

# Polycykliska aromatiska kolväten vid vägtekniska undersökningar

- Utredning av befintlig PAH-problematik, ett  
underlag för val av undersökningsstrategi



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Institution: Teknik och samhälle. Avdelning: Trafik och Väg

Examensarbete:  
Flamur Rexhepi  
Louise Samuelsson

© Copyright Flamur Rexhepi, Louise Samuelsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2021

## Sammanfattning

På uppdrag från Trafikverket har en utredning om PAH-detektering inom vägteknik genomförts för att kunna ge förslag på hur de bör utforma ett kommande undersökningsprogram.

Polycykliska aromatiska kolväten, PAH, är en grupp organiska föreningar som är en del av vägtjära. Vägtjära användes som bindemedel i asfaltsbeläggningar i Sverige under nästan 50 år, fram tills 1973. Flera PAH har visat sig vara cancerogena vilket resulterat i ett antal restriktioner och riktlinjer uppkommit för hur tjärasfalt ska hanteras. Det finns i dagsläget dock ingen tydlig metod för detektering av PAH i vägöverbyggnader, vilket medför ökad osäkerhet för PAH-analyser.

För att få en djupare förståelse i ämnet har både en litteraturstudie samt intervjuer med kunniga personer i branschen genomförts. Vilket sedan resulterat i förslag på förbättringar för Trafikverkets undersökningsstrategi och laboratorieanalyser. Huruvida återvinning är något som bör rekommenderas för tjärhaltig asfalt i denna undersökningsstrategi har också utretts. Intervjuerna har utförts med personer från alla led i PAH-detekteringen, projektering, provtagning, provberedning och den kemiska analysen.

Grunderna för en väl genomförd provtagning baseras på förarbetet. Mycket vikt bör läggas på historisk data för att se om vägen riskerar innehålla farliga halter av PAH, samt var i vägöverbyggnaden dessa kan befinna sig. En kombination av att tidigt i projekteringsprocessen genomföra översiktliga PAH-tester samt att i ett senare skede genomföra kompletterande provtagning för PAH, anses som det optimala tillvägagångssättet vid PAH-detektering. Metoder för laborationsanalyser och hanteringen av borkärnor behöver standardiseras för att minska risken att resultaten särskiljer sig beroende på vem som genomför arbetet. Ett väldokumenterat arbete är också väsentligt för att spårning av PAH-analyserna ska vara möjlig i processens alla led. Detta är av extra vikt för att minimera risken för att rena massor går till deponi.

Nyckelord: Laboratorieanalys, PAH, provberedning, provtagning, stenkolstjära, undersökningsstrategi, vägteknik, återvinning.

## Abstract

An investigation regarding PAH detection in road pavements has been put together as an assignment from Trafikverket. The purpose of this investigation is to put forward suggestions about how they should shape their upcoming research program.

Polycyclic aromatic hydrocarbon, PAH, is an organic chemical compound which is found in road tar. Road tar was used as a bonding agent in asphalt pavements in Sweden for almost 50 years, until 1973. Several PAHs have shown to be carcinogenic which has resulted in several restrictions and guidelines being set forth on how tar asphalt should be handled. There is as of today no obvious method for PAH detection in road constructions, which have led to increased uncertainty for PAH analysis.

In order to develop a greater understanding of the subject, both a literature study and interviews with knowledgeable people in the industry has been conducted. Which resulted in propositions on improvements for Trafikverkets survey strategy and laboratory analysis. Whether recycling is something that ought to be recommended for tarry asphalt in this survey strategy have also been investigated. The interviews have been conducted with people working in different phases of the PAH detection. This involves people associated with planning, sampling, sample preparation and the chemical analysis.

The preparatory work is essential for a well-executed sampling. A lot of emphasis should be placed on the historical data to detect if there is likely to contain dangerous levels of PAH, and where in the road construction the health-hazardous PAH groups may be. A combination of conducting a comprehensive PAH test in the early stages of the planning process and with a more complementary sampling for PAH at a later stage is considered the optimal method for PAH detections. Methods for the management of drill cores and how laboratory analysis should be implemented ought to be standardised in order to reduce the risk of the results being differentiated depending on who is executing the work. A well-documented work is fundamental to trace the results of the PAH analysis along the way. This is of extra importance to minimize the risk of clean masses going to landfill.

**Keywords:** Coal tar, laboratory analysis, PAH, recycling, research strategy, road technology, sample preparation, sampling

## Förord

Detta examensarbete har utförts under våren 2021 och omfattar 22,5 högskolepoäng inom programmet för byggteknik med inriktning på väg- och trafikteknik.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare Per Viktorsson och Mattias Linde på Trafikverket och vår handledare på LTH, Sven Agardh, som varit till stor hjälp under arbetets gång.

Vi vill även rikta ett stort tack till alla branschkunniga som bidragit till större förståelse i ämnet och trevliga pratstunder. Utan er hjälp hade detta arbete inte kunnat utföras. Tack till:

Inger Broberg Kemi, WSP  
Katarina Ekblad, Skanska  
Johan Englöf, Sweco  
Geir Eriksen, Sweco  
Jonas Halvarsson, Eurofins  
Susann Henriksson, Trafikverket  
Sara Häller, Sweco  
Anders Norin, Ramböll  
Mika Nittymäki, Sweco  
Sonja Olofsson, Svevia  
Virgilio Perez, Ramböll  
Mikael Sandin, Eurofins  
Martin Wiström, Ramböll

Lund, juni 2021

Louise Samuelsson och Flamur Rexhepi

## Ordlista

**16-PAH** – totala mängden av de 16 PAH som klassas som vanligast förekommande och anses vara cancerogena.

**Adsorbera** – när ett ämne fastnar på ytan av ett fast material eller en vätska.

**Antropogena** – processer eller effekter som kan härledas till mänsklig aktivitet.

**Biotillgänglighet** – står för den del av föreningarna i ett material som kan tas upp av levande organismer.

**Diffundera** – när ett ämne sprider ut sig eller tränger allt längre in i det organiska materialet det är bundet med.

**Fragmentera** – sönderdela.

**Halveringstid** – Den tid det tar för en given mängd av ett visst ämne att minska till hälften av sitt ursprungliga värde.

**Kolloider** – ett mycket finfördelat ämne i ett annat medium, i detta fall av löst organiskt kol.

**Retentionstid** – den tid det tar för ett ämne att passera igenom en kolonn.



5.3 Återvinningshänsyn .....	30
6 Slutsatser .....	33
6.1 Förslag på undersökningsstrategi .....	33
6.2 Förbättringar av laboratorieanalyser .....	33
6.3 Återvinningshänsyn .....	33
7 Vidareutveckling.....	35
Referenser .....	36
Bilaga 1 – E2-bilagan tillhörande undersökningsprogrammet .....	39
Bilaga 2: Frågeformulär för provtagning .....	40
Bilaga 3: Frågeformulär för laboratorium.....	41



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Under nästan 50 år användes stenkoltjära som bindemedel i asfaltsbeläggningar. I början på 70-talet började användandet av stenkoltjära upphöra då det visat sig sprida ämnen farliga för människan vid uppvärmning och 1973 slutade det att användas helt. Detta har resulterat i att många vägar i Sverige idag har lager längre ner i överbyggnaden som innehåller stenkoltjära. Stenkoltjära, eller vägtjära som det ofta kallades när det användes i vägbeläggningar, innehåller flera ämnen inom gruppen polycykliska aromatiska kolväten som är skadliga för både hälsan och miljön (Jacobsson & Granvik, 2003). Detta då de har visat sig vara cancerogena eller kunna orsaka skador på arvsmassan (Naturvårdsverket, 2020). De är även mycket giftiga för vattenlevande organismer (Jacobson & Bäckman, 2002).

Polycykliska aromatiska kolväten, PAH som det fortsatt kommer att förkortas i rapporten, är en grupp organiska föreningar som alltid förekommer i olika mängd i vägtjära. Vid analyser av PAH undersöks främst de 16 som anses vara mest farliga för hälsan och miljön. Av dessa 16 så räknas sju av dem, de med högre molekylvikt, som cancerogena. Sedan den 1 januari 2002 klassas dessutom upprivet vägmateriel som innehåller  $\geq 0,1\%$  cancerogena ämnen som farligt avfall (Perhans, 2003). Detta har gjort återvinning av asfalt mer komplicerat, men också orsakat höga krav på undersökningen av befintliga vägar om åtgärder planeras för dem. Som det ser ut idag sker provtagning för detektering av PAH i flera steg, där flera aktörer ofta är inblandade. Råd för hur provtagning av PAH bör gå till finns (Vägverket, 2004; Hermelin, 2014), men denna beskriver inte vilka prover eller delar av prover som ska skickas in på laboratorium eller hur proverna ska hanteras i laboratoriet vad gäller till exempel provberedning eller analysmetod.

För att lösa denna problematik har Trafikverket beslutat att ett undersökningsprogram med avseende på PAH ska tas fram (Viktorsson, 2021). Programmet ska tydliggöra hur undersökningsstrategin för PAH ska se ut och om återvinning av tjärhaltiga beläggningar är att rekommendera. Denna rapport ämnar ge råd på hur undersökningsstrategin bör se ut, utifrån vad de kunniga inom branschen säger och vad vetenskapliga studier kopplade till ämnet visat. I undersökningsstrategin ska det även ges råd för hur återvinning av massor förorenade med PAH bör tas hänsyn till. Hur laboratorieanalysen går till och om den kan förbättras ska också utredas.

## 1.2 Problemställning

Hur ska laborationsanalysen genomföras? Hur ska provpunkterna fördelas samt vilka materiallager ska skickas vidare till laborationen? Hur ska resultatet tolkas?

Det finns i dagsläget ingen tydlig metod som förekommer vid detektering av PAH. Tillvägagångssättet är olika för alla konsulter som undersöker PAH-halten i väguppbyggnaden, vilket ökar risken för felkällor och på så sätt även osäkerheten för PAH-analyser. Vad är rätt och fel? Det finns riktlinjer från Trafikverkets dokument, *Hantering av tjälhaltiga beläggningar – 2004:90*, men detta är ett gammalt dokument och sedan dess har andra myndigheter kommit med riktlinjer som skiljer sig från dessa (Naturvårdsverket, 2020). Detta gör att PAH-detekteringen genomförs på olika sätt och därav presenteras skilda resultat beroende på vem som genomför undersökningen. Olika laborationsanalyser ger varierande resultat, och olika sätt att genomföra provtagningen påverkar PAH-halten som laborationsanalysen ger svar på.

Gränsen för PAH-halten då asfalten behöver skickas på deponi varierar mellan kommunerna och Trafikverket. Aktörerna har inga bestämda riktvärden och därför tolkas resultaten på PAH-värden olika för alla projekt som utförs. Liknande värden på PAH kommer kräva olika åtgärder då varje kommun i dagsläget kan sätta egna riktvärden, vilka kan bli väldigt varierande beroende på vilket politiskt ställningstagande kommunen har i frågan (Viktorsson, 2021).

## 1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är följande.

- Att ge förslag på hur ett kommande undersökningsprogram för detektering av PAH bör utformas av Trafikverket.
- Att beskriva hur laborationsanalysen av PAH går till.
- Att ge förslag på hur laborationsanalysen kan förbättras.
- Att föreslå en undersökningsstrategi för detektering av PAH och huruvida återvinning av tjärhaltiga beläggningar är att rekommendera i strategin.

## 1.4 Avgränsningar

För PAH finns flertalet analysmetoder att tillgå, i denna rapport kommer dock endast de som kan vara relevanta för provtagning av asfalt, och med hänsyn till vägteknik och återvinning av asfalt, att beskrivas.

I kapitlet ”Återvinning av asfalt” beskrivs det inte hur de metoder som anses lämpliga för återvinning av tjärhaltiga beläggningar går till. Dessa går i stället att läsa om i Vägverkets skrift *Handbok för återvinning av asfalt* från 2004 (Westergren, 2004).



## 2 Beskrivning av arbetsmetoder

Det huvudsakliga arbetet för framställandet av denna rapport har bestått av de intervjuer som genomförts med experter inom området. För att kunna förstå ämnet och dess problematik bättre utfördes inledningsvis en litteraturstudie.

För litteraturstudien erhöles från Trafikverket de rapporter och dokument de i dagsläget använder vid beslutsfattande om hur tjärhaltiga beläggningar ska tas hand om, hur PAH-detektering bör gå till och när återvinning är lämpligt. Vid litteraturstudien användes även databaserna Google scholar, Google och LUB search för att få djupare förståelse för ämnet. På dessa databaser användes sökord som: PAH, PAH detektering, PAH spridning, GC-MS, flamjoniseringsdetektor, gaskromatograf, generella riktlinjer förorenad mark, vägprovtagning, stenkolstjära och vägtjära.

Intervjuerna genomfördes löpande under våren 2021, i cirka en månads tid, med flera experter inom olika områden som berör utredning av PAH i asfalt. Projektledare, konsulter, provtagare och medarbetare på laboratorium från olika företag och i olika delar av landet intervjuades främst med hjälp av digitala möten. Inför intervjuerna utformades två frågeformulär, ett för provtagning och ett för laboratorieanalys (se Bilaga 2 och 3). Dessa skickades ut i förväg till de som skulle intervjuas. För projektering intervjuades Inger Broberg Kemi (Teknikansvarig vägteknik/uppdragsledare, WSP), Susann Henriksson (Miljöspecialist, Trafikverket), Sara Häller (Sweco), Mika Nittymäki (Projektör, Sweco), Virgilio Perez (Specialist/uppdragsledare, Ramböll) och Martin Wiström (Vägspecialist, Ramböll). Specifikt för själva provtagning intervjuades Geir Eriksen (Teknikansvarig/uppdragsledare Sweco) och Anders Norin (Ramböll). I samband med detta intervjuades även Sonja Olofsson (Platschef division industri/lab, Svevia) om förberedande provberedning, till exempel spraytest med UV-lampa inomhus och lukttest efter uppvärmning, som kan utföras innan borrhörens skickas vidare till laboratorier. Vidare intervjuades Katarina Ekblad (Kvalitetssamordnare, Skanska), Johan Englöf (Biträdande gruppchef/analytisk kemist/kvalitetsansvarig, Sweco), Jonas Halvarsson (Analytisk kemist, Eurofins) och Mikael Sandin (Production Business Unit Manager, Eurofins) angående hur borrhörens tas hand om och analyseras på laboratorier. Safe Control Materialteknik tillfrågades men hade tyvärr inte möjlighet att medverka i en intervju.

I startskedet av examensarbetet planerades det att studiebesök skulle genomföras på både laboratorium och ute på fält med en provtagare. Tyvärr gick det inte att besöka några laboratorier på grund av rådande omständigheter i Covid-19 pandemin. Fältbesöken hos provtagarna kunde dessvärre inte heller

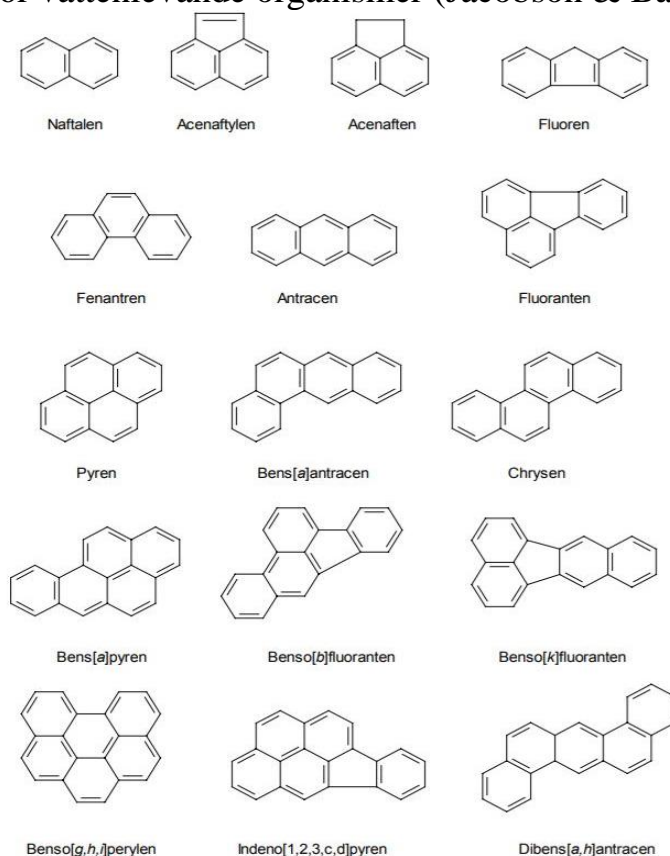
samordnas då de inte hade några planerade provtagningar i tillräcklig närhet för att vara möjliga att besöka under den tidsram som examensarbetet pågick.

### 3 Nulägesbeskrivning

För att få en bättre förståelse för hur och varför PAH-detektering, riktlinjer och riktvärden ser ut som de gör undersöktes den litteratur och de studier som belyser ämnena. Först undersöktes vad PAH är mer allmänt och hur det bildas respektive sprids. Sedan följer ett kapitel med varför PAH finns i dagens vägnät. Efter detta beskrivs mer om hur dagens detektering av PAH i vägöverbyggnaden ser ut, vilka riktlinjer och förordningar som måste tas hänsyn till, återvinning av tjärhaltiga beläggningar samt slutligen hur Trafikverkets undersökningsprogram för PAH-detektering ser ut.

#### 3.1 Vad är PAH?

PAH är en grupp organiska föreningar av kol och väte som är uppbyggda av två eller fler bensenringar. I Figur 1 listas de 16 vanligaste PAH-föreningarna. De bildas främst vid ofullständig förbränning av organiskt material och flera av dem är farliga för både människan och miljön. PAH-föreningarna har dålig löslighet i vatten då de är opolära, men de är fettlösliga. Då de är fettlösliga kan de ta sig genom cellmembran, där de sedan under metabolismen omvandlas till molekyler som hos vissa av PAH-föreningarna visat sig kunna orsaka cancer (Perhans, 2003). De kan även orsaka förändringar på arvsmassan (Naturvårdsverket, 2020). Dessa föreningar har även visat sig vara mycket giftiga för vattenlevande organismer (Jacobson & Bäckman, 2002).



Figur 1: De 16 vanligaste PAH-föreningarna, med dess strukturformler Källa: (Perhans, 2003).

### 3.1.1 Uppdelning av PAH samt deras påverkan

PAH brukar delas upp efter deras molekylvikt i tre klasser:

- PAH-L där de sex med lägst molekylvikt ingår, vilka är: naftalen, acenaftilen, acenaften, flouren, fentantren och antracen.
- PAH-M där flouranten och pyren ingår.
- PAH-H där de sju med högst molekylvikt ingår, vilka är: chrysen, bens[*a*]pyren, benso[*b*]flouranten, benso[*k*]flouranten, benso[*g*, *h*, *i*]perylen, indeno[1, 2, 3, *c*, *d*]pyren och dibenso[*a*, *h*]antracen.

Detta är viktigt att ha i åtanke då molekylvikten är det som påverkar deras fysikaliska och kemiska egenskaper. PAH-L är flyktiga PAH med kort halveringstid, medan PAH-H kan ha halveringstid på månader upp till år beroende på vilken miljö de befinner sig i. Det är de sju PAH-H som är de som visat sig vara cancerogena (Perhans, 2003).

### 3.1.2 Bildning av PAH

PAH bildas främst vid ofullständig förbränning av organiskt material (Engwall & Larsson, 2009). I vissa fall har även material innehållande PAH bildats genom flera miljoner års förmultning av skogar, detta gäller bland annat stenkol (Lövblad & Grennfelt, 1977). De kan naturligt bildas vid till exempel skogsbränder eller vulkanutbrott, men den största källan till PAH idag är från mänsklig verksamhet. Några antropogena källor som är kända idag är bilavgaser, tobaksrökning samt förbränning av ved, olja, sopor och kol asfalt (Engwall & Larsson, 2009; Perhans, 2003). I vägöverbyggnader finns så kallad stenkolstjära vilket beskrivs mer om i kapitel 3.2 Stenkolstjära i asfalt.

### 3.1.3 Spridning av PAH

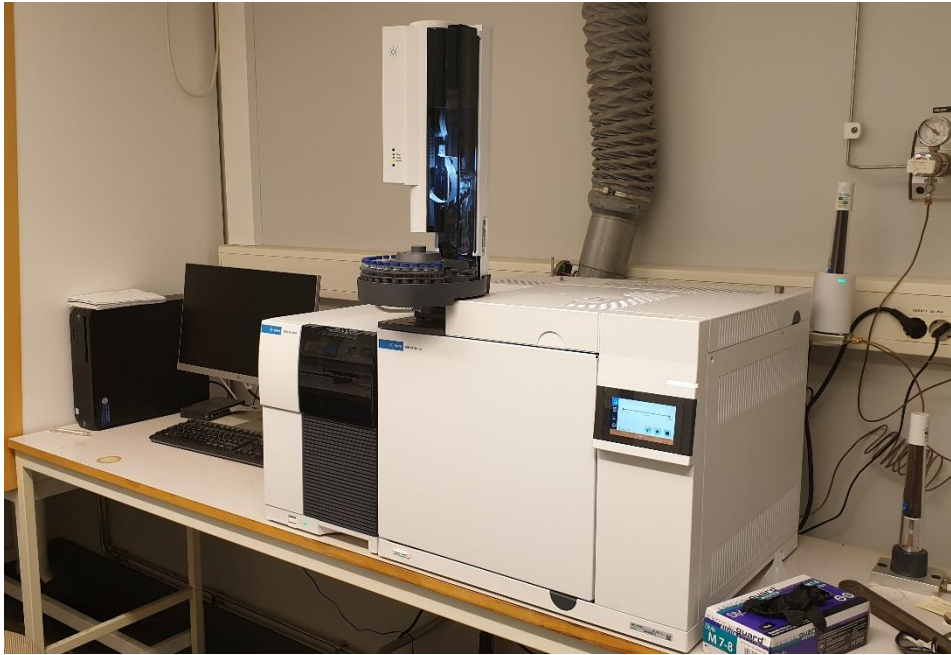
Hur PAH sprids i naturen beror till stor del på deras egenskaper. Eftersom de lättare PAH-föreningarna är flyktigare och mer vattenlösliga, kan de lättare spridas i mark och grundvatten. Det betyder också att de förångas snabbare vid upphettning. Dessa PAH är även, såvida de är i gasform, nedbrytbara i luften. De tyngre PAH-föreningarna förekommer främst adsorberade till partiklar i luften eller bundna till sediment i mark. Detta gör att de är svårnedbrytbara och kan färdas långt i atmosfären, men också ligga kvar länge i marken bundna till partiklar. Urlakningen och nedbrytbarheten av de bundna PAH-föreningarna blir med tiden allt svårare på grund av att det åldras. Det betyder i princip att PAH sprider ut sig eller tränger allt längre in i det organiska materialet det är bundet med, vilket kallas diffundera (Engwall & Larsson, 2009). Åldringen gör att de blir svårare för levande organismer att ta upp PAH-föreningen. Men generellt brukar PAH från jord tas upp av människor och djur genom vatten eller mat, vid hudkontakt samt vid inandning av damm och ånga (Engwall & Larsson, 2009).



Hur spridning av PAH från vägöverbyggnader kan ske förklaras i kapitel 3.2.3 Spridning och utlakning av PAH från vägar.

#### 3.1.4 Analysmetoder för att mäta PAH-nivåer

När PAH-halter ska analyseras finns flera metoder att tillgå. Två metoder som rekommenderas som standard att användas vid analys av PAH är GC-MS, gaskromatograf masspektrometer, eller GC med efterföljande HPLC, högupplösande vätskekromatografi (Svenska institutet för Standarder, Statens geotekniska institut, 2017). Hur en GC-MS ser ut illustreras i Figur 2. När någon av dessa två analysmetoder utförs finns standarder från Svenska Institutet för Standarder för hur den kemiska analysen ska gå till. Dessa är inte tvingande att använda utan något som företagen kan välja att använda för att göra det tydligare för de i branschen vad som ingår i deras tjänster (Svenska institutet för Standarder, 2021). Enligt Svenska institutet för Standarder och SGI (Svenska institutet för Standarder, Statens geotekniska institut, 2017) rekommenderas för GC-MS analysen att standarden SS-ISO 18287:2008 *Markundersökningar - Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) - Gaskromatografisk metod med masspektrometrisk detektion (GC-MS)* används och för analys med GC och efterföljande HPCL att ISO 13859:2014 *Slam, behandlat bioavfall och mark - Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) med gaskromatografi (GC) och högupplösande vätskekromatografi (HPLC)* används. I kortfattade drag ska GC-MS analysen enligt standarden börja med att provet först löses upp i två vätskor, sedan torkas extraktet som finns kvar och analyseras sedan i gaskromatografen där masspektrometrin detekterar nivåerna av olika PAH (Swedish Standard Institute, 2008). Detta fungerar på liknande sätt för båda metoderna, men vid själva detekteringen måste det användas olika lösningsmedel beroende på om PAH-nivåerna detekteras med MS eller HPLC (ISO, 2014). En tredje metod som kan användas vid analys av PAH är gaskromatograf med flamjoniseringsdetektor, också kallad GC-FID. En flamjoniseringsdetektor sönderdelar kolföreningarna i gasen och skapar joner, vilka ger upphov till en ström som detektorn mäter. Detta gör att den mäter den totala mängden organiskt bundet kol, men inte de olika fraktionerna för sig. Denna metod är bra då den kan identifiera ett brett spektrum av kolväteföreningar, men gör den mer ospecifik vid identifiering av enskilda föreningar (Statens geotekniska institut, 2017).



Figur 2: En modell av GC-MS. Källa: Johan Englöf, Sweco

En masspektrometer mäter kvoten mellan fragmentjonernas typiska massa och laddning och plottas mot retentionstid, den tid det tar för ett ämne att passera igenom en kolonn. Detta instrument kan ställas in i två lägen, SCAN-mod eller SIM-mod (selected ion monitoring), där den sistnämnda har fördelen att den har en lägre detektionsgräns men detekterar då enbart vid den kvot som ställs in. SCAN-mod detekterar i stället vid alla kvoter. Detta är viktigt att tänka på då det gör att det endast är SCAN-mod som ger resultat som generellt skulle kunna jämföras med ett resultat från en GC-FID. Det är dock viktigt att ha i åtanke att eftersom resultaten erhålls med olika detektorer så kommer resultaten ifrån dessa två metoder inte alltid vara identiska (Statens geotekniska institut, 2017).

Ett annat sätt att analysera PAH på är genom att undersöka dess biotillgänglighet eller spridningsförmåga, vilket gör att prover av både material från själva vägöverbyggnaden och från jord vid sidan av vägen kan utföras (Kumpiene, 2019). Biotillgänglighet står för den del av föroreningarna i ett material som kan tas upp av levande organismer (Engwall & Larsson, 2009). Detta finns flera metoder att använda för att analysera detta. En nyare metod som visat hög tillförlitlighet för uppmätning av PAH-halter är genom att använda något som kallas POM-metoden (Kumpiene, 2019). Med denna metod används en passiv provtagare av polyoxymetylen (POM) för att kunna mäta vad som är fritt löst i vattnet och detta utan att få med bidrag från partiklar och löst organiskt kol. Denna metod använder sig av porvatten för att kunna bedöma biotillgängligheten av PAH i jordar eller annat material (Tillberg, et al., 2019).

## 3.2 Stenkolstjära i asfalt

Asfaltsbeläggningar slits bort och läggs om successivt runt om i Sverige. Upp till 2 miljoner ton tas årligen bort samt återvinns till ny asfalt eller i obundna lager. Äldre vägar kan dock innehålla stenkolstjära. Sedan år 2002 har stenkolstjära klassats som farligt avfall ifall materialet innehåller halter av de cancerogena ämnen som överstiger 0,1% (Jacobsson & Granvik, 2003).

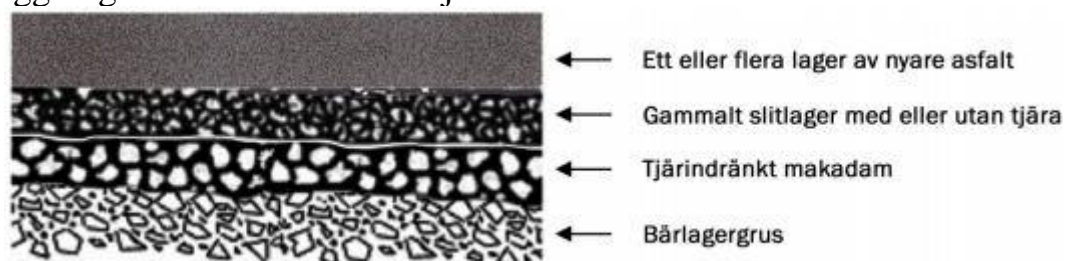
I Sverige upptäcktes år 1970 att stenkolstjära vid uppvärmning gav upphov till ämnen som är farliga för människan, kort därefter minskade användningen av stenkolstjära fram till 1973 då det upphörde totalt. Stenkolstjära användes som bindemedel i asfaltsbeläggningar i över 50 år, än idag finns flera olika lager med inslag av stenkolstjära som skapar problem vid ombyggnationer av vägnätet (Jacobsson & Granvik, 2003).

Stenkolstjära erhålls som en restprodukt vid upphettning av stenkol utan lufttillträde. Stenkolstjäran som då innehåller vatten, lätta och tunga oljor, beck och fritt kol destilleras för att få bort vattnet samt dela på de olika elementen. Ett av dessa element som delas är vägtjära som har använts i vägbeläggningar (Jacobsson & Granvik, 2003).

### 3.2.1 Var finns vägtjära?

Vägtjära har förut använts till både slit- och bärlager men de tjärbundna lagren förekommer främst som indränkt makadam i bärlager. Innan användningen av stenkolstjära upphörde var det vanligt att grusvägar belades med en ytbehandling som innehöll tjära. Det kan även förekomma tjocka lager av tjärbetong i vägnätet (Jacobsson & Granvik, 2003).

I dagsläget däremot upptäcks tjärbeläggningar längre ner i beläggningskonstruktionen, oftast de nedersta lagren, eftersom vägarnas slitlager har lagts om sedan användningen av stenkolstjära fullständigt upphörde 1973. Se Figur 3 nedan för ett exempel på hur beläggningskonstruktioner med tjära kan se ut.



Figur 3: Exempel på beläggningskonstruktioner som innehåller tjära i de undre lagren. Illustration: (Jacobsson & Granvik, 2003).

Följaktligen uppstår det inga problem när det sker normala beläggningsunderhåll. Det är först när vägens beläggning ska tas bort eller

djupfråsas som de tjärhaltiga ämnena kan följa med i beläggingsmaterialet (Jacobsson & Granvik, 2003).

### 3.2.2 PAH i stenkoltjära

Under 70-talet upptäcktes det att stenkoltjära innehåller ett antal ämnen som är både hälso- och miljöfarliga. En grupp av ämnen som uppkom i stenkoltjära är de 16 ämnena som PAH representerar. Föroreningsgraden för stenkoltjära mäts idag av PAH-halten, eftersom det är svårt att bestämma halten tjära i beläggingsmaterialet där tjäran har blandats ihop med bitumen (Jacobsson & Granvik, 2003).

### 3.2.3 Spridning och utlakning av PAH från vägar

Flera undersökningar har gjorts på vilken spridningsgrad PAH från vägar har. Två vanliga orsaker till spridning är vatten och att tjärhaltiga massor blandats med jordlager under vid infräsning (Kumpiene, 2019).

Vad gäller utlakning av PAH från vägar så har flera undersökningar gjorts, och alla visar att utlakningen från tjärhaltig asfalt är liten. Det som verkar påverka hur mycket som lakas ut är främst hur mycket organiskt material och kolloider, löst organiskt kol, som finns i lakvattnet. Molekylvikten påverkar också, d.v.s. hur stor PAH-molekylen är, vilket betyder att de i grupp PAH-L lättare lakas ut än de i PAH-H (Perhans, 2003). Däremot finns ingen större korrelation till hur mycket som lakas ut i jämförelse med totalhalten PAH i materialet (Engwall & Larsson, 2009; Perhans, 2003).

Spridning av PAH från vägar sker inte i någon högre utsträckning. Detta beror dels på att utlakningen av PAH är liten, dels för att massorna ofta är skyddade från vatten i vägkonstruktionen. Undersökningar som har gjorts där provpunkter på olika delar vid vägens sidoområden provats, har visat att PAH som återfinns vid dessa områden verkar komma från flera andra källor och inte bara från tjärasfalten. Det kan också vara av intresse att veta hur mycket av de uppmätta värdena som är biotillgängliga. När dessa tester utförts har det visat sig att halterna biotillgängligt PAH kan vara mycket lägre än de totala halterna PAH i provet, vilket till exempel kan påverka om områden måste saneras eller ej (Perhans, 2003).

## 3.3 Metoder för detektering

Detekteringen av PAH i väguppbyggnaden genomförs olika beroende på vem som det är som utför arbetet. Detekteringen av PAH följer tre steg. Först analyseras vägens historia för att se om vägen är byggd före 1973 och därmed kan innehålla stenkoltjära. Därefter planeras och genomförs provtagning, där

det tas ett borrhprov i asfalten som sedan analyseras med enklare metoder på plats och därefter främst skickar vidare de prover som visar tecken på att innehålla tjära till laboratorium. Slutligen på analyslaboratoriet kan en kemisk analys genomföras på provet som visar vilka halter PAH det innehåller (Vägverket, 2004).

### 3.3.1 Analysering av vägens historia

Eftersom PAH främst uppkommer från stenkoltjära går det att ganska enkelt veta vilka vägar som riskerar innehålla PAH, då användningen av stenkoltjära upphörde 1973. Detekteringen av PAH påbörjas därför med att historiska data analyseras för att reda ut när de olika lagren i vägkonstruktionen är lagda.

Det finns olika verktyg och program som kan användas vid analysering av vägen. Trafikverkets PMSv3, är ett exempel på ett sådant verktyg som används för att få information om vägens beläggningar (Trafikverket, 2021). Äldre dokument samt flygfoto används också för att se om det finns beläggningar med stenkoltjära (Vägverket, 2004). Eniro och den nationella vägdatan, NVDB, är exempel på webbplatser som används av projektledare som söker historisk information om vägar runt om i Sverige (Eniro, 2021; Nationell vägdatan, 2021). Lantmäteriets webbsida innehåller information om hela Sveriges geografi som är nyttigt för analysering av vägens historia (Lantmäteriet, 2021).

### 3.3.2 Provtagningsmetoder

För kunna bedöma om någon del av vägkonstruktionen faktiskt innehåller PAH så ska det borraras upp prover ur vägen som ska undersökas. Detta utförs med speciell borrhrustning som är monterad på en lastbil, se Figur 4. Borrkärnan som tas upp varierar i storlek mellan 100–150 mm beroende på vem som genomför provtagningen. Vid fullständig vägprovtagning är borrdiametern 300 - 350 mm. Vid vissa fall används denna stora asfaltspuck för PAH detekteringen. Sedan görs ett test för PAH, oftast med spray och UV-lampa, men kan också testas med en så kallad tjärpistol. (Vägverket, 2004).





Figur 4: Lastbil med borrhutrustning monterad. Källa: Sven Agardh, Ramböll.

Spraytestet genomförs med en vit lösningsmedelsbaserad färg som sprayas på provet, se exempel på Figur 5. Om det förekommer PAH ändras den vita färgen till en gulare nyans. Färgskillnaden kan uppmärksammas utan UV-lampa i de flesta fall, dock syns det tydligare med en UV-lampa (Vägverket, 2004).



Figur 5: Borkärna med vit lösningsmedelsbaserad sprayfärg. Källa: Sven Agardh, Ramböll.

Tjärpistolen är en varmluftspistol med en luftpump monterad. Tjärpistolen värmer upp asfalten tills den släpper ut gaser som sedan sugas in i pumpen. Utifrån gaserna som tjärpistolen sugit in ges ett färgutslag. Tjärpistolen indikerar endast om provet innehåller PAH eller inte. Tjärpistolen används inte längre eftersom gaserna som släpps ut anses vara farliga (Kaijser, 2002).

### 3.3.3 Laborationsanalys

För att kunna bedöma halten av varje enskilt PAH behöver en laborationsanalys utföras på provkroppen. Innan den kemiska analysen kan genomföras måste provet provberedas. Det krossas då ner så att den maximala kornstorleken är 20 mm. Provmängden bör, enligt norm SS-EN 932-1 *Ballast – Generella metoder – Del 1: Metoder för provtagning*, vara 3–5 kg. Provet

analyseras vanligast genom GC-MS med avseende på 16-PAH, totala summan av de 16 PAH-föreningarna. Resultatet redovisas i mg/kg TS (torrsubstans), enheten mg/kg är samma som ppm (parts per million). Det har dock visat sig svårt att analysera PAH i asfalt, det har vid studier av olika resultat visat sig att osäkerheten i analysvaren kan ligga upp mot 30% (Vägverket, 2004).

På analyslaboratorium kan bland annat så kallad kryomalning användas för att sönderdela asfalt. Vid kryomalning används flytande kväve för att göra provet poröst och enklare att sönderdela och homogenisera (Eurofins, 2019).

### 3.4 Riktlinjer och förordningar för PAH

I dagsläget finns det flera olika riktlinjer och förordningar att förhålla sig till vid hantering av PAH. Trafikverket har sedan 2004 haft riktlinjer för hur tjärhaltiga massor ska hanteras beroende på vilken mg/kg TS som detekterats för totala summan av 16-PAH. Riktlinjerna säger i korta drag följande (Vägverket, 2004):

- Halter < 70 mg/kg TS betraktas som fria från PAH.
- Halter > 70 mg/kg TS betraktas som PAH förorenade. De får fortfarande återanvändas främst inom objektet som bundet eller obundet bärlager under ett tätt slitlager med kall eller halvvarm återvinningsmetod och så länge de ligger ovan grundvattenytan.
- Vid halter mellan 300–1000 mg/kg TS gäller striktare restriktioner för mellanlagring samt att massorna ej får återanvändas inom känsliga markområden.
- Vid halter > 1000 mg/kg TS ska särskild bedömning göras av massorna för att avgöra hur de ska hanteras.

På senare tid har Naturvårdsverket kommit ut med egna generella riktlinjer för förorenad mark, där de särskiljer värden för känslig mark (KM) och mindre känslig mark (MKM). Dessa anger i stället riktvärden för de olika grupperna PAH, och visas i Tabell 1.

Tabell 1: Naturvårdsverkets generella riktlinjer för vad som anses som förorenad mark, mätt i mg/kg TS (Naturvårdsverket, 2016).

Ämne	Känslig mark (KM)	Mindre känslig mark (MKM)
PAH-L	3	15
PAH-M	3,5	20
PAH-H	1	10

Sedan januari 2002 kan tjärasfalt även klassas som farligt avfall (Lindhall & Ulmgren, 2003). Tjärasfalt riskerar dock endast att bli farligt avfall först då

den är uppriven eller borttagen från befintlig väg (Vägverket, 2004). Här avgör dels hur stor vikt% cancerframkallande ämnen materialet innehåller. Generellt ligger gränsvärdet på 0,1 vikt%, som är samma sak som 1000 mg/kg PAH, för att det ska klassas som farligt avfall. Det kan enligt Kumpiene (2019, p. 2) fortfarande finnas en möjlighet för avfallsproducenter att kunna klassa avfallet som icke-farligt om ett godtagbart underlag kan framföras som visar att avfallet inte har några farliga egenskaper i det enskilda fallet. För att göra det möjligt krävs dock att en riskbedömning genomförs i varje enskilt fall, där det för tjärhaltig asfalt erfordrats ett underlag för dess verkliga ekotoxicitet.

Naturvårdsverket har även gett vägledning för avfallsklassificering på senare tid. Där anses tjärasfalt med halter över 300 mg/kg 16-PAH eller över 100 mg/kg av PAH-H klassas som farligt avfall (Naturvårdsverket, 2013). Det finns sedan 2020 även förslag från Naturvårdsverket på gränsvärden som asfalt inte får överstiga för att betraktas som enbart avfall. Enligt detta förslag får 16-PAH inte överstiga 70 mg/kg TS och halten benso[a]pyren får inte överstiga 50 mg/kg TS (Naturvårdsverket, 2020).

### **3.5 Återvinning av asfalt**

Det talas allt oftare om återvinning i samhället som stort, vilket därför även blivit aktuellt inom vägteknik även fast asfalt har regelmässigt återvunnits under än längre tid. Återvinning av de övre frästa lagren i vägkonstruktionen brukar med hänseende till tjärasfalt inte vara några problem eftersom de ofta är nyare och inte innehåller tjära. När större arbeten ska göras där det krävs djupfräsning blir det dock svårare om undersökningar av vägen visar att den innehåller PAH i undre lagret/lagren. Men sker återvinning med kallblandning som metod och till de obundna lagren kan även lager innehållande tjärasfalt användas, så länge det sker på plats. Detta då materialet innesluts och risken för urlakning på så sätt minimeras. På vissa platser kan det dessutom vara ett bättre alternativ än deponering (Westergren, 2004).

Det har av Trafikverket gjorts uppföljningar under en 10 årsperiod på vägar där tjärhaltig asfaltsbeläggning har återvunnits med kall- eller halvvarm återvinning och lagts som bundet bärlager under ett slitlager med ny asfalt. Där tydde provtagningarna på att transport av PAH från vägarna var mycket begränsad. De uppvisade PAH-halterna har med största sannolikhet berott på partikeltransport, till exempel under de år den äldre vägen nyttjades, och inte på grund av utlakning. I denna publikation nämns även att andra tester utomlands visar att mellanlagring av tjärasfalt inte är lämpligt såvida det inte skyddas från regnvatten. I annat fall ska det ligga på ett tätt underlag och eventuellt lakvattnet ska renas och kontrolleras innan det släpps ut. I



publikationen nämns även att det kan finnas risker för spridning av PAH i form av partiklar vid fräsning och även vid själva återvinningen, men att detta inte är helt utrett ännu (Enell, 2014).

### 3.6 Nuvarande undersökningsprogram

För att få bättre förståelse för vilken undersökningsstrategi Trafikverket i dagsläget tillämpar när ett undersökningsprogram ska upprättas intervjuades Per Viktorsson, specialist inom vägteknik på Trafikverket.

#### 3.6.1 Uppdragsbeskrivning för undersökningsprogrammet

När ett vägprojekt initieras hos Trafikverket finns flera riktlinjer och råd på hur projektledare, specialister inom miljö och vägteknik samt andra entreprenörer eller konsulter ska arbeta kring projektet. Då det gäller de vägtekniska undersökningarna så finns det bilagor med uppdragsbeskrivning för hur konsulterna som ska genomföra dem ska arbeta. Vid dessa undersökningar ska också risken för tjärhaltiga beläggningar bedömas. I bilagan beskriver Trafikverket följande riktlinjer för hur konsulten ska arbeta med de vägtekniska undersökningarna (Viktorsson, 2021). Här beskrivs kortfattat de riktlinjer som berör PAH-detektering i den ordning de ska utföras enligt Trafikverkets bilaga (Trafikverket, 2020):

1. Historiska data ska inventeras och bedömning av risk för tjärhaltiga beläggningar ska klargöras.
2. Underlag för ett undersökningsprogram ska skapas efter att en vägteknisk syn i fält och ett tekniskt möte, där lämplig ”målnivå” beslutas, har genomförts.
3. Förslag på fält- och laboratorieundersökningsprogram ska upprättas i enighet med det Trafikverket kallar E2-bilagan (som beskrivs närmre i 3.6.2 Vad är E2-bilagan?).
4. När ett förslag på undersökningsprogram skapats ska detta redovisas och godkännas av beställaren. Det ska innehålla en plan för var provpunkterna ska vara samt typ av undersökning, motiv till provpunkterna och en tidplan för när undersökningarna ska genomföras.
5. Vid fält- och laboratorieundersökningarna ska samtliga beläggningsprover sparas och förvaras på lämplig plats tills uppdraget är slutfört. Analyser ska genomföras av laboratorium lägst certifierade enligt SS-EN ISO 9001 *Ledningssystem för kvalitet - krav*.
6. Redovisningen av undersökningarna ska enligt detta dokument ske enligt Trafikverkets mall ”Markteknisk undersökningsrapport, MUR”.

### 3.6.2 Vad är E2-bilagan?

Till detta undersökningsprogram använder, som ovan nämnt, sig Trafikverket av en bilaga kallas E2-bilagan. Denna anger mängder och vilka undersökningsmetoder som konsulten bedömer lämpliga. I bilagan fyller konsulten i kolumner som avser uppskattningar av kostnader, antal prover samt annat som är aktuellt för undersökningen som genomförs. Beställaren redigerar bilagan så att den anpassas specifikt för uppdraget som anbudsgivaren ska genomföra. De rutor som anbudsgivaren ska fylla i markeras som gula. När anbudsgivaren fyllt i kostnader samt bedömd mängd erhålls en slutlig kostnad för arbetet som ska utföras.

Undersökningsprogrammet innehåller även anmärkningar som beskriver hur undersökningen ska genomföras för att underlätta arbetet för konsulterna eller entreprenörerna samt minska eventuella felkällor. I Bilaga 1 finns ett exempel på hur E2-bilagan kan se ut (Viktorsson, 2021).

Den data som rör provtagningar rörande PAH i vägöverbyggnaden fylls i under fliken för vägtekniska fältundersökningar, där beställaren fyller i antalet borrhprover medan anbudsgivaren fyller i kostnaderna för proverna som genomförs. Kostnaderna för borrhprovernas laborationsundersökningar skrivs in i nästa flik, laboranterna fyller i antalet laborationer som genomförts samt kostnaden för varje laboration. Slutligen erhålls det ett uppskattat pris för den totala kostnaden för både provtagningen samt laborationsanalysen av undersökningsprogrammet (Viktorsson, 2021).

## 4 Resultat

En sammanställning för vad som visat sig vara viktiga punkter under intervjuerna har genomförts i detta kapitel. I Bilaga 2 och 3 återfinns de frågeställningar som intervjuerna har grundats på.

### 4.1 Projektering och provtagning

Intervjuer genomfördes både med de som planerar provtagningen för att få reda på deras syn på hur själva förarbetet ser ut och problematik som finns kring det. Det gjordes även intervjuer med de som arbetar ute på fält med att göra själva provtagningarna.

#### 4.1.1 Projektering

Kunskap om vägens historik är grunden för PAH-detektering i väguppbyggnaden. Om vägen är byggd efter 1973 så är risken för att det finns farliga halter av PAH konstruktionen väldigt liten. Mängden provpunkter för PAH kan variera i hög grad beroende på när och hur vägen är byggd, vilket gör kännedom om historiska vägytedata väsentlig. Metoden att ta fram information om vägens historik bland de som har intervjuas särskiljer sig inte nämnvärt. De flesta använder sig av satellitbilder från sidor som Eniro där det går att jämföra hur vägen såg ut vid två olika tidpunkter. Även webbplatserna NVDB samt Trafikverkets verktyg, PMSv3, kan vara värdefulla för att ta reda på så mycket som möjligt om väguppbyggnaden. Projektledare brukar ha tillgång till gamla dokument som till exempel vägplaner, vilket kan ge information om när och hur vägen byggdes samt mycket mer.

Kostnader relaterade till PAH-detektering kan bli väldigt höga, de kan till och med bli en orsak till att ett projekt läggs ner om beräknad budget inte räcker till. Enligt de intervjuade har det hänt ett antal gånger att de tvingats lägga ner en vägombyggnation även om stora investeringar redan gjorts på projektering och planering av ombyggnationen redan är färdig. Detta har då berott på att det vid analys av vägkonstruktionen visat sig innehålla höga halter PAH som betyder att extra åtgärder, till exempel bortförsel av tjärasfalt för deponi, hade behövts för ombyggnationen. Kostnaderna för dessa extra åtgärder har då varit så höga att vägombyggnationen över huvud taget inte ansetts kunna genomföras och hela projektet i stället avbrutits. Det är mycket kostnader som i slutändan spenderas helt i onödan på grund av att PAH-frågan inte tagits tillräckligt allvarligt i ett tidigare skede. De flesta intervjuade tyckte därför att en mindre undersökning av PAH borde genomföras i ett så tidigt skede som möjligt för att öka chansen att kunna påverka åtgärderna för vägen. Det kan till exempel vara så att höga halter på PAH endast förekommer på den ena sidan av vägen på en vägsträcka där den planerade åtgärden är breddning, och

om då vetskapen om PAH-halterna detekteras tidigt så kan åtgärden planeras på sådant sätt att de kontaminerade massorna ej behöver röras.

En kombination av en översiktlig testning tidigt i projektet samt en mer kompletterande provtagning för PAH i ett senare skede hade kunnat spara på stora kostnader samt även undvika att projekt läggs ner efter att stora investeringar redan lagts ner på arbetet enligt de som intervjuades. E2 bilagan bedöms vara begränsad, samt att den medför att ändringar i arbetsprocessen blir väldigt svåra på grund av de överenskommelserna rörande kostnaderna i bilagan.

De intervjuade hade olika åsikter om var provpunkterna planeras i tvärled, det mest vanliga är att provpunkten sätts mellan hjulspåren för att påverka trafikanternas körning så lite som möjligt eftersom vägens kvalitet försämras där lagningen av hålet har skett. De hävdar även att provpunkter bör sättas parallellt på vägar med en bredd på 9 meter eller bredare för att säkerställa att det är samma konstruktion. I dessa fall bör en provpunkt placeras i körbanan samt en placeras i vägrenen. De som intervjuades var alla överens om att spårbarheten på proverna är oerhört viktig, då det avgör om resultatet på proverna kommer kunna tolkas på ett korrekt sätt i senare skeden.

Vad gäller återvinning av tjärhaltig asfalt tyckte de projektörer som tillfrågades att det bör undvikas i högsta möjliga mån. Det nämndes dock att det var problematiskt att besluta kring då beställarna i dagsläget använder sig av olika riktlinjer för hur tjärasfalt ska hanteras, vilket gör att varje fall kan behöva behandlas olika. Här nämns också att alla de olika riktvärden och gränsvärden som finns beskrivna från olika källor idag kan skapa otydligheter för hur tjärasfalt ska hanteras. Det anses dock vara ett ämne som är viktigt att belysa då det för vissa delar av Sverige är oerhört kostsamt att transportera bort tjärasfalt på deponi eller destrueras. Det som gör det genomförbart kostnadsmässigt på dessa platser är att avståndet till närmsta avfallsstation som kan ta vara på tjärasfalt är väldigt långt, vilket kan medföra kostnader på flera miljoner kronor.

#### 4.1.2 Provtagning

Efter att provpunkterna har placerats under projekteringsskedet ska provtagningen genomföras. Metoderna för hur provtagningen genomförs skiljer sig inte mycket runt om i Sverige. Den största skillnaden är efter att borrhönan har tagits ut och ska bearbetas innan den sedan skickas vidare till laboratoriet. Borrningen genomförs med en lastbil med borrhörustning monterad, vissa kallar den "Underlättaren". Borrhönan vid PAH-detektering varierar mellan 100–150 mm i diameter. Det kan hända att det finns inbyggda beläggningsslager, vilket innebär att det har vid ombyggnation endast lagts på

nya beläggningarna på de gamla i stället för att riva bort den befintliga. Då behöver det genomföras en vägprovtagning djupare ner i konstruktionen för att säkerställa att de undre lagren inte innehåller PAH. I de fallen behövs det oftast borra större hål med diametern 300–350 mm för att kunna komma åt de nedersta lagren i konstruktionen. När ”Underlättaren” borrar kyls borren med vattenånga för att inte hetta upp PAH-partiklarna i asfalten som vid högre temperaturer släpper ut gaser med cancerogena ämnen. Därefter ska ett snabbtest på borrkärnan genomföras för att se ifall det finns någon indikation på PAH. Enligt de som intervjuats från de företag som utför provtagningarna används spraymetoden. Tjärpistolmetoden är väldigt sällsynt och används inte i dagsläget hos de större företagen i Sverige. I stället sprayas det med en vit lösningsmedelsbaserad färg som ändras till en gulare nyans vid indikation av PAH. Färgförändringen syns tydligast i ett mörkt rum med en UV-lampa men kan även synas väl ute i fält vid höga PAH-halter.

Fortsättningsvis skiljer sig arbetssättet avsevärt mellan de olika aktörerna, vilket tyder på att det inte är uppenbart hur proverna ska skickas in till laboratorium. De flesta intervjuade är eniga om att proverna bör delas upp, mest PAH-kontaminerat för sig, men det är inte självklart att det har varit utfallet vid varje tillfälle. Det händer att hela borrkärnan skickas in till laboratoriet vilket sedan ger ett mer utspätt resultat. Andra skillnader i utförandet sker efter delningen av proverna, de flesta skickar endast den positiva delen. Det händer även att en positiv samt en negativ del skickas in för att sprayen inte anses vara fullständigt tillförlitlig. Proverna delas inte alltid på plats, vissa tar med sig proverna till en mer undersöksvänlig miljö och testar dem med spray och UV-lampa, genomför lukttest efter att försiktigt värmt upp provet till ca 50°C samt vid behov delar proverna innan de skickas vidare till laboratoriet. Proverna transporteras i en påse liggandes i en kartong till laboratoriet med speciella etiketter som tydliggör vart provet är taget samt vilka nivåer i lagret som provet är taget ur.

#### 4.1.3 Vilka felkällor anses finnas vid projektering och provtagning?

De intervjuade pekade mot olika felkällor som kan uppkomma, en felkälla som de alla höll med om och som kan uppkomma är bristande spårning av proverna. Det är lätt att vara slarvig med att dokumentera exakt vart proverna tagits samt vilka lager som har skickats till laboratoriet. Slarvet kan leda till att det blir svårt att veta exakt vilka lager som är fria från PAH samt vad som går att fräsas. Det har hänt att laboranterna inte haft tillräcklig information för att redovisa vilket materiallager som innehåller PAH och på så sätt blir resultatet svårtolkat eller till och med felaktigt. Det är därför viktigt att borrhålets läge, både i koordinater och i förhållande till vägen i sida, anges för att det i slutskedet ska vara tydligt vilka delar av vägen som går att återvinna. På så sätt finns även en chans att mängden som går till deponi kan minska.

De som delade proverna tyckte att den största felkällan ligger hos de som inte delar provet eftersom det kommer leda till ett utspätt resultat i laborationsanalysen. Andra tycker att sprayens tillförlitlighet är låg och att det kan leda till att de som endast skickar in den positiva provbiten kan missa att även den negativa provbiten kan innehålla höga halter av PAH. Ibland händer det att den makadam som finns längst ner i de bundna lagren inte följer med borrhöret efter borrhöret. Enligt de intervjuade är det väldigt viktigt att få med sig all makadam då det hör till beläggningen, och därmed är viktigt för att minska på felsäkerheten. Angående lukttest var alla de intervjuade enade om att det i princip borde vara förbjudet. De tyckte inte att det kändes rätt ur arbetsmiljöperspektiv eftersom PAH kan vara cancerframkallande.

## 4.2 Provberedning och laborationsanalys

Med provberedning avses det arbete som görs på laboratorium för att kunna genomföra den kemiska analysen. För att den kemiska analysen ska kunna genomföras behöver provet på något sätt malas så att det är helt homogeniserat både vad gäller partikelstorlek och representerade partiklar.

### 4.2.1 Provberedning

De metoder som används för provberedning av asfaltspucken är de som skiljer sig mest laboratorium emellan. Här visade intervjuerna att de olika metoder som används är:

- Krossning med slägghammare i ett särskilt rum, vilket sker precis innan laborationsanalysen ska genomföras så att risken för eventuell fällning eller avdunstning av PAH är minimal.
- Krossning med käftkross, där krossningen sker i flera omgångar för att få önskad kornstorlek. Om provets volym är större kan provet delas i en så kallad riffelneddelare mellan krossningarna för att få en provmängd lämplig för den kemiska analysen. Hur lång tid det tar mellan krossning och den kemiska analysen beror här mest på vilken svarstid på analysen som begärts från beställaren.
- Prover med mycket tjära, som på grund av detta är klibbiga, måste först kylas ner med flytande kväve för att sedan sönderdelas med käftkross, vilket kan sägas är en typ av kryomalning.
- Upplösning av bindemedlet med metylenklorid, så att provet som går till analys endast innehåller bindemedel och ej material från stenar.

Vid krossning och malning provbereds asfaltspucken så att ett representativt sönderdelat material erhålls från hela den bit som är inskickad. Enligt de som använde denna metod påverkade den inkomna storleken på provet, såvida det inte var för stort för maskinen att hantera, inte möjligheten att få fram ett

representativt prov för den kemiska analysen. De intervjuade laboratorierna menade med andra ord att analysen kommer ge ett svar som representerar det som kunden skickat in, där provberedningen säkerhetsställer att det material som går till den kemiska analysen är representativt.

De laboratorier som använde sig av krossar tillfrågades hur de rengör dem för att undvika kontaminering mellan prover. De som använde sig av käftkross rengjorde den mellan varje analysprov. Käftkrossen rengjordes genom att kvarts krossades och sedan blåstes bort med tryckluft samtidigt som dammet sögs upp via utsugsarmar. De som använde sig av slägghammare använde sig av grövre plastpåsar som provet placerades i vid krossningen, ofta användes dubbla plastpåsar av grövre typ. Efter krossningen överfördes sedan det krossade materialet till en provpåse och de plastpåsar som användes vid krossningen kastades.

Den metod som mest skiljer sig från de andra är den då bindemedlet löses upp från provet. Genom detta förfarande särskiljs stenarna och på så sätt kan enbart själva bindemedlet undersökas. Enligt de som föredrog detta utförande var det oväsentligt att analysera ett prov där material från stenarna i asfaltspucken fanns med då det är i bindemedlet PAH återfinns. De som använde sig av denna metod föredrog oftare att analysera en tårtbit från hela asfaltspucken, alltså från slitlager fram till de obundna lagren. Men beroende på beställarens önskemål, grundat på tänkt åtgärd för analyserad väg, kunde även uppdelade prover analyseras med denna teknik. Metoden användes även för att göra samlingsprov på upplag som skulle återvinnas i asfaltverk, och utfördes för att få kontroll på vilka egenskaper massan hade.

#### 4.2.2 Laborationsanalys

När provet genomgått provberedningen kan den kemiska analysen genomföras, vilket på de laboratorier som intervjuats har genomförts med hjälp av GC-MS eller GC-FID. Båda dessa metoder anses av de intervjuade ge tillräckligt noggrant resultat i jämförelse med vilka gränsvärden som finns för PAH. Flera av de intervjuade angav att de vid den kemiska analysen med GC-MS följer standarden SS-ISO 18287:2008 i högsta möjliga mån. Då GC-MS användes placerades först provet i två omgångar på skakbord tillsammans med lösningsmedel för att extrahera ut PAH. De laboratorier som använde sig av GC-MS beskrev att den minsta provmängd de använde för analys av PAH i asfalt var 4 gram respektive 2 gram. Teoretiskt kunde mindre mängder användas vid den kemiska analysen men mängden baserades generellt på vilken homogeniseringsgrad provet ansågs ha. Utifrån detta ansågs dessa provmängder vara rimliga minimum vid kemisk analys av asfalt. Det laboratorium som använde sig av GC-FID analyserade i stället den lösning med bindemedel som de fått. Eftersom de visste exakt hur mycket

metylenklorid de lagt till kunde de enkelt räkna bort detta senare vid själva analysen.

Flamjoniseringsdetektorn är enligt de intervjuade billigare att använda än en masspektrometer. En anledning till detta är att flamjoniseringsdetektorn inte är lika selektiv som en masspektrometer. Masspektrometern var ett lämpligare alternativ om ett mer korrekt värde av varje enskilt PAH önskades, ansåg flera av de som arbetade på laboratorier.

Vad gäller osäkerhetsfaktorn på 30% så är detta enligt de intervjuade ett tal som för analyser av organiska ämnen är normal. Det finns sätt att göra osäkerheten lägre på men detta skulle leda till betydligt mycket högre kostnader för analyserna, vilket med stor sannolikhet skulle leda till att efterfrågan på dessa analyser skulle minska. En annan fråga som kom på tal i samband med osäkerhetsfaktorn för den kemiska analysen var om antalet kemiska analyser som genomfördes på provet kunde påverka osäkerhetsfaktorn. De laboratorier som intervjuades gjorde endast enkelprov, detta främst för att provberedningen ska ha gett ett provmaterial som är homogent samt för att flera tester dessutom skulle höja kostnaden för laborationsanalysen. Eftersom det sönderdelade materialet ska vara representativt i alla delar, så ska det på detta vis då inte spela någon roll hur många gram som undersöks då fördelningen är lika överallt. Att göra dubbelprover skulle heller inte minska osäkerheten på proverna då denna beror mer på de inräknade osäkerheter varje steg i provhanteringen har samt att det är flera ämnen som ska undersökas. För varje analys genomförs även ett referensprov, med kända halter av ämnen, som ska säkerhetsställa att maskinen som genomför GC-MS alltid analyserar likadant.

Asfalt är från början inte ett homogent material på samma sätt som andra material det genomförs kemiska analyser på, till exempel jordar och vatten. Detta gör att det krävs fler delmoment för att homogenisera asfalten och extrahera ut PAH innan den kemiska analysen kan genomföras. Vid analys av PAH är det dessutom 16 olika föreningar som ska analyseras, till skillnad från när till exempel fetthalten i mjölk analyseras. Allt detta är vad som bidrar till att osäkerheten beräknas vara ca 30% för PAH-analyser. Varje delmoment hade kunnat göras väldigt noggrant, vilket då hade minskat osäkerheten, men detta hade gjort analysen oerhört dyr. Ett exempel som hade kunnat göra analysen mer exakt är att vid extraktionen i stället för att använda skakbord koka provet med lösningsmedel. Då uppstår dock ett annat problem, tjäran hade med denna metod inte extraherats bort. Detta hade medfört att ett ytterligare extraktionssteg hade behövts för att extrahera PAH från tjäran, och på så vis hade denna metod blivit mycket dyrare än dagens metod.



Resultaten från den kemiska analysen redovisades i princip på samma sätt från alla laboratorier. Det sätt det redovisas på avgörs mest utifrån vad kunderna önskar ska finnas med enligt de intervjuade. De flesta redovisade i dagsläget följande halter:

- Summa 16-PAH.
- Summa för grupperna: PAH-L, PAH-M och PAH-H.
- Summa cancerogena och ej cancerogena.
- Varje PAH enskilt.

#### 4.2.3 Vilka felkällor anser laboratorier finnas vid PAH-detektering idag?

Det belystes att en felkälla som påverkar tillförlitligheten vid PAH-detektering är att det inte finns något bestämt sätt som provberedningen eller den kemiska analysen ska genomföras på. Det är också enligt de intervjuade viktigt att oavsett vilken typ av analysmetod som används så bör tiden mellan provberedning och den kemiska analysen vara så kort som möjligt för att förhindra påverkan PAH-halterna.

En intressant vinkel på en felkälla som påtalades i en intervju var flyktigheten hos PAH och hur lagring av asfaltskroppar som skickas till kemisk analys lång tid efter uttaget ser ut. Det hade internt på detta företag gjorts ett test om förvaringen av asfaltspuckarna kunde påverka halterna PAH i provet. De hade då sparat ett prov som gett positivt utslag för PAH i en lokal som blev varm på somrarna, vilket skulle motsvara värmen som kan uppstå under de varmare delarna av året på en normal förvaringsplats av asfaltspuckar. Efter ett år undersöktes provet igen och det visade då betydligt lägre halter PAH än det haft från början. En anledning till detta kan vara att vissa av PAH-föreningarna har hög flyktighet (Englöv, 2021).

En av de intervjuade diskuterade mycket kring hur de delmomenten som idag används för att förbereda provet för den kemiska analysen alla i sig kan leda till felkällor som då ökar osäkerheten på analysresultatet. Detta hade, som tidigare nämnt i 4.2.2 Laborationsanalys, dock medfört stor ökning av kostnaden för analysen.



## 5 Diskussion

De frågeställningar som har besvarats i litteraturstudien och vid intervjuerna ska resultera i rekommendationer för hur Trafikverket kan förbättra sitt arbete med PAH-detektering och återvinning, här diskuteras hur litteraturstudien och intervjuerna kan kopplas ihop. Under arbetets gång har även några punkter belysts som inte kunnat undersökas närmre, vilka diskuteras närmre.

### 5.1 Förslag på undersökningsstrategi

Litteraturstudier samt intervjuer som genomfördes förtydligade att det saknas standardiseringar angående vilka metoder som bör användas vid detektering av PAH. Intervjuerna har visat att projektörerna är duktiga på att skaffa sig kunskap om den historiska data som finns för en väg. De kan skickligt dra slutsatser om vägen riskerar innehålla PAH i ett väldigt tidigt skede. I inventering av tidigare vägtekniska undersökningar samt framtagande av data upptäcks inga problem som gör detekteringen av PAH svårare, användningen av äldre samt nyare flygfoto, äldre projektmaterial, samt andra förvaltningssystem så som PMSv3 används på ett bra sätt. Det bör även fortsätta användas lika flitigt eftersom det faktiskt är en av de viktigaste delarna för PAH-detekteringen, men även för projektet eftersom det lär styra kostnaderna som uppkommer i framtiden. Dagens planering av var provpunkterna ska sättas ut görs därför på ett bra sätt eftersom det oftast är relativt enkelt att dra slutsatser om ifall det är tjärasfalt någonstans i beläggningen. Brist på kännedom av vägens historiska data kan tillföra onödiga svårigheter för PAH-detektering och anses därför fortsatt väsentlig.

PAH-frågan borde dyka upp tidigt i projekt eftersom det i stor grad kan påverka vägens utformning. Som nämnt tidigare i rapporten har flera av de intervjuade berättat om situationer där PAH-frågan kommit på tal efter att det redan har spenderats stora summor i projekt. Därefter kan budgeten vara alldeles för liten för att hantera de höga deponikostnader som en väg med högre halter av PAH kan medföra. Dessa situationer har gjort att flera ombyggnationer lagts på is och att flera miljoner kronor i princip har gått förlorade. Därför är en kombination av en översiktlig testning tidigt i projektet samt en mer kompletterande provtagning för PAH i ett senare skede optimalt för att minska på projektkostnader samt undvika att långt gångna projekt läggs ner.

Angående var provpunkterna sätts i tvärlängd bedöms det inte krävas förändringar av. De flesta provpunkter sätts mellan hjulspår. Vid fall då en breddning av vägen har skett tidigare så behövs det sättas provpunkter vid vägkanten. Provpunkternas placering måste anpassas till projektet som ska

genomföras. Det kan hända att vägen byggdes före 1973 med tjärasfalt men att breddningen av vägen har skett flera år efteråt och därmed innehåller delar av vägkonstruktionen ingen PAH. Följaktligen borde placeringen av provpunkterna anpassas efter vad som ska göras i projektet. Projektörerna som har intervjuas har visat sig vara duktiga vid hantering av sådana situationer och därför bedöms det inte krävas några förändringar i den arbetsprocessen. Anledningen till att provpunkter oftast sätts mellan hjulspår är på grund av att det är väldigt svårt att göra lagning tillräckligt bra att den håller om den sätts i hjulspåren.

Provtagningsmetoden skiljer sig mest efter att själva borrhölet borrats upp. Provtagningen genomförs med goda material och verktyg samt som tidigare nämnt utför aktörerna borrhölet på vägarna på ett liknande sätt. De provtagare som intervjuades använde sig av "Underlättaren". De intervjuade känner att det dokument som hänvisas vid metodbeskrivningen för provtagningen i väg, *TDOK 2014:0151*, som egentligen endast berör obundna materiallager bör omkonstrueras. Hål som borrar för vägprovtagningar brukar variera mellan 300–350 mm i diameter. För endast PAH-detektering varierar storleken mellan 100–150 mm i diameter, dock för att nå de obundna massorna kan det i vissa fall behövas borrar som för en vanlig vägprovtagning. Provtagningen måste anpassas efter vägöverbyggnaden eftersom konstruktionen kan se väldigt olika ut.

När en borrhölet tagits ut bör hela provkroppen paketeras i miljövänliga påsar och sedan i kartonger, anpassade för provtagningen, så hel som möjligt då det är väldigt lätt att borrhölet bryts. Det bör sedan skickas in till en undersökningsvänlig miljö som genomför spraytestet med UV-lampa. I dagsläget genomförs spraytestet oftast ute i fält, då används även en spray som inte behöver en UV-lampa. Däremot bedöms den mest optimala metoden vara om provet testas i en miljö som är mer lämpad för spray med UV-lampa, då denna anses vara mer tillförlitlig. Lukttest bedöms inte vara ett alternativ längre med hänsyn till arbetsmiljö. Vid indikation av PAH bör proverna delas upp i de olika skikten, efter kontamineringsgrad. Detta resulterar i att en så representativ laborationsanalys som möjligt kan erhållas. Provet bör därför delas så att det både ger ett mer representativt resultat samt även gör det enklare för laboranterna att genomföra laborationsanalysen. Sprayen bedöms inte vara fullständigt pålitlig, den indikerar endast att det finns PAH och inte vilka halter. Den kan även reagera på annat som inte är PAH-ämnen. Därför borde även prover där sprayen inte indikerar PAH skickas vidare till laboratoriet för att säkerställa att det stämmer. Det behöver dock inte skickas lika stor mängd som om det påvisar innehåll av PAH. Detta leder även till större kunskap om vilka materiallager som med enkelhet kan återvinnas och vilka lager som kräver mer eftertanke.

## 5.2 Förbättringar av laboratorieanalyser

Något som framkommit som väsentligt för att förbättra tillförlitligheten av laboratorieanalyser av tjärasfalt är att ett analysätt bör standardiseras. De vanligaste detekteringsmetoderna som används idag är MS och FID, där MS anses vara mer selektiv och på så sätt vara mer noggrann vid PAH-analys. Av vikt är också att analysvaren från de olika metoderna ej bör likställas, vilket gör det extra viktigt att veta vilken detekteringsmetod som använts. Vid litteraturstudien framkom att en MS kan ställas in i två olika lägen, SCAN-mod och SIM-mod, där den förstnämnda gav sådant resultat som generellt borde kunna jämföras med resultat från en FID. Men eftersom resultaten erhålls från olika detektorer kommer de inte vara identiska ändå. Detta är viktigt att betona då det gör det väsentligt att den som undersöker vägsträckor vet att olika detekteringsmetoder särskiljer sig från varannat och att resultat från olika laboratorier därför inte alltid kan jämföras rakt av. Vid intervjuerna framkom att ingen verkar använda sig av GC följt av HPLC, därför anses det bättre att välja någon av de metoder som redan är väl beprövade i branschen.

Något som också är viktigt att nämna är att provberedningen på laboratorier idag sker på flera olika sätt. Gemensamt för de flesta laboratorier är dock att kryomalning används i de fall det är mycket tjära i asfalten, då detta gör materialet klibbigt och därför inte går att sönderdela utan att det först kyls ner. Av intervjuerna att döma arbetar provberedningen i dagens analyslaboratorier noggrant med att hålla nere kontaminationsrisken så mycket som möjligt. I denna rapport har det inte framkommit tillräckligt med fakta om hur de olika provberedningsmetoderna bidrar till osäkerhetsfaktorn för att kunna dra någon slutsats om vilken metod som är mest lämplig. Det kan dock konstateras att ett standardiserande av en eller några få metoder hade varit att föredra för att öka tillförlitligheten, eftersom det då också torde leda till en mer standardiserad osäkerhetsfaktor. Något som hade varit intressant att utveckla vidare hade varit att studera vilken provberedning som medför lägst osäkerhetsfaktor, då detta inte kunnat redogöras för i denna rapport.

En frågeställning som framfördes vid intervjuerna var vilken minsta provmängd som behövdes för att få ett tillförlitligt svar. De som intervjuades svarade att den mängd som krävs för att kunna genomföra den kemiska analysen endast var några få gram. Eftersom det är en kemisk analys kan detta anses vara en rimlig mängd. Vad gäller hur stort provet bör vara som kommer in till laboratorierna, så verkade det kunna variera väldigt mycket och under intervjuerna framkom inte vilken mängd de föredrog. Det enda som kunde sägas var att om väldigt stora provbitar kom in så kunde det bli svårt för provberedningen att hantera dem. Enligt norm SS-EN 932-1 *Ballast* –

*Generella metoder – Del 1: Metoder för provtagning* ska provmängden som skickas in till laboratorierna vara 3–5 kg vilket borde kunna ses som en lämplig övre gräns. Kravet på att minsta provmängd ska vara 3 kg är dock inte något som från laboratoriernas sida kan anses som ett krav eftersom de är vana att hantera betydligt mindre provmängder vid analyser av andra material. Detta är snarare en diskussion om vilken mängd från en vägbeläggning som kan anses vara representativ för den sträcka som undersöks. Om ett mål är att fler borrhärdar ska delas och att värst kontaminerat material ska analyseras för sig bör den undre gränsen för provmängd sänkas.

Vad gäller osäkerheten av PAH-analyser, vilket sägs kunna var upp mot 30%, så kan det som slutsats dras att det är en normal osäkerhetsfaktor för kemiska analyser av organiska ämnen. Av vad som framkommit i intervjuerna så hade den beräknade osäkerheten kunnat bli lägre, främst genom att förfina eller använda andra extraktionstekniker än de som används. Med de medel som finns idag hade det dock medfört högre kostnader för analysen, vilket inte torde vara en önskvärd utveckling om målet är att PAH-analyser av asfalt ska kunna utföras oftare.

### **5.3 Återvinningshänsyn**

Eftersom innehållet av PAH är en av de främsta orsakerna till att återvinning av vägmateriel förhindras är det viktigt att diskutera om tjärhaltig asfalt är något som bör återvinnas eller inte. Det som framkommit av intervjuerna är de flesta konsulter i branschen av den åsikt att återvinning av tjärhaltig asfalt bör undvikas. De ansåg att om möjligt bör i stället åtgärderna för vägen anpassas så att de lagren med tjärhaltig asfalt kan ligga kvar i vägkonstruktionen. Detta borde i många fall vara en lösning som resulterar i lägst totala kostnader för vägprojektet, så länge de åtgärder som ska genomföras kan anpassas. I alla situationer är dock anpassning för att undvika den tjärhaltiga asfalten inte möjlig, till exempel om en väg måste djupfräsas eller rivas upp och provtagning visat högre halter av PAH i konstruktionen. Då kan det vara aktuellt att ändå ifrågasätta om återvinning av befintlig väg är möjlig. Speciellt om transporten till deponi antas bli kostsam. En utredning av vilket ställningstagande som i ett långsiktigt perspektiv är det bästa med hänsyn till ekonomi och hållbarhet behövs, antingen ska återvinning av tjärasfalt rekommenderas eller bör en utfasning av tjärasfalt införas.

De studier som än så länge utförts där urlakning och spridning av PAH från asfalt har undersökts är alla eniga i att urlakningen och spridningen är förhållandevis liten samt att halten PAH i asfalten inte påverkar hur mycket som urlakas eller sprids. I den uppföljning som Trafikverket utförde på återvunnen tjärasfalt kunde samma slutsats dras, urlakningen och spridningen

var relativt liten. Gemensamt för alla studier har också varit att mycket av det PAH som detekterats vid sidan av vägen ansetts komma från andra källor än tjärasfalt. Det som kan antas sprida PAH från tjärasfalt mest är regnvatten, speciellt om det innehåller mer organiskt material eller kolloider. På grund av tjärasfaltens känslighet för regnvatten måste den skyddas mot det både i vägkonstruktionen och om det ligger i upplag. Allt detta talar däremot för att tjärasfalt kan fortsätta användas längre ner i konstruktioner så länge det skyddas från regnvatten. För att bevisa detta kan även metoder som mäter biotillgänglighet användas, till exempel POM-metoden.

Eftersom PAH i vägkonstruktioner visat sig ha låg biotillgänglighet kan det ifrågasättas om tankesättet när det upptäcks vid provtagningar alltid ska vara deponi eller destruering. Om biotillgängligheten kan bevisas vara låg med hjälp av till exempel POM-metoden skulle tjärasfalt med höga halter PAH kunna återanvändas under kontrollerade former även om det klassats som farligt avfall. För detta hade dock krävts specifika riskbedömningar för varje enskilt fall, men det hade kunnat resultera i att återanvändning av tjärasfalt hade kunnat anses möjlig i fler fall och viss del av skepticismen i branschen angående detta ämne kanske hade kunnat minska. Det bör dock nämnas att om återvinning av tjärhaltig asfalt ska kunna standardiseras måste risker för spridning av PAH vid fräsning och själva återvinningshanteringen analyseras för att säkerhetsställa en god arbetsmiljö.





## **6 Slutsatser**

De frågeställningar som har besvarats i litteraturstudien och vid intervjuerna har resulterat i rekommendationer för hur Trafikverket kan förbättra sitt arbete med PAH-detektering och återvinning.

### **6.1 Förslag på undersökningsstrategi**

Grunderna till en väl genomförd provtagning anses vara att de inblandade är väl informerade angående vägens historik. På så sätt kan det säkerhetsställas att provpunkterna hamnar korrekt och är tillräckliga i antal med hänsyn till eventuell vägtjära i vägkonstruktionen. En kombination av att planera för PAH tidigt i vägplanen och en provtagning som delar på proverna anses som det mest gynnsamma. Tydlig dokumentation vid varje steg som genomförs är också väldigt viktigt för att kunna förstå resultatet på bästa möjliga sätt. Spårningen av varje prov måste kunna genomföras enkelt för att veta exakt vad varje prov representerar samt sedan veta vad som är tillåtet att fräsa bort för att återvinna och vilket som behöver deponeras. Provplatser och prover bör fotograferas direkt på plats för att få all information och geotagning.

### **6.2 Förbättringar av laboratorieanalyser**

Trafikverket bör sätta GC-MS som en standardiserad metod för analysering av PAH i asfalt, eftersom denna metod både är mer selektiv och för att standarder redan finns att tillgå. Den är dessutom väl beprövad och flera av laboratorierna använder redan denna metod för detektering. Vad gäller provberedningen hade en standardisering varit att rekommendera, det hade dock varit lämpligt att först studera vilken provberedningsmetod som bedöms ha lägst påverkan på analysens osäkerhet. Osäkerhetsfaktorn som finns i laboratorieanalysen idag är svår att med enkla medel sänka, därför anses det bästa alternativet vara att ha den i åtanke när riktvärden sätts och bedömningar görs då en ökad kostnad för analyserna inte kan anses vara önskvärt. Den provmängd som bör skickas in till laboratorium bör nödvändigtvis inte ligga mellan 3-5kg, då den kemiska analysen enbart kräver några få gram för att kunna genomföras.

### **6.3 Återvinningshänsyn**

Trafikverket borde, som de intervjuade belyste, i så tidigt skede som möjligt utreda om PAH kan påverka ett projekt. I första hand bör de då, om möjligt, anpassa åtgärderna om högre halter av PAH upptäcks eftersom detta torde vara den mest kostnadseffektiva lösningen. I andra hand, om det inte är möjligt att anpassa åtgärderna, bör de analysera biotillgängligheten av PAH och på så vis bedöma om återanvändning av materialet är möjligt trots PAH-

halterna. Om kostnaden för deponi eller destruering anses lägre än vad en undersökning av biotillgängligheten av asfaltens PAH genererar så anses det vara lämpligare att ej återanvända tjärasfalten.

## 7 Vidareutveckling

Under arbetets gång har några intressanta synvinklar upptäckts. Dessa bör Trafikverket undersöka ytterligare för att säkerhetsställa en än bättre undersökningsstrategi med hänsyn till PAH och återvinning av tjärhaltig asfalt.

En intressant intern studie som uppmärksammades under intervjuerna var då ett företag undersökte hur deras förvaring av borrprov påverkar PAH-värdena över tid, där värdena sjunkit över tid. Det hade varit intressant att utföra en djupare studie kring detta eftersom dagens undersökningsprogram ställer krav på att konsulten som ska genomföra provtagningen måste förvara alla proverna under projektets gång, vilket kan handla om ett till två år. Studien borde även undersöka om förvaring i sval och mörk miljö hade kunnat motverka detta fenomen. Hade det visat sig att sådan förvaring ur PAH-detekteringsperspektiv leder till prover med felaktiga värden, så kan ett fortsatt krav på detta vara diskutabelt såvida inte viss förvaring kan motverka att PAH-värdena sjunker.

De provberedningsmetoder som i dagsläget används i branschen bör utredas för att ta reda på vilken osäkerhetsfaktor de har. Detta är av extra vikt att undersöka om en standardisering av provberedning ska ske och för att säkerhetsställa att PAH-detektering blir så korrekt som möjligt.

Om Trafikverket ska argumentera för att återvinning av tjärhaltig beläggning ska ske i de fall inga andra lösningar är möjliga, bör en studie om PAH kan spridas som partiklar vid fräsning eller vid återvinningen av massorna genomföras. Denna studie bör utföras för att säkerhetsställa en så god arbetsmiljö som möjligt för de i branschen.

## Referenser

Enell, A., 2014. *Miljöuppföljningar av återvunnen tjärasfalt 2001-2011*, Borlänge: Trafikverket.

Englöf, J., 2021. *Labbanalys och undersökning av PAH* [Intervju] (7 April 2021).

Engwall, M. & Larsson, M., 2009. *Bioanalys av organiska föroreningars biotillgänglighet - tillämpning i sanerade massor*, Bromma: Naturvårdsverket.

Eniro, 2021. *Kartor, vägbeskrivningar, flygfoton, sjökort & mycket mer*. [Online]  
Tillgänglig: <https://kartor.eniro.se/>  
[Använd 27 05 2021].

Eurofins, 2019. *Provberedning av fasta bränsle- och miljöprov med kryomalning*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.eurofins.se/tjanster/miljoe-och-vatten/nyheter-miljo/provberedning-av-fasta-braensle-och-miljoeprov-med-kryomalning/>  
[Använd 26 05 2021].

Göteborgs stad, 2021. *Göteborgs stad*. [Online]  
Tillgänglig: <https://goteborg.se/wps/portal/start/foretag/tillstand-och-regler/miljo--och-halsoskydd/foreoreningar-i-mark--vatten-och-byggnader/asfalt-och-tjarasfalt?uri=gbglnk%3A201992582914200>  
[Använd 17 05 2021].

Hermelin, K., 2014. *Provtagning av obundna material*, Borlänge: Trafikverket.

ISO, 2014. *Soil quality - Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) by gas chromatography (GC) and high performance liquid chromatography*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.sis.se/api/document/preview/917003/>  
[Använd 14 06 2021].

Jacobson, T. & Bäckman, L., 2002. *Miljöpåverkan vid kall och halvvarm återvinning av tjärhaltiga beläggningar*, Linköping: VTI.

Jacobsson, T. & Granvik, M., 2003. *Stenkolstjära i asfaltmassor - Lägesrapport med råd och rekommendationer*, Stockholm: Svenska kommunförbundet och Vägverket.

Kajiser, L., 2002. *Utvärdering av två snabbmetoder för detektering av tjära i asfaltbeläggningar*, Stockholm: KTH - Kungliga Tekniska Högskolan.

Kumpiene, J., 2019. *Spridning och toxicitet av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) från vägar*, Luleå: Luleå Tekniska Universitet.

Lantmäteriet, 2021. *Kartor och geografisk information*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.lantmateriet.se/>  
[Använd 16 06 2021].

Lindahl, T. & Ulmgren, N., 2003. *Återvinning av asfaltmassor innehållande stenkolsjära*, Stockholm: NCC.

Lövblad, G. & Grennfelt, P., 1977. *Tungmetaller och andra spårämnen i stenkol samt emissioner till luft av dessa ämnen vid kolförbränning - en litteraturstudie*, Göteborg: IVL.

Nationell vägdatatabas, 2021. *NVDB, Nationell vägdatatabas*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.nvdb.se/sv>  
[Använd 27 05 2021].

Naturvårdsverket, 2013. *Klassning av farligt avfall – detta är farligt avfall*, Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket, 2016. *Generella riktvärden 2016-07-07*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/berakning-riktvarden/generella-riktvarden-20160707.pdf>  
[Använd 17 05 2021].

Naturvårdsverket, 2020. *Förslag till allmänna regler för vissa verksamheter som hanterar avfall*, Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket, 2020. *Utsläpp av PAH till luft*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/PAH-utslapp-till-luft/>  
[Använd 14 06 2021].

Paulsson, U., 2020. *Examensarbeten: att skriva uppdragsbaserade uppsatser och rapporter*. 1:a red. Lund: Studentlitteratur AB.

Perhans, A., 2003. *Utlakning av polycykliska aromatiska kolväten ur asfalt och förorenad mark - En litteraturstudie över vilka faktorer som styr utlakningen*, Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Statens geotekniska institut, 2017. *Oljelukt i jord - orsaker och förslag till hantering*, Linköping: Statens geotekniska institut.

Swedish Standard Institute, 2008. *Markundersökningar - Bestämning av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) - Gaskromatografisk metod med masspektrometrisk detektion (GC-MS)*, Stockholm: Svenska Institutet för Standarder.

Svenska institutet för Standarder, Statens geotekniska institut, 2017. *Standarder för undersökning och riskbedömning av förorenad mark*, Stockholm: Svenska institutet för Standarder.

Svenska institutet för Standarder, 2021. *Svenska Institutet för Standarder*. [Online]  
Tillgänglig: <https://www.sis.se/standarder/vad-ar-en-standard/>  
[Använd 07 05 2021].

Tillberg, C., Enell, A., Back, P.-E. & Kleja, D. B., 2019. *Fördjupad markökologisk riskbedömning - Skönsmon 2:12, fd Kubikenborgs sågverk och Sundsvalls fönsterfabrik*, Linköping: Statens geotekniska institut, SGI.

Trafikverket, 2020. *Uppdragsbeskrivning, UB - konsultuppdrag Bilaga E3-14 Vägteknik*, u.o.: Trafikverket.

Trafikverket, 2021. *PMSV3 - information om belagda vägar*. [Online]  
Tillgänglig: <https://pmsv3.trafikverket.se/>  
[Använd 14 06 2021].

Westergren, P., 2004. *Handbok för återvinning av asfalt*, Borlänge: Vägverket.

Viktorsson, P., 2021. *Dagens arbetsmetoder hos Trafikverket* [Intervju] (10 03 2021).

Vägverket, 2004. *Hantering av tjärhaltiga beläggningar*, Borlänge: Vägverket.



## Bilaga 2: Frågeformulär för provtagning

1. På vilket sätt bedömer ni hur uppdelningen av vägsträckan ni undersöker ska se ut? Vilken hänsyn tas till PAH?
2. Hur stor vikt läggs på att bedöma historiska data? (med tanke på om breddning av vägen skett, vilket kan påverka var i tvärled i tvärsektionen som PAH kan tänkas finnas)
3. Var i tvärled sätter ni provpunkterna normalt?
4. Beskriv hur ni gör vid provtagningar?
5. Vilka av dessa prover som ni tar skickas in på labb för analys av PAH?
6. Vilka materiallager ska skickas in till labb?
7. På vilket sätt skickar ni proverna till laboratorium?
8. Var tror ni största felkällorna med hänseende till PAH-detektering finns?
9. Hur anser du att provtagningen borde se ut, med hänsyn till PAH? Hade du gjort någon förändring på dagens metod för att minska felkällor?
10. Har ni några åsikter, om man tänker i återvinningshänseende, ifall analys av PAH borde ske genom borrhoprover innan vägmassorna krossas eller om de borde ske på upplag? (I upplag anses PAH halten bli mer homogeniserad då den krossas ihop med andra massor)
11. Om borrhoproverna visar på PAH, anser ni då att massorna bör delas upp? (värst infekterat för sig, eller försöka homogenisera massorna mer)



## Bilaga 3: Frågeformulär för laboratorium

1. Hur går labbanalysen av PAH till?
2. Finns det olika metoder?
3. Baseras metoden ni använder på kostnaden av genomförandet?
4. Hur redovisar ni resultatet av labbanalysen?
5. Vilka anledningar kan det vara till att osäkerheten på PAH tester är så hög? (ca 30%)
6. Hur tänker du att labbanalysen borde gå till för att minska felkällorna så mycket som möjligt?
7. Vilken är minsta möjliga mängd massa som behövs för att få ett tillförlitligt PAH-test?
8. Tycker ni att bedömningen av resultaten borde se ut på något annat sätt än det gör idag?