, Sweden

Professor Y. Kusaka, Department of Environmental Health, Fukui Medical School, Fukui, Japan

Dr J. LeBel, Asbestos Institute, Sherbrooke, Quebec, Canada

Dr M. Lesage, International Labour Office, Geneva, Switzerland

Professor M. Lippman, Department of Environmental Medicine, New York University, Tuxedo, NY, USA

Dr A. Marconi, Istituto Superiore di Saniti, Rome, Italy

Dr M. I. Mikheev, Chief, Occupational Health, World Health Organization, Geneva, Switzerland

Dr T. K.-W. Ng, Occupational Health, World Health Organization, Geneva, Switzerland

Mr G. Perrault, Quebec Research Institute for Health and Occupational Safety, Montreal, Canada

Mr A. L. Rickards, Rugby, England (representing Asbestos International Association)

Dr G. Riediger, Sankt Augustin, Germany (representing the European Committee for Standardization)

Dr H. U. Sabir, Occupational Health and Safety Institute, Ankara, Turkey

Mrs M. M. Teixeira Lima, Brasilia, Brazil (representing the National Foundation for Occupational Health (Fundacentro))

Professor F. Valic, Zagreb, Croatia (representing the International Programme on Chemical Safety)

Mr R. A. Versen, Littleton, CO, USA (representing the Thermal Insulation Manufacturers Association)

Dr N. G. West, Health and Safety Executive, Sheffield, England (Chairman)