

EXAMENSARBETE ACEX20

Gränsdragning mellan förnyelse och underhåll av dricksvattenledningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

OSKAR BERGGREN

JIAHUI HUANG

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för vattenmiljöteknik

Britt-Marie Wilén

Thomas Pettersson

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

Gränsdragningen mellan förnyelse och underhåll av dricksvattenledningar.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

OSKAR BERGGREN

JIAHUI HUANG

© OSKAR BERGGREN, JIAHUI HUANG, 2025

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2025

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för vattenmiljöteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2025

Gränsdragningen mellan förnyelse och underhåll av dricksvattenledningar

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

OSKAR BERGGREN

JIAHUI HUANG

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för vattenmiljöteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

I denna studie undersöks hur dricksvattenledningar förnyas och underhålls på ett hållbart och så kostnadseffektivt sätt som möjligt. Detta är en viktig fråga för VA-organisationer runt om i landet, eftersom en stor andel av allt dricksvatten som produceras, upp till 20 procent, förloras i läckor. Underhåll och förnyelse är båda nödvändiga åtgärder för att upprätthålla ett fungerande ledningsnät, därför krävs tydlig vägledning kring när respektive metod bör tillämpas. Arbetet bygger på en litteraturstudie samt utförliga kostnadsberäkningar.

Studien behandlar olika faktorer som påverkar ledningarnas tillstånd, exempelvis material, ålder och diameter. Underhåll delas in i tre olika kategorier: avhjälpande, förebyggande och förbättring. Förnyelse sker antingen med schakt eller schaktfritt genom exempelvis infordring, röspräckning och borring.

Läcksökning är centralt för att lokalisera läckor. Flera tekniker finns, bland annat akustisk läcksökning, marklyssning och användandet av artificiella neuronät (ANN). Genom att väga in sannolikhet och konsekvens i en riskmatris kan prioriteringar göras både för underhåll och förnyelse. Branschorganisationen Svenskt Vatten rekommenderar en förnyelsetakt på minst 0,7 procent per år. Detta är en nivå som många svenska kommuner i dagsläget inte når upp till. Studien betonar vikten av datadrivna beslut för en hållbar och ekonomisk vattenförsörjning.

Nyckelord: Förnyelse, Underhåll, Vattenledningar, Förnyelsetakt, Läcksökning, VA-organisationer, Vattenförsörjning

Drawing the line between renewal and maintenance of water pipes

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

OSKAR BERGGREN

JIAHUI HUANG

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Water Environment Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This study investigates how water pipelines can be renewed and maintained in a sustainable and cost-effective manner. This is an important issue for water and wastewater organizations across the country, as a large proportion of all produced drinking water, up to 20 percent, is lost through leaks. Both maintenance and renewal are necessary measures to keep the pipeline network functioning, and therefore, clear guidance is required on when each method should be applied. This work is based on a literature review as well as detailed cost calculations.

The study examines various factors that affect the condition of the pipelines, such as material, age and diameter. Maintenance is divided into three categories: corrective, preventive and improvement. Renewal is carried out either by trench or trenchless methods such as lining, pipe bursting and drilling.

Leak detection is central to locating leaks. Several techniques are available, including acoustic leak detection, ground listening and the use of artificial neural networks (ANN). By weighing probability and consequence in a risk matrix, priorities can be set for both maintenance and renewal. The industry organization Svenskt Vatten recommends a renewal rate of at least 0,7 percent per year, a level that many Swedish municipalities currently do not achieve. The study emphasizes the importance of data driven decision making for a sustainable and economical water supply.

Key words: Renewal, Maintenance, Water pipes, Replacement, Leak detection, Water utilities, Water supply

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
DEFINITIONER	VIII
1 INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.2 Frågeställningar	1
1.3 Avgränsningar	2
2 LITTERATURGENOMGÅNG	3
2.1 Läckor	3
2.1.1 Konsekvenser	4
2.1.2 Läckagedetektering	5
2.1.3 ANN-modellen	9
2.1.4 Kostnader relaterade till läckor	10
2.2 Rörmaterial	11
2.3 Underhåll av dricksvattenledningar	12
2.3.1 Avhjälpande underhåll	12
2.3.2 Förebyggande underhåll	14
2.3.3 Förbättring, driftsäkerhetsförbättring	14
2.3.4 Underhållsrelaterade kostnader	14
2.4 Förnyelse av dricksvattenledningar	16
2.4.1 Förnyelsemetoder	16
2.4.2 Prioritering av förnyelse	20
2.4.3 Förnyelserelaterade kostnader	22
2.5 Hållbar utveckling	27
2.5.1 Livslängd	27
2.5.2 Nyckeltal	28
3 MATERIAL OCH METOD	32
3.1 Litteraturstudie	32
3.2 Beräkning av förnyelse och framtida underhållskostnader	32
4 RESULTAT	35

5	DISKUSSION	38
5.1	Osäkerheter i beräkningen	40
6	SLUTSATS OCH VIDARE FORSKNING	42
6.1	Slutsats	42
6.2	Vidare forskning	43
7	REFERENSER	44
8	BILAGOR	48
8.1	Bilaga 1	48
8.2	Bilaga 2	49
8.3	Bilaga 3	54

Förord

Denna rapport presenterar vårt examensarbete och det slutgiltiga arbetet för våra studier inom samhällsbyggnadsteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill framföra ett stort tack till vår handledare Thomas Petterson för den vägledning och det stöd han har bidragit med under arbetets gång. Hans expertis och återkoppling har varit till stor hjälp i genomförandet av detta examensarbete.

Göteborg, juni 2025

Oskar Berggren
Jiahui Huang

Beteckningar

A	Rörålder (år)
$A_{l,a}$	Andelen läckor som hittas genom aktiv läcksökning (%).
a	Koefficient i regressionsmodellen, beroende på rörmaterial (se tabell 5).
b	Koefficient i regressionsmodellen, beroende på rörmaterial (se tabell 5).
c	Koefficient i regressionsmodellen, beroende på rörmaterial (se tabell 5).
D	Rördiameter (mm)
D_1	Avståndet mellan två sensorerna (m).
d	Koefficient i regressionsmodellen, beroende på rörmaterial (se tabell 5).
e	Koefficient i regressionsmodellen, beroende på rörmaterial (se tabell 5).
f	Koefficient i regressionsmodellen, beroende av området (se tabell 6).
$F_{l,m}$	Läckfrekvens för rörmaterial (läcka/km/år).
$F_{\bar{o}}$	Årlig ökning av läckfrekvensen för ledningar (läcka/km/år).
K_f	Pris för förnyelse (kr/m).
$K_f(D)$	Kostnaden för själva förnyelsen, beroende av rördiametern (D) (kr/km)
K_{ii}	Förnyelsens investeringskostnad (kr)
$K_{ii}(D, t)$	Initial investeringskostnad, beroende av diameter (D) och tid (t) (kr/km/år).
K_l	Kostnad per läcklagning (kr/läcka).
$K_l(D)$	Reparationskostnad, beroende av rördiametern (D) (kr/skada).
$K_{l,a}$	Kostnaden för läcksökning för varje hittad läcka (kr/läcka).
K_{pa}	Kostnad för vatten som läcker in i avloppssystemet (kr/m ³).
K_{pv}	Kostnad för att producera vatten (kr/m ³).
$K_{s,a}$	Minskad kostnad på grund av mindre utläckt vatten som behandlas som avloppsvatten (kr/m ³).
$K_{s,d}$	Minskad kostnad av lägre dricksvattenproduktion (inkluderat minskat kemikalieanvändande och mindre energianvändning) (kr/m ³).
$K_{s,i}$	Minskad investeringskostnad som följd av att kapacitetshöjande åtgärder inte behövs på grund av lägre läckt vatten (kr/år).
$K_{s,l}$	Minskad kostnad för ej längre behövt underhåll (inkluderat planering och analys) (kr/år).

$K_u(D, t)$	Underhållskostnaden, beroende av rördiametern (D) och tiden (t) (kr/km)
$K_{u,ak}$	Ackumulerade underhållskostnaden i dagens penningvärde (kr).
L	Avståndet från den närmaste sensorn till läckagepunkten (m).
$LCC(D, t)$	Livscykelkostnaden, beroende på rördiameter (D) och tid (t) (kr/km/år).
L_f	Längden ledningar som förnyas (m) eller (km).
L_m	Längden för rörmaterial i ledningsnätet (km).
n	Antalet år framåt i tiden (år).
N_1	Antal läcklagningar som ej längre utförs (läckor/km/år).
R_f	Procentsats som används för att kostnaden minskar med ökad förnysetakt (%).
S	Besparing som gjordes (kr/år).
T	Uppmätt tidsfördröjning (s)
t	Tiden (år)
u	Variabel för rörets djup (värde 1 om $\leq 1,5\text{m}$, värde 2 om $> 1,5\text{m}$)
V	Ljudets fortplantningshastighet i vattenledningen (m/s).
$V_{l,i}$	Volym vatten som uppskattas läcka i snitt innan en läcka upptäcks (m^3).
$V_{l,m}$	Volym vatten som antas läcka i oupptäckta läckor för rörmaterial ($\text{m}^3/\text{km}/\text{år}$).

Definitioner

Akustisk läcksökning	Metod för att detektera läckor genom att lyssna efter det karakteristiska ljud som uppstår när vatten läcker ut från vattenledningar.
Avhjälpande underhåll	Underhåll som görs efter ett fel upptäckts.
Förbättring	Underhåll som förbättrar en lednings egenskaper utan att ändra dess ursprungliga funktion.
Förebyggande underhåll	Underhåll som sker för att undvika framtida fel.
Förnyelse	Utbyte av en äldre ledning, helt eller delvis.
Förnyelsetakt	Nyckeltal som indikerar den långsiktiga hållbarheten för vattenledningsnätet i kommunerna.
Infordring	Schaktfri förnyelsemetod där ett nytt rör installeras inuti det gamla.
Investeringstakt	Nyckeltal som används för att mäta takten för nybyggnation av vattenledningar i kommunerna.
Konsekvensledning	Ledning där konsekvensen av ett fel är betydande, till exempel huvudledning eller ledning till sjukhus.
Korreleringsmetod	Akustisk läcksökningsmetod genom att analysera ljudfördröjning mellan sensorer.
Livscykelkostnad	Den totala kostnaden för en ledning under hela dess livslängd, inklusive investering, drift, underhåll, reparationer och avveckling.
Läckfrekvens	Andel läckor per kilometer ledning och år.
Läckfrekvens	Antal läckor per kilometer och år. En parameter för att bedöma lednings skick och används som underlag för prioritering av åtgärder.
Läckloggrar	Sensorer som placeras i ledningsnätet för att övervaka ljud som kan indikera läckor.
Marklyssning	Teknik för att hitta läckor genom att lyssna på marken ovan ledningen.

Nuvärdesmetod	Metod som används för att jämföra framtida kostnader och intäkter genom att omräkna dem till dagens penningvärde.
Nyckeltal	Mätvärden för utvärdering av förvaltning, exempelvis förnyelsetakt och investeringstakt.
Nyinvestering	Investeringar i nyanlagda vattenledningar.
Reinvestering	Investering i förnyade vattenledningar.
Riskledning	Ledning med hög sannolikhet att drabbas av brott och vars efterföljande konsekvens är stor.
Rörspräckning	Schaktfri förnyelsemetod där den äldre ledningen spräcks sönder och ersätts av en ny.
Sannolikhetsledning	Ledning som tidigare drabbats av läckor och därför har hög sannolikhet att drabbas igen.
Schakt	Mark grävs upp för att möjliggöra arbete under markytan.
Spolning	Metod för att rengöra rör invändigt genom att med högt tryck spola vatten.
TV-inspektion	Metod för att inspektera rör invändigt med en kamera.
Underhåll	Åtgärder för att bevara ledningars funktion och minska risken för driftstörningar.
VA-organisation	Verksamhet som ansvarar för vattenförsörjningen och avloppshanteringen inom en kommun eller region.

1 Inledning

Vattenförsörjning är en grundläggande förutsättning för ett fungerande samhälle. Varje dag förlitar vi oss på att rent vatten ska nå våra hem och arbetsplatser genom ett omfattande nätverk av nedgrävda vattenledningar. Dessa ledningar varar dock inte för evigt, utan de åldras och slits ut över tid. Därför krävs åtgärder.

1.1 Syfte

Svenska VA-organisationer investerar varje år flera miljarder kronor på förnyelse av VA-ledningar och en stor del av detta används för dricksvattenledningar (Svenskt Vatten, u.å.a). Det är därför av yttersta vikt att pengarna används både så effektivt som möjligt samtidigt som man med hållbar utveckling i åtanke tar höjd för framtiden.

Underhåll av dricksvattenledningar, såväl förebyggande som avhjälpande, medför också höga kostnader för VA-organisationer runt om i landet. Förnyelse och underhåll är tillsammans metoder som behövs och ska användas för att säkerställa och utveckla dricksvattennätet. Det kan dock vara svårt att avgöra när, och hur mycket förnyelse som bör göras. Syftet med detta arbete är därför att skapa vägledning kring detta.

1.2 Frågeställningar

- Hur påverkas kostnader av faktorer som material, ledningsdimensioner och klimatförhållanden?
- Vilken tidsåtgång krävs för underhåll och förnyelse av dricksvattenledningar?
- På vilka sätt påverkas ledningarnas livslängd och hur kan förnyelse planeras långsiktigt?
- Hur har olika lösningar för underhåll och förnyelse fungerat i praktiken?

1.3 Avgränsningar

Fokus i denna studie är dricksvattenledningar i Sverige och de förhållanden som råder här. Centralt för att kunna behandla de frågeställningar som ställs ligger kostnader, därför kommer exempelvis inte sociala och politiska aspekter tas i större beaktning. Vidare analyseras endast idag vanligt förekommande rörmaterial och dimensioner samt metoder för förnyelse och underhåll.

2 Litteraturgenomgång

I detta kapitel redogörs för den relevanta information som har framkommit under litteraturstudien. Informationen bygger på tidigare forskning samt rapporter från organisationer och myndigheter.

2.1 Läckor

Hela 15 till 20 procent av allt dricksvatten i Sverige går förlorat genom läckage (Almheiri m.fl., 2020). Läckorna i dricksvattennäten uppstår regelbundet och orsakerna till att dessa uppstår kan vara många. I Tabell 1 redovisas de faktorer som kan ha en påverkan på drickvattenledningars allmänna tillstånd och därmed vara orsaker till vattenläckor.

Tabell 1. Faktorer som påverkar en vattenlednings allmänna tillstånd (Almheiri m.fl., 2020).

Statiska faktorer	Dynamiska faktorer			Operativa Faktorer
	Miljö	Externa krafter	Tid	
Rörmaterial	Klimat	Trafiklaster	Rörålder	Korrosionsskydd
Rördiameter	Temperatur			Fel i driften
Vägg tjocklek	Jordbävning			Underhållsarbeten
Rördjup	Jordskred			Vattentryck
Schaktfyllning	Jordfuktighet			Flödes hastighet
	Resistivitet			
	Jordtyp			

Om vattenförbrukning i ett område ökar markant kan orsaken vara en större läcka i en ledning (Svenskt Vatten, 2009). Det skulle också kunna vara så att ett lågt tryck uppmäts på vissa serviser som konsekvens av en stor läcka (Appelqvist m.fl, 2012). För att sedan undersöka läckans position i ledningen används en, eller flera, läckagedetekteringsmetoder som redovisas i senare kapitel.

2.1.1 Konsekvenser

Vid läckor uppstår konsekvenser. Dessa varierar beroende på storlek och plats för ledning. Konsekvenserna kan brytas ned i kostnader och därmed kan ledningar bedömas efter hur stora kostnaderna blir om ett ledningsbrott uppstår. I Tabell 2 redogörs för olika kostnader som kan värderas vid en konsekvensbedömning.

Tabell 2. Kostnader som kan bedömas för värdering av dricksvattenledningar (Maker & Kleiner 2000).

Direkta kostnader	Reparationskostnad (material, arbete med mera) / kostnad för förnyelse.
	Kostnad för förlorat vatten.
	Kostnad för skada på egendom (t.ex. källaröversvämning).
	Kostnad i samband med personskador (eventuella skador som uppkommer till följd av läckan).
Indirekta kostnader	Kostnad för vattenavbrott (t.ex. produktionsbortfall i industri eller annan näringsverksamhet)
	Intensifierad degenerering av VA-infrastruktur och intilliggande infrastruktur.
	Kostnad för eventuella brandskador (brist på vatten i brandpost eller försämrat flöde).
Sociala kostnader	Kontaminerat dricksvatten (sjukdom och förlorad inkomst mm)
	Avbruten service (livskvalitet, skadat förtroende mm).
	Trafikomläggningar.
	Otillgänglighet till omkringliggande näringsidkare.
	Brist på vatten för samhällsviktiga institutioner (t.ex. sjukhus och skolor).

Då konsekvenserna bedöms vara höga samtidigt som det är hög sannolikhet för ledningsbrott benämns den som en riskledning (Malm m.fl., 2011b).

Allt vatten som produceras kostar pengar. I Göteborg beräknas en kubikmeter kosta 1,24 kronor (Malm m.fl., 2015). Det innebär att varje liter som läcker är en kostnad då den förväntade inkomsten går förlorad. Dessutom tillförs vatten till avloppsnätet som följd av läckaget, vilket leder till en ytterligare kostnad om 0,37 kronor per kubikmeter läckt vatten. Detta beror på att allt avloppsvatten renas i reningsverk. Hur mycket vatten som läcker i varje ledning beror på läckfrekvensen för ledningen i fråga. I Göteborg beräknas att de ledningarna med högst läckfrekvens, av gråjärn, läcker 14 373 kubikmeter per kilometer och år (Malm m.fl., 2015). Detta kan jämföras med nyare ledningar, av PE och segjärn, som i snitt har en motsvarande siffra på 2060 kubikmeter per kilometer och år. Från det att en läcka har upptäckts läcker i snitt uppskattningsvis 8 500 kubikmeter vatten ut fram till att den lagas i Göteborg (Bäckström & Gustafsson, 2005).

2.1.2 Läckagedetektering

Detektering av läckor och bedömning av dricksvattenledningar är nödvändigt för att minska kostnaderna och riskerna för större läckage i vattenledningssystemet. Med tanke på ekonomi och effektivitet användas akustiska metoder, som undviker störningar i ledningsnätet, för att bedöma läckage i vattenledningsnätet. Genom aktiv läcksökning, alltså att man aktivt söker positionen av läckan, kan konsekvenserna minimeras. I Göteborg uppskattas 30 procent av alla läckor hittas och lagas med hjälp av aktiv läcksökning (Malm m.fl., 2015).

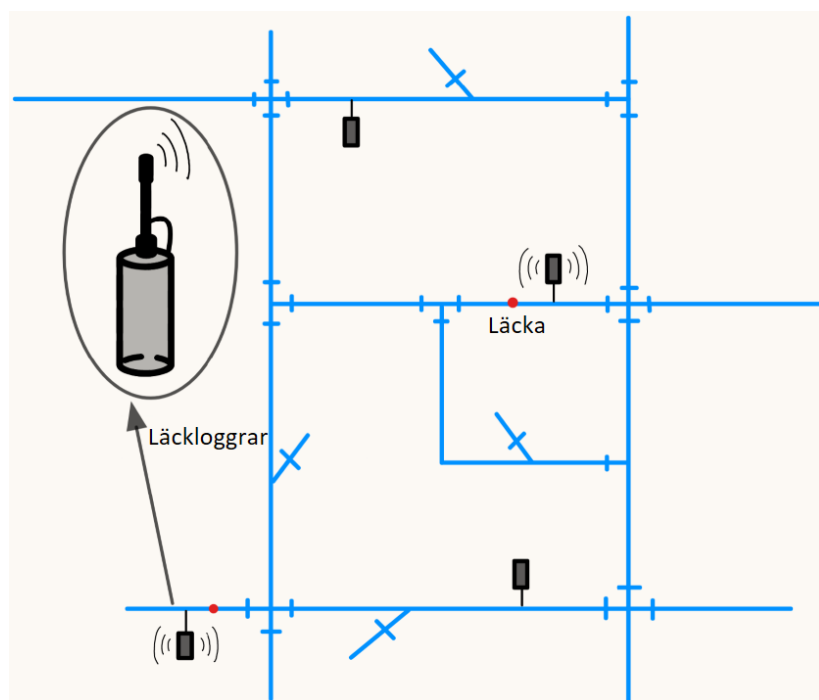
Spindelnyssning

Denna metod innefattar att lyssna efter ljud som läckan orsakar i vattenledningen på grund av vattenflöde, friktion, vibrationer i ledningen och ljudet av vatten som träffar marken (Uusijärvi, 2013). Därmed kan läckan lokaliseras. Metoden gäller endast metalledningar, eftersom plast dämpar ljudets spridning. Mätpunkten kan vara var som helst där det går att komma åt vattenledningen såsom ventiler, ledningar inuti brunnar och vattenmätare och så vidare. Utrustningen för läcksökningen är okomplicerad och kan utföras genom att lyssna direkt mot exempelvis ventilnyckel eller med hjälp av icke-elektroniska lyssningsverktyg som stetoskop. Vid användning av dessa metoder kan större områden inledningsvis kontrolleras genom avlysning med 100–200 meters avstånd, men detta kan dock leda till att små läckor missas.

Vid läcksökning påverkas ljudets tydlighet av flera faktorer (Uusijärvi, 2013). Ju högre vattentryck och större läckagehål, desto tydligare ljud. Fyllningsmassor runt vattenledningen kan dämpa ljudet, och vid ledningsdiameter större än 300 millimeter minskar ljudets spridning.

Läckloggrar

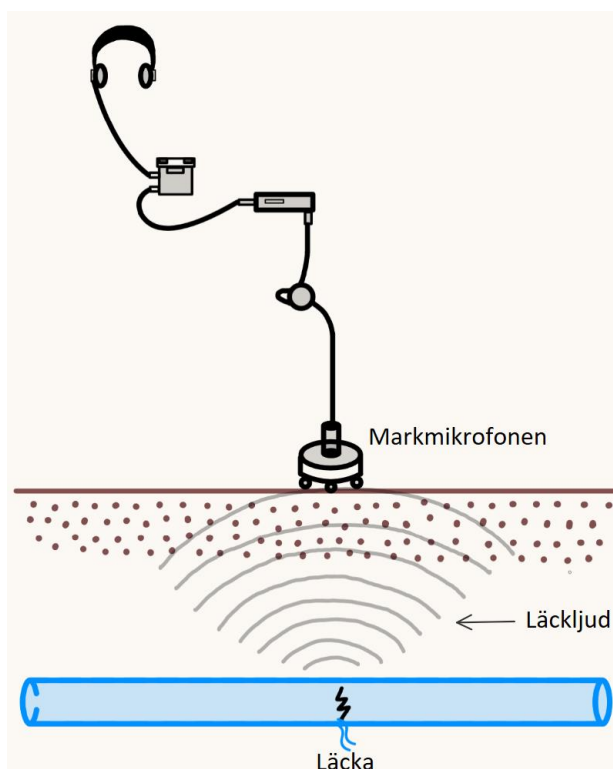
Läckloggrar användas för att upptäcka läckor i ett vattenledningsnät genom att analysera ljudvågornas egenskaper. Dessa monteras vanligtvis på en ventil, brandpost eller liknande. Loggern samlar i allmänhet in ljudsignalen från ledningarna, oftast på natten för att undvika störande ljud från trafik eller hög vattenförbrukning (Fan m.fl., 2022). Placeringen och avståndet mellan loggrar beror på ledningarnas material och diameter. På grund av den större ljuddämpningen i plastledningar krävs ett tätare avstånd jämfört med metalledningar. Systemen består av loggrar och mottagare som söker efter läckor. Informationen som upptas lagras och kan inhämtas när ett fordon med upptagningsförmåga passerar förbi, exempelvis kan det vara sopbilar som utrustats med denna förmåga. Vissa loggrar kan även skicka varningar om läckor, via sms-funktion (Uusijärvi, 2013). Loggern kan installeras permanent i ett område för regelbunden övervakning, eller så kan den användas på ett rörligt och flexibelt sätt för felsökning i olika områden, se figur 1.



Figur 1. Illustration av läckkloggrarna i ett vattenledningsnät (Hamafo, u.å.a). Omarbetad med tillstånd.

Marklyssning

När en läcka har lokaliserats till ett avgränsat område av vattenledningen kan den exakta platsen för läckan bestämmas via marklyssning. Vid den här metoden söker en markmikrofon efter ljud från läckan på markytan, vilket beror på att ljudet oftast är starkast ovanför läckagepunkten (Uusijärvi, 2013). I praktiken placeras mikrofonen med två till tre meters avstånd längs vattenledningen för att lyssna och när något område anses vara misstänkt minskas avståndet mellan mätpunkterna för att få en mer exakt lokalisering, se figur 2.



Figur 2. Illustration av marklyssning (Hamafo u.å.b). Omarbetad med tillstånd.

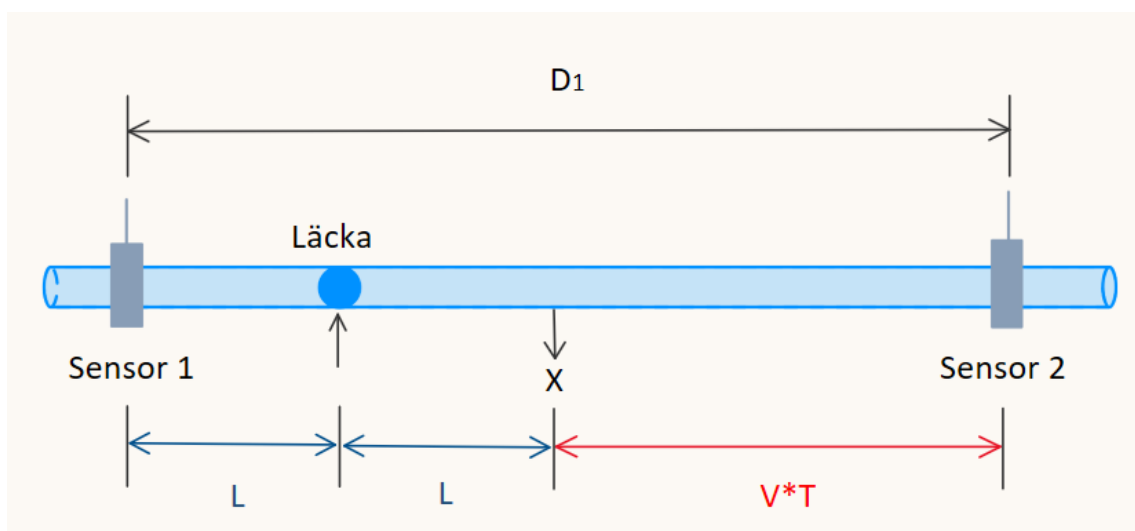
Noggrannheten för marklyssning är beroende av flera faktorer (Uusijärvi, 2013). När det gäller markfyllning leder asfalt ljud bättre än lös jord. Årstidsvariationer spelar även en stor roll eftersom frusen mark på vinter kan förändra ljudöverföringsegenskaperna och snö och is kan störa mikrofonernas funktion. Dessutom kan fyllnadsmaterial runt vattenledning, samt konstruktioner som brunnar och ventiler, påverka hur ljudet sprids. Vid äldre läckagepunkter förekommer det ofta att vattensamlingar bildas, vilket minskar ljudtransmissionen. En annan

avgörande faktor är ledningsmaterialet. Läckljud i plastledningar som PE och PVC sprider sig, som nämnts tidigare, betydligt mindre än i ledningar av metall.

Korreleringsmetoden

Principen för denna metod är att bestämma läckagets position genom att jämföra det ljud som detekteras vid två olika punkter på ledningen (Hamilton & Charalambous, 2020). I praktiken monteras akustiska sensorer vid brandposter eller ventiler till vattenledningen. Dessa två sensorer övervakar samtidigt den akustiska signal som kommer från läckan i vattenledningen.

Metoden bygger på antagandet att när ledningen är av samma material och har samma diameter, kommer det ljud som skapas av en läcka att fortplanta sig med konstant hastighet i båda riktningarna (Hamilton & Charalambous, 2020). Det vill säga att en vattenledning avger ett kontinuerligt ljud när det läcker, ljudet sprids på båda håll i vattenledningen. Detta läckeljud kan höras genom att en sensor eller mikrofon placeras i vardera änden av ledningen. Positionen av läckan avgör tidsskillnaden i hur ljudet utbreder sig. Om läckan är mitt i vattenledningen får båda sensorerna signalen samtidigt, men om den är nära en viss sidan får sensorn närmast läckan signalen först, vilket innebär att det blir en tidsfördröjning, se figur 3.



Figur 3. Illustration av korreleringsmetoden (Hamilton & Charalambous (2020)). Omarbetad med tillstånd.

Sensorerna 1 och 2 är placerade i ändarna av vattenledningen. Läckagepunkten, se exempel i figur 3, ligger närmare sensor 1 och när läckageljudet når sensor 1 når den del av samma ljud som färdas mot sensor endast punkt X. Avståndet från punkt X till sensor 2 medför en tidsfördröjning (T) innan ljudet når sensorn. Om ljudhastigheten är V och avståndet mellan sensor 1 och 2 är D_1 , är avståndet från punkt X till sensor 2 lika med $V * T$. Därför kan ekvation 1 härledas.

$$D_1 = (2 * L) + (V * T) \quad (1)$$

Om ekvationen 1 omformuleras fås avståndet L från den närmaste sensorn till läckagepunkten, får vi ekvation 2.

$$L = \frac{D_1}{2} - \frac{V * T}{2} \quad (2)$$

Där L är avståndet från den närmaste sensorn till läckagepunkten [m], D_1 är avståndet mellan de två sensorerna [m], T är uppmätt tidsfördröjning [s], V är ljudets fortplantningshastighet i vattenledningen [m/s]. Ljudets hastighet (V) beror på faktorer som ledningsmaterial, ledningsdiameter, vägg tjocklek och omgivande jord med flera.

2.1.3 ANN-modellen

Som hjälp i arbetet med att hitta läckor i vattenledningar kan en metod som kallas ANN-modell (Artificial Neural Network) användas (Sörensen m.fl., 2021). ANN-modellen är i detta fall ett verktyg som har som syfte att på ett effektivt och pålitligt sätt förutsäga läckage i ledningar. Genom att använda databaser med faktorer som rörmaterial, rördimensioner, jordtyp och tryckzoner kan modellen identifiera samband mellan dessa och tidigare läckor.

I Göteborg har ANN-modellen utgått från läckor som inträffat mellan åren 2010 och 2019 och har därigenom kunnat utveckla samband mellan läckage och tidigare nämnda faktorer (Sörensen m.fl., 2021). Varje ledning tilldelas ett värde mellan 0 och 1 där högre värde indikerar på en högre risk för läckage. De ledningarna med högt värde kan sedan prioriteras för underhåll eller förnyelse.

2.1.4 Kostnader relaterade till läckor

Utrustning för akustisk detektering innefattar lyssnarstav, digital lyssnarstav och korrelator. Dessa används för att lokalisering av läckor. Livslängder och kostnader för utrustningar från Hamafo (Andersson m.fl., 2023) redovisas i Tabell 3. Vid beräkningen av livslängden används endast medelvärdet och styckpriset för lyssnarstav har beräknats som ett genomsnitt med hänsyn till att priserna och livslängderna för olika enheter varierar.

För en akustisk detektering av en vattenläcka tar grovlokalisering cirka 15 timmar och finlokalisering cirka 30 minuter (Andersson m.fl., 2023). Grovlokalisering är mer omfattande och varierande, medan för finlokalisering finns en tydligare uppfattning om tidsåtgång, personalbehov och utrustning som används.

Den huvudsakliga ekonomiska kostnaden för läcksökningar är personalkostnaden. För de tekniker som är anställda av Göteborg Kretslopp och vatten var det totala timpriset cirka 900 kronor per timme år 2023, exklusive tillägg för oregelbunden arbetstid (Andersson.m.fl., 2023). De arbetar vanligtvis i team om två personer när de utför läcksökning.

Den kostnaden för personal är dock en uppskattning och beror inte på tillgänglig statistik (Andersson.m.fl., 2023). Det angivna timpriset för personalen inkluderar inte OB-tillägg. Akustisk läcksökning behöver ofta utföras nattetid i stadsmiljö för att undvika bullerstörningar, vilket innebär att OB-tillägg bör tas i beaktning.

Tabell 3. Kostnad för läcksökningsmetod, utrustning och personal (Andersson m.fl., 2023).

Akustisk metod	Utrustning	Livslängd	Pris/st.
	Lyssnarstav (LS-5, LS10, LS-15)	50 år (oändlig)	1900 kr (1500–2300 kr)
	Digital lyssnarstav (FSB-8D)	15 år (10–20 år)	9000 kr
	Korrelator (Lokal 400)	15 år (10–20 år)	120 000 kr
Personal	Kostnadspost	Kostnad / Enhet	
	Timpris per person (Göteborg kretslopp och vatten)	900 kr/timme	

Detta resulterar i en att den genomsnittliga kostnaden för att hitta en läcka var 36 500 kronor år 2023 i Göteborg med denna läcksökningsmetod.

2.2 Rörmaterial

I Sverige finns ett mycket omfattande och utbyggt nät av vattenledningar. Detta har byggts ut på grund av att samhället blir större och ställer nya krav. Eftersom förutsättningar och kunskap har sett olika ut genom tiderna har olika material för rör använts genom åren. Konsekvensen av detta blir att nätets egenskaper inte är lika. I en studie som omfattar flertalet kommuner ser uppdelningen av rörmaterial i ledningsnätet, och deras läckfrekvens, ut enligt nedanstående Tabell 4 (Malm m.fl., 2011a).

Tabell 4. Fördelning av material i vattenledningsnätet och dess skadefrekvens år 2008 (Malm m.fl., 2011a).

Material	Andel av ledningsnät år 2008 [%]	Läckfrekvens [Läcka/km/år]
Gråjärn	35,3	0,22
PE	22,4	0,02
Segjärn	19,8	0,04
PVC	12,5	0,09
Övrigt	10,0	-

Gråjärn är det material som år 2008 var det vanligaste för dricksvattenledningar i de utvalda kommunerna. Dessa rör producerades och användes fram till 1970-talet och finns i allt från små till större dimensioner (Malm m.fl., 2011a). Jämfört med övriga material har gråjärn betydligt högre läckfrekvens, med fler läckor. Möjliga förklaringar till detta är att dessa rör är mer sättningskänsliga och att de ofta har legat väldigt lång tid i marken vilket ökar korrosionsrisken. I Göteborg uppskattas ledningar av gråjärn svara för 80 % av allt utläckt vatten (Malm m.fl., 2015).

Runt 1970 började man övergå till att använda mer segjärn än gråjärn. Med detta skifte erhöles flera positiva effekter (Malm m.fl., 2011a). Det ska dock sägas att från början anlades fyllning

direkt på rören utan några kraftiga skydda mot korrosion. Konsekvensen av detta blev att läckage orsakat av just korrosion uppkom relativt fort då tjockleken på rören är betydligt mindre än för gråjärn. Ganska snabbt började det därför utvecklas starkare skydd och idag anpassas skyddsmaterialet efter markberoende egenskaper, som exempelvis pH och resistans i jorden. För huvudledningar lägger man även idag ofta rör av segjärn.

PE och PVC är av typen plastledningar och har använts ungefär i 75 år (Malm m.fl., 2011a). Då de introducerades användes de främst för små dimensioner av rör. Efter införandet har användningen ökat, framför allt för just små dimensioner. För större dimensioner väljs ofta plastmaterialet GRP i egenskap av dess mindre krypningar i förhållande till övriga material. Som Tabell 4 visar har plastledningar betydligt lägre läckfrekvens än gråjärnledningar.

Gråjärnledningar kan ifall de inte är korrekt skyddade vara känsliga för korrosion (Malm m.fl., 2011a). Detta gör att för ledningar lagda mellan 1979 och tidigare kan en trend för ökande läckfrekvens per år tas fram. Detta samband ger att för varje år en ledning har befunnit sig i marken ökar läckfrekvensen med ungefär en tusendel (Malm m.fl., 2011a). Det ska dock sägas att lokala variationer för vissa årtionden där ledningar har lagts förekommer.

2.3 Underhåll av dricksvattenledningar

Underhåll av dricksvattenledningar innebär att man säkerställer det befintliga ledningsnätets funktion. Detta är viktigt för att garantera leveranssäkerheten och vattnets kvalitet. Det finns tre huvudsakliga typer av underhåll av dricksvattenledningar och definieras enligt svensk standard som avhjälpande, förebyggande och förbättring (Svenska institutet för standarder [SIS], 2017).

2.3.1 Avhjälpande underhåll

Då en skada eller annat fel upptäcks i ett rör och underhåll sker på grund av upptäckten kallas det för avhjälpande underhåll (SIS, 2017). Vid exempelvis en stor läcka kan det krävas omedelbara åtgärder för att säkerställa driften av hela dricksvattennätet. Om sådant underhåll

sker kallas det enligt standard för akut avhjälpande underhåll. Vid ej så akuta situationer kan underhållet senareläggas, då kallas det för uppskjutet avhjälpande underhåll.

Mindre läckor kan lagas med en så kallad reparationsmuff, se figur 4 (Appelqvist m.fl., 2012). Denna täcker hålet i röret och genom dess insida av gummi försluts rördelen och läckan är därmed åtgärdad. Om rörbrottet däremot är långsträckt eller om hålet är väldigt stort behövs den berörda rördelen bytas ut. De nya skarvar som bildas sammanfogas och tätas med en liknande anordning som reparationsmuffen. Båda dessa metoder kräver att marken grävs upp runt om läckan. Vid färdigställande fylls detta schakt igen med krossmaterial.



Figur 4. Reparationsmuff appliceras på en vattenledning av gjutjärn med dimension 610 millimeter i Hull, Storbritannien. (Cascade Clamps, 2011). CC BY-NC-ND 2.0

2.3.2 Förebyggande underhåll

För att undvika framtida fel i vattenledningar kan förebyggande underhåll utföras. Det innebär att underhåll utförs för att antingen bedöma, eller minska risken för fel i det aktuella röret (SIS, 2017). Om förebyggande underhåll sker regelbundet över tid eller användning kallas det för förutbestämt underhåll. Ett indirekt förebyggande underhåll görs då ett fel eller möjligt fel upptäckts efter en granskning, exempelvis TV-inspektion, och skulle kunna innebära att en spolning utförs i ledningen.

2.3.3 Förbättring, driftsäkerhetsförbättring

Förbättring av dricksvattenledningar sker för att förbättra en, eller flera, egenskaper av ledningen (SIS, 2017). Det kan vara funktionssäkerheten, möjligheter för framtida underhåll och- /eller säkerheten. Dock skall inte den ursprungliga funktionen ändras. Med denna åtgärd förväntas livslängden av röret förlängas. Förbättring kan också ske vid ett uppkommet fel, varvid åtgärder görs för att felet inte ska ske igen.

2.3.4 Underhållsrelaterade kostnader

Kostnaden för att laga en enskild läcka i en dricksvattenledning kan ses som en engångskostnad (Shahparvari, 2017). Vad som ofta behöver utvärderas är hur mycket läckor som ska lagas innan det är mer ekonomiskt gynnsamt att förnya ledningen. I en australiensisk studie från 2013 har underhållskostnader från reparationsarbeten av ledningar under tio års tid, totalt 2 526 reparationer, utvärderats (Shahparvari, 2017). Utifrån dessa har sedan regressionsmodeller tagits fram som används för att ge olika material parametervärden. Det studien kom fram till är att ekvation 3 nedan, kan ge ett ungefärligt värde i AUSS\$ på reparationskostnaden, k_l , för att laga en läcka.

$$k_l = a + b \times D^c + d \times u^e + f \times D \times u \quad (3)$$

Parametrarna a, b, c, d, e och f är koefficienter framtagna ur regressionsmodellen och får värden enligt Tabell 5 och 6. D är rördiametern i millimeter och variabeln u är rörets djup, där

$\leq 1,5\text{m}$ ger värdet "1" och $> 1,5\text{m}$ ger värdet "2". Värdet på f är beroende av plats där reparationen sker och redovisas i Tabell 6.

Tabell 5. Värden på parametrar efter material i dricksvattenledningar (Shahparvari, 2017).

Rörmaterial	a	b	c	d	e
Järn, PVC	877,201	0,066	1,849	0,233	-0,146
Betong	659,143	0,023	2,063	-0,002	19,399

Tabell 6. Värden på parametern " f " beror på området där underhåll av dricksvattenledning sker (Li, 2013).

Parameter	Centralt affärsområde	Tätbebyggt område	Bebyggt område	Glesbygd
f	4,43	3,43	2,26	1,00

Med denna metod kan alltså en karakteristisk kostnad erhållas för en läcklagning. Vad som dock är mycket viktigt att känna till är att metoden inte till fullo går att utgå ifrån. Denna studie utgår ifrån australienska förhållanden vilket skiljer sig mot svenska. Skulle metoden översättas till svenska krävs att valutafluktuationer tas i beaktning, samt att en inflationskoefficient införs. Det ska också sägas att metoden utgår från en regressionsmodell. I det enskilda fallet kan då kostnaden markant skilja från beräkningarna. Exempelvis kan markförhållanden och oförutsedda händelser ha stor inverkan på kostnaden.

I en studie utförd i Göteborg har kostnader för läcklagning utvärderats mellan 2007 och 2009 (Malm m.fl., 2015). Beroende på rördiameter kunde då en medelkostnad för en läcklagning sättas. Läckor i rör med diameter 250 mm och över är förhållandevis få vilket innebär att dessa värden är mer osäkra. Ett totalt viktat medel för lagning av en läcka oberoende av diameter i Göteborg motsvarar i dagens penningvärde ungefär 100 000 kronor per läcka.

2.4 Förnyelse av dricksvattenledningar

Då en ledning behöver bytas ut kallas det för förnyelse. Detta innebär att det äldre röret helt, eller delvis, ersätt med ett nytt. Vilken metod som lämpar sig bäst beror på flera faktorer och redovisas i Tabell 7. Grundläggande är dock vilket funktionskrav som ska ligga till grund för förnyelsen. Dessa är bland annat kapacitet, behov, täthet, styrka, resistens samt självrensningförmåga och hastigheter (Malm m.fl., 2011b).

Tabell 7. Faktorer som påverkar val av förnyelsemetod (Malm m.fl., 2011b).

Tekniska faktorer	Ekonomiska faktorer	Olägenheter för tredje man
Markförhållanden: Sättningskänslig mark/svackor	Ledningens tillgänglighet (till exempel djup, jordart)	Trafikomläggningar
Helt eller delvis kollapsad ledning	Antal serviser	Uppgrävda tomter
Behov av rengöring	Andra arbeten inom området	Försvårad tillgänglighet till byggnader
	Befintliga ledningar i gatan	Följdsador på grund av utfört arbete
	Utförandetid	Bräddningar till recipient under byggtiden
	Förorenad jord	Slangning av fastigheter
	Behov av proviska ledningar för distribution och överpumpning	
	Oförutsedda utgifter	

2.4.1 Förnyelsemetoder

Det finns olika metoder för förnyelse av dricksvattenledningar. I Tabell 7 redovisas faktorer som påverkar valet av metod. Enligt svensk standard delas förnyelsemetoderna in i antingen med schakt eller schaktfria, där det senare sedan delas in i renovering eller omläggning (SIS, 2022).

Öppna schakt är ofta betydligt dyrare att genomföra, men kan krävas i olika situationer (Malm m.fl., 2011b). Det kan vara då en ledning i sin helhet har kollapsat eller där marken är mer sättningskänslig. Då rör helt ersätts och en ny ledning anläggs bredvid den äldre är öppna schakt enklare och mer ekonomiskt gynnsamma. Beroende på markens material kan

kostnaden för öppna schakt vara olika, exempelvis är bergschakt mer omfattande att gräva och därmed mer kostsamma, se figur 5. Uppskattningsvis är kostnaden för schakt mellan 20 000 och 30 000 kronor i Göteborg (F. Heiden, personlig kommunikation, 1 april 2025). För fall då schaktfria metoder är omöjliga att genomföra används således också öppna schakt.



Figur 5. Pågående schaktning för VA-ledning i Eskilstuna, där berggrunden får borrar bort. (Spjuth, 2018). CC-BY 4.0

Ofta väljer man att använda schaktfria metoder eftersom det ofta är mer effektivt och mindre kostsamt. Renovering av rör sker då ledningen infodras med andra typer av rör. Dessa finns definierade i svensk standard och det infodrade röret kan exempelvis vara kontinuerligt, formpassat eller spirallindat (SIS, 2022). Nackdelen med en sådan metod är att rördiametern för den nya ledningen är mindre än den äldre, se figur 6. Infodrning sker oftast med PE-rör och metoden är aktuell för mindre rördimensioner, upp till 180 millimeter (Norsk Vann, 2016).



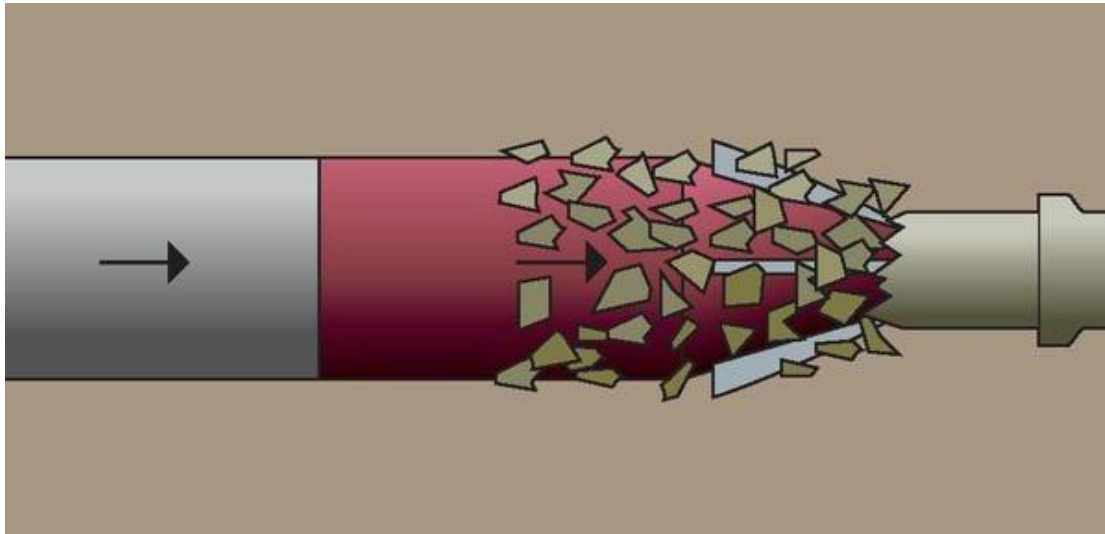
Figur 6. Infördring av kontinuerligt rör. (Norsk Vann, 2016). Återgiven med tillstånd.

Den andra metoden av schaktfri förnyelse är omläggning. Dessa är enligt standard rörspräckning, borring, rörtryckning och användandet av mikrotunnel (SIS, 2022). Rörtryckning är i synnerhet bra att använda för större dimensioner, men kan användas för rör i dimensionsspännet 219 till 1 220 millimeter (Norsk Vann, 2016). Röret trycks normalt i längder om 60 meter. Se figur 7 för rörtryckning.



Figur 7. Rörtryckning i Norge. (Norsk Vann, 2016). Återgiven med tillstånd.

Rörspräckning går till så att det gamla röret spräcks sönder av en ny ledning som trycks fram i marken, se figur 8. Vanligen grävs ett startschakt och ett mottagarschakt, vilket sedan tar emot en dragstång som tryckts fram i det gamla röret (BCT AB, 2025). På stängen fästs en expanderkona som drar med sig det nya PE-röret samtidigt som den gamla ledningen spräcks sönder på tillbakavägen. Metoden kan användas för rördimensioner större än 100 millimeter, alla vanliga rörmaterial i svenska ledningsnät och i längdetapper om upp till 200 meter.



Figur 8. Rörspäckning. ("Schachtfrei teknik", u.å.). CC-BY-SA-4.0

Borring är en speciellt bra metod att använda då förnyelse sker under exempelvis järnvägar, vattendrag eller trafikerade områden (Norsk Vann, 2016). Metoden kan användas för både små och större ledningsdimensioner och beroende på dimension kan installationslängden vara upp till 500 meter. Markens egenskaper är dock avgörande för borring, exempelvis om marken är av grövre jordtyp kan metoden bli utmanande. Se figur 9 för exempel på hur borring kan gå till.



Figur 9. Förnyelse genom borrhning i Norge. (Norsk Vann, 2016). Återgiven med tillstånd.

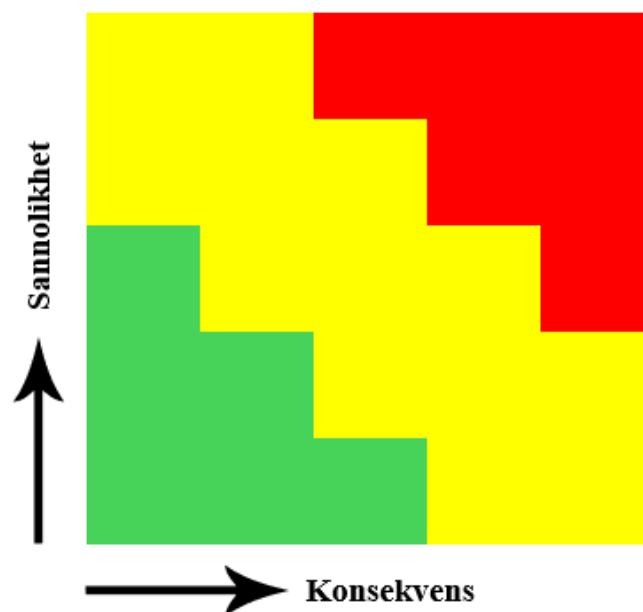
2.4.2 Prioritering av förnyelse

Förnyelse av dricksvattenledningar sker konstant. Vilka ledningar som ska förnyas och hur de ska prioriteras är upp till varje VA-organisation. För att kunna göra en bra prioritering erfordras relevanta underlag (Svenskt Vatten Utveckling, u.å.). Underlagen som krävs är framförallt driftstatistik men också kunskap och kompetens av drickvattennätet. Vad som ofta görs är en riskanalys. Detta innebär att ledningar med hög sannolikhet att behöva förnyas markeras ut på en karta över nätet. Så kallade konsekvensledningar markeras också ut. Dessa ledningar ger vid akuta problem stora konsekvenser och har därför anledning att vara prioriterade.

I en Svenskt Vatten Utveckling rapport beskrivs två metoder för att prioritera förnyelse av dricksvattenledningar (Malm m.fl., 2011b). Första metoden utgår från att inventering av driftstörningar görs. Med hjälp av denna kunskap kan sedan undersökningar över relevant information göras. Följande punkter är information som kan användas för att prioritera ledningarnas förnyelse (Malm m.fl., 2011b):

- Läckor per ledning.
- Läckor per material och/eller ledningsålder.
- Läckor per område.
- Läckor jämfört med jordartskartan.
- Stora dimensioner med tvivelaktigt material.
- Sträckor som inte har självrensning.
- Stopp av vattenflöde per material/område.
- Metalliska ledningar med låg hastighet, $< 0,1$ m/s (stillastående vatten ger sedimentation och korrosion).
- Klagomål på vattenkvalitet.

Den andra metoden utgår ifrån risk, alltså en kombination av konsekvens och sannolikhet. Detta kan illustreras i en riskmatris som i figur 10. Exempelvis skulle en ledning som har hög sannolikhet för ett ledningsbrott och vars konsekvens är stor, placeras i det röda området i matrisen. Dessa ledningar kallas riskledning. En ledning som tidigare har drabbats av många läckor kan ha hög sannolikhet att drabbas av nya läckor och kallas därför för sannolikhetsledning (Malm m.fl., 2011b). Om konsekvensen av att något händer med en ledning är betydande kallas den för konsekvensledning. Ett exempel på en sådan ledning kan vara huvudledningar och ledningar till sjukhus och andra samhällsviktiga funktioner.



Figur 10. Riskmatris.

För att ta fram sannolikheten för en viss ledning kan med fördel läckfrekvensen på den aktuella ledningen användas (Malm m.fl., 2011b). Läckfrekvenser uppdelade efter rörmaterial finns i Tabell 4 under Kapitel 3.2. Fler parametrar som kan vara aktuella att ta med i utvärderingen är om hög läckfrekvens sammanfaller med en, eller flera, av följande punkter:

- Jordarter i jordartskarta (kan exempelvis vara högkorrosiva jordar som leror med hög salthalt, organiska jordar samt övergångar mellan jordar med olika syretillgångar),
- Speciella läggår (exempelvis har ledningar lagda under 1960-talet visat sig ha lägre kvalitet än andra läggår (Malm m.fl., 2011a)),
- Ledningar med låg omsättning,
- Ledningar med högt tryck.

Om kopplingar kan göras mellan hög läckfrekvens och en eller flera av dessa punkter skulle det kunna ge upphov till att ledningar med liknande förutsättningar också har hög sannolikhet för läckage (Malm m.fl., 2011b).

2.4.3 Förnyelserelaterade kostnader

För att beräkna kostnader i samband med förnyelse kan nuvärdesmetoden vara vägledande (Malm m.fl., 2011b). Med denna metod kan framtida drift- och underhållskostnader vägas mot en investering om förnyelse i nutid. Metoden går till så att en tidsperiod bestäms och inom denna tidsperiod identifieras samtliga kostnader och intäkter som är relevanta för beslutet. En kalkylränta tas fram enligt tabeller och utifrån den kommer diskonteringsfaktorer. Diskonteringsfaktorn är en faktor som beskriver summan av enstaka kostnader i nuvarande penningvärde och nusumme faktorn tas hänsyn till kostnader som är återkommande.

Kalkylräntan kan vara svår att ta fram. Detta beror på att kalkylränta beskriver skillnaden mellan inflationen och den ränta som betalas (Malm m.fl., 2011b). Ingen kan med säkerhet veta vad dessa kommer vara i framtiden.

Med hjälp av nuvärdesmetoden kan alltså en investering om förnyelse ställas mot kostnaden för beräknade framtida underhållskostnader för nuvarande ledning. Vad som dock är viktigt att nämna, gällande nuvärdesmetoden, är att det inte är möjligt att jämföra alternativ då

livslängden skiljer sig åt mellan dem (Ryberg & Gustafsson, 2022). Vad som kan göras är att med nuvärdesmetoden som grund beräkna en livscykelkostnad för en investering, i detta fall om förnyelse.

En livscykelkostnad, så kallad LCC, är bra i synnerhet bra då mycket långsiktiga investeringar görs (Ryberg & Gustafsson, 2022). Både själva investeringskostnaden och framtida drift- och underhållskostnader utvärderas under hela livscykeln. Förnyelse av dricksvattenledningar sker långsiktigt och om en total kostnad de nya ledningarna erhålls kan den jämföras med vad kostnaden skulle bli om inte förnyelsen sker, alltså förväntade drift och underhållskostnader för befintlig ledning eller system.

I en sydkoreansk studie har LCC använts för att bestämma den optimala åldern för när en dricksvattenledning av segjärn ska förnyas (Ghobadi m.fl., 2021). Enligt denna studie beräknas livscykelkostnaden LCC (kr/km/år) enligt ekvation 4. De efterföljande ekvationerna 4, 5, 6, och 7 kommer från samma studie.

$$LCC(D, t) = K_{ii}(D, t) + K_u(D, t) \quad (4)$$

Den initiala investeringskostnaden K_{ii} och underhållskostnaden K_u är beroende av tiden t (år) samt rördiametern D (mm). K_{ii} och K_u uttrycks i kr/km/år.

$$K_{ii}(D, t) = \frac{K_f(D)}{t} \quad (5)$$

Investeringskostnaden per år är alltså kostnaden för själva förnyelsen K_f beroende av rördiametern över antalet år t .

$$K_u(D, t) = K_l(D) \times \frac{\sum_{A=1}^t F_{l,m}(D, A)}{t} \quad (6)$$

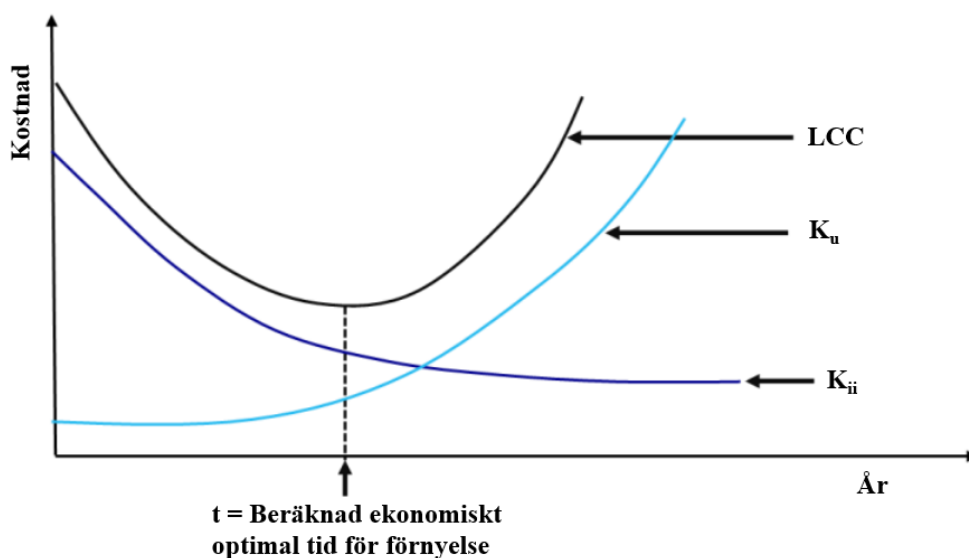
Underhållskostnaden K_u (kr/km) beräknas som produkten av reparationskostnaden K_l , beroende av rördiametern, och ett medel av läckfrekvensen beroende av rördiameter D (mm) och rörålder A (år).

$$K_l(D) = 1,300 \times \left(\frac{D}{304,8}\right)^{0,62} \times 800 \quad (7)$$

Reparationskostnaden K_l (kr/skada) enligt ekvation 7 härstammar ifrån en amerikansk studie från 1983, där D är rördiametern i millimeter (U.S. Army Corps of Engineers, 1983). Ett alternativ här hade kunnat vara att använda ekvation 3, för reparationskostnad, som föreslås under kapitel 3.3.4. Det ska sägas att även som dessa ekvationen är empiriskt framtagna så är det en fördel om det finns nationell eller regional statistik för reparationskostnad, om det finns tillgängligt. Detta skulle sannolikt ge ett mer träffsäkert resultat. På liknande sätt föreslår denna sydkoreanska studie ekvation 8 för att beräkna läckfrekvensen $F_{l,m}$ (läcka/km/år) beroende av rördiameter D (mm) och rörålder A (år). I bästa fall skulle detta värde också utgå ifrån nationell eller regional statistik. I tabell 4 under kapitel 3.2 redovisas läckfrekvens för olika rörmaterial i utvalda svenska kommuner, dock utan inverkan av rördiameter och ålder.

$$F_{l,m} = 0,109 \times e^{-0,0064D} \times A^{1,377} \quad (8)$$

I figur 11 illustreras ett exempel på hur resultatet av en beräkning enligt denna studie skulle kunna se ut. Den visar att med rörålder ökar underhållskostnaden medan den initiala investeringskostnaden minskar. Den ekonomiska livslängden, alltså den optimala tiden för förnyelse, är vid tiden t . Vid denna punkt når summan av investeringskostnad och underhållskostnad ett minimum.



Figur 11. Exempel på resultat av LCC-beräkning för dricksvattenledning. (Ghobadi m.fl., 2021). Omarbetad med tillstånd.

För att metoden som denna studie föreslår ska kunna användas krävs statistik över skadefrekvens uppdelat per rördiameter och rörålder. Det krävs också en beräknad medelkostnad för lagning av ledning uppdelad i rördiameter och rörålder. En prissättning för förnyelse av dricksvattenledningar per meter beroende av rördiameter erfordras också. Det ska sägas att den sydkoreanska studien endast behandlar ledningar med diameter mellan 80 och 500 millimeter.

I en kanadensisk fallstudie har liknande LCC-beräkningar gjorts där historiska data för segjärnsledningar i Toronto utvärderats (Lin m.fl, 2022). Utifrån beräkningarna blev en av slutsatserna att en ledning med diametern 400 millimeter och längd 200 meter bör förnyas då ett femte större ledningsbrott sker.

I Göteborg, i Sverige, gjordes 2015 en studie där olika alternativ jämfördes för vad som finansiellt skulle vara mest gynnsamt att investera i för dricksvattennätet som helhet (Malm m.fl., 2015). Ett av alternativen var att öka förnyelsetakten. Den besparing som gjordes beräknades enligt ekvation 9.

$$S_f = (K_{s,d} + K_{s,a}) \times V_s + K_{s,i} + K_{s,l} + N_l \times K_l \times L_f \quad (9)$$

$K_{s,d}$	Minskad kostnad av lägre dricksvattenproduktion (inkluderat minskat kemikalieanvändande och mindre energianvändning) i kr/m ³ .
$K_{s,a}$	Minskad kostnad på grund av mindre utläckt vatten som behandlas som avloppsvatten i kr/m ³ .
V_s	Volym minskat läckt vatten i m ³ /år.
$K_{s,i}$	Minskad investeringskostnad som följd av att kapacitetshöjande åtgärder inte behövs på grund av lägre läckt vatten i kr/år.
$K_{s,l}$	Minskad kostnad för ej längre behövt underhåll (inkluderat planering och analys) i kr/år.
N_l	Antal läcklagningar som ej längre utförs i läckor/km/år.
K_l	Kostnad per läcklagning i kr.
L_f	Ledningsförnyelse i km.

Beräkningarna utfördes med användandet av Monte-Carlo simuleringar med 10 000 iterationer (Malm m.fl., 2015). Resultatet av detta blev att oavsett vilken diskonteringsfaktor som användes (1, 3 eller 5 procent) blev nettonuvärdet negativt efter tio år och en ökning av årlig förnyelse från 8 till 26,5 km. Istället framkommer det ur resultatet att alternativet som innebar ökad läcksökningen genom att öka personalstyrkan och använda manuella läcksökningsmetoder som korrelering och marklyssning skulle generera ett positivt nettonuvärde. De andra alternativen var att öka antalet läckloggar i systemet, som meddelar VA-organisationen vid upptäckt ljud från läckor, samt att dela in ledningsnätet i zoner för att begränsa storleken på läcksökningsområdet. I det senare alternativet erfordras aktiv läcksökning. Att öka antalet läckloggar gav negativt nettonuvärde medan alternativet om att dela in ledningsnätet i zoner för läcksökning resulterade i positivt nettonuvärde, dock inte lika högt som för alternativet att öka personalstyrkan.

I denna studie användes en snittkostnad för tidigare ledningsförnyelse genom rörspräckning i Göteborg. Denna kostnad motsvarar i dagens penningvärde 7 916 kronor per meter (Malm m.fl., 2015). Beroende på kvantiteten av ledningslängd som förnyas minskas denna kostnad eftersom detta både skapar ett bättre förhandlingsläge för VA-organisationen när det kommer till entreprenörsavtal och kan öka effektiviteten i arbetet (Evertsson, 2016). I fallet för förnyelse av avloppsledningar i Mölndals stad angavs att om förnysetakten ökade med 0,1 procent, cirka 0,6 kilometer, så minskade förnyelsekostnaden fem procent per meter (Evertsson, 2016).

2.5 Hållbar utveckling

För en hållbar VA-planering krävs långsiktighet för att hantera framtida utmaningar, inklusive ökad eller förändrad efterfrågan, befolkningstillväxt, utökning av verksamheten samt anslutning av nya områden (Svenskt Vatten, 2023b). Med hänsyn till vattenledningarnas långsiktiga hållbarhet kan ekonomiska nyckeltal och livslängden för vattenledningsmaterial analyseras som ett sätt att bedöma och planera behovet av underhåll eller förnyelse av vattenledningarna.

2.5.1 Livslängd

Livslängden för en vattenledning beräknas som tidsperioden från att ledningen lagts till den tidpunkt då ledningen kräver utbyte för att bibehålla sin funktion. Livslängden för en vattenledning beror på flera faktorer, bland annat material, miljö, användning och hur ledningen är konstruerad och installerad (Malm m.fl., 2011). Medianlivslängder för olika material visas i Tabell 8 och innefattar det tidsintervall under vilket 50% av en grupp av ledningar har bytts ut. Det innebär att hälften av ledningarna är fortfarande i bruk och den andra hälften av dem ansågs vara i behov av utbyte.

Tabell 8 visar att gråjärn och segjärn har en längre livslängd på 75 till 100 år, följt av PE och PVC med 50 till 100 år samt betong har den kortaste livslängden på 50 till 70 år.

Tabell 8. Livslängd för olika vattenledningsmaterial över tid (Malm m.fl., 2011a).

Rörmaterial	Tidsperiod	Median livslängd
Gråjärn	1860–1970	75–100 år
PE	1955-nuvarande	50–100 år
Segjärn	1967-nuvarande	75–100 år
PVC	1955-nuvarande	50–100 år
Betong	1950-nuvarande	50–75 år

2.5.2 Nyckeltal

För att möjliggöra en bedömning av vattenledningarnas tillstånd och långsiktiga hållbarhet, behövs det en förståelse för vattenledningarnas data och nyckeltal. Med data från VASS Drift visas den övergripande situationen för kommunala dricksvattenledningar i Sverige under tidsperioden 2019-2023.

Investerings- och förnyelsetakt

Omfattningen av utbyggnad och underhåll av kommunala vattenledningsnät bedöms med hjälp av två nyckeltal: investerings- och förnyelsetakten. Förnyelsetakten i Tabell 9 utgör en indikation på den långsiktiga hållbarheten i vattenledningsnätet, vilket beror på ledningsnätets befintliga skick och behov av förnyelse på grund av exempelvis klimatförändringar, samhällsutveckling samt befolkningsökning och likande (Malm m.fl., 2018). Investeringstakt används för att mäta nybyggnadstakten av vattenledningar i kommunerna. En hög investeringstakt leder till en lägre förnyelsetakt eftersom ledningsnätet blir längre.

Tabell 9. Statistik över vattenledningsnätets längd och förnyelse för 2019–2023 för samtliga kommuner i Sverige enligt årliga VASS driftundersökningar (Svenskt Vatten, 2021–2023a, 2024).

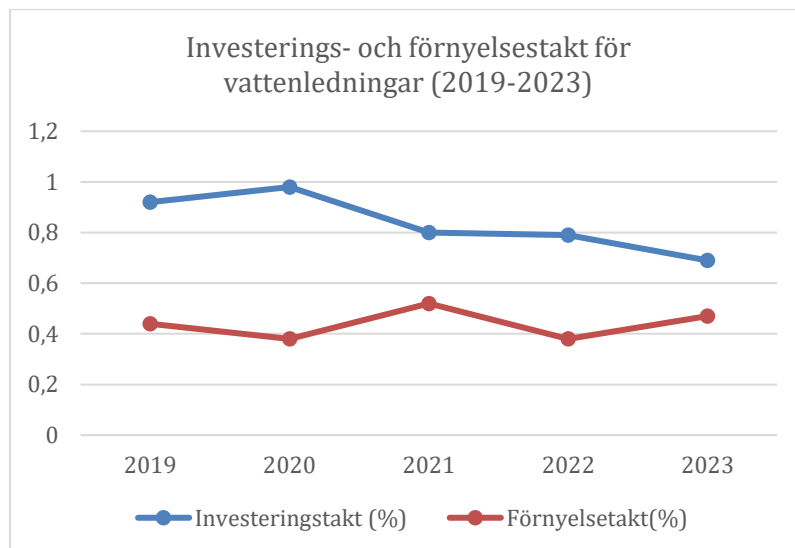
	2019	2020	2021	2022	2023
Befintligt vattenledningsnät (km)	83800	84500	85170	84700	84502
Nyanlagda vattenledningar (km)	770	826	681	673	580
Förnyade vattenledningar (km)	370	318	445	320	398
Investeringstakt (%)	0.92	0.98	0.80	0.79	0.69
Förnyelsetakt (%)	0.44	0.38	0.52	0.38	0.47

Investerings takten i Tabell 9 beräknas enligt ekvation 10 (Svenskt Vatten, u.å.b) och är längden på de nyanlagda vattenledningar som en andel av den totala längden på det befintliga vattenledningsnätet. Förnysetakten beräknas enligt ekvation 11 och omfattar längden på förnyade vattenledningar per år som en andel av längden på det befintliga vattenledningsnätet.

$$\text{Investerings takt för vattenledningar (\%)} = \frac{\text{Nyanlagda vattenledningar(km)}}{\text{Befintligt vattenledningsnät(km)}} * 10 \quad (10)$$

$$\text{Förnysetakt för vattenledningar (\%)} = \frac{\text{Förnyade vattenledningar(km)}}{\text{Befintligt vattenledningsnät(km)}} * 100 \quad (11)$$

Investerings takten var som högst 0,98 procent år 2020 men har sedan dess sjunkit varje år ner till 0,69 procent år 2023, se figur 12. Detta tyder på en långsammare takt för nyanläggning av vattenledningsnätet. Förnysetakten varierar och når en topp 2021, vilket antyder en ökad förnyelse av äldre ledningar det året, medan förnysetakten år 2023 är 0,47 procent vilket är lite högre än 2022. En studie av Svenskt Vatten Utveckling visar att vattenledningsnätet bör förnyas med 0,7 procent per år (Malm & Svensson, 2011), vilket baseras på en medellivslängdsbedömning. Resultaten har visat att förnysetakten fortfarande ligger långt under den önskade nivån.



Figur 12. Linjediagrammet visar att investerings- och förnysetakt för vattenledningsnätet mellan 2019 och 2023.

Ny- och reinvestering

De ekonomiska investeringarna i vattenledningar under tre år visas i Tabell 10, där både ny- och reinvesteringarna ökar tydligt för varje år. Utgifter för investeringar och reinvesteringar per meter vattenledning kan beräknas enligt ekvation 12 respektive 13 (Svenskt Vatten, u.å.b).

Tabell 10. Investeringar och reinvesteringar i vattenledningsnät 2021–2023 för samtliga kommuner i Sverige (Svenskt Vatten, 2022, 2023a, 2024).

	2021	2022	2023
Nyinvestering i vattenledningar (Mkr)	577	864	1109
Reinvestering i vattenledningar (Mkr)	595	693	868

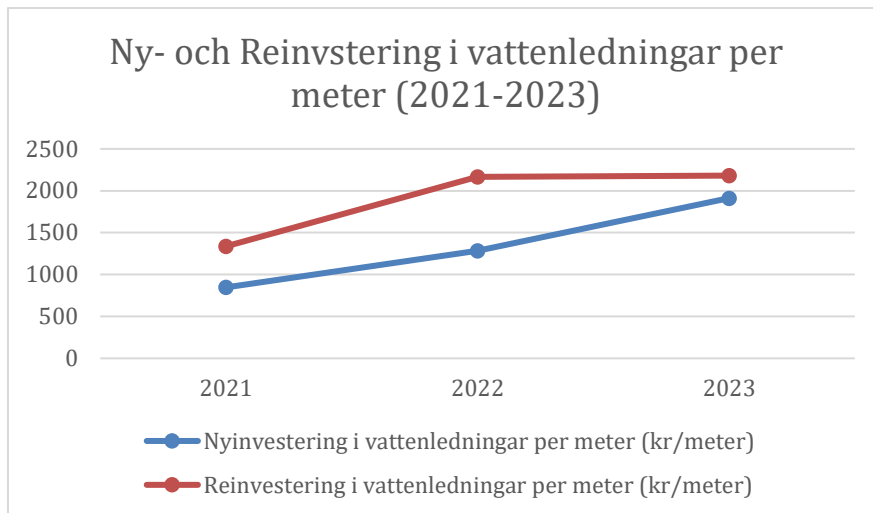
$$\text{Investeringsutgift per meter} \left(\frac{\text{kr}}{\text{meter}} \right) = \frac{\text{Nyinvestering i vattenledningar (Mkr)}}{\text{Nyanlagda vattenledningar (km)}} \quad (12)$$

$$\text{Reinvesteringsutgift per meter} \left(\frac{\text{kr}}{\text{meter}} \right) = \frac{\text{Reinvestering i vattenledningar (Mkr)}}{\text{Förnyade vattenledningar (km)}} \quad (13)$$

Tabell 11. Beräknad ny- och reinvesteringsutgift per meter för vattenledningar enligt ekvation 12 och 13.

	2021	2022	2023
Nyinvestering i vattenledningar per meter (kr/meter)	847	1284	1912
Reinvestering i vattenledningar (kr/meter)	1337	2166	2181

Av figur 13 i samband med Tabell 11 framgår att kostnaden för ny- och reinvestering per meter ökar årligen från 2021 till 2023. En tydlig stigande trend visar de ökande utgifterna för utbyggnad och underhåll av vattenledningsnäten.



Figur 13. Linjediagram som visar att ny- och reinvestering i vattenledningar per meter mellan 2021 och 2023.

3 Material och metod

För att få en insikt i hur dricksvattenledningar förnyas och underhålls och för att besvara frågeställningarna genomfördes en litteraturstudie. Syftet med litteraturstudien var att samla in, analysera och utveckla befintliga studier och rapporter om förnyelse och underhåll av dricksvattenledningar. Som metod utförs även omfattande beräkningar för att på ett ekonomiskt sätt jämföra underhåll och förnyelse.

3.1 Litteraturstudie

För att få nödvändig teori och den data som erfordras för att undersöka frågeställningarna har en litteraturstudie genomförts. Relevant information har hämtats från olika litteraturlitabaser som bland annat Scopus, Google Scholar och Chalmers biblioteksdatabas. Branschrapporter från Svenskt Vatten har tillhandahållits och varit grundläggande för mycket av den statistik som används i rapporten.

3.2 Beräkning av förnyelse och framtida underhållskostnader

Förnyelse är en långsiktig investering. För att därför kunna jämföra den kostnad som förnyelsen ger upphov till behöver den sättas i ett sammanhang. Detta görs genom att beräkna hur mycket framtida underhållskostnader minskar beroende på hur mycket som förnyas, förnyelsetakten. Beräkningarna utförs i kalkylblad vilket möjliggör för enkel ändring av ingående parametervärden om förutsättningarna ändras.

Denna är endast en monetär jämförelse och tar inte hänsyn till hur stora konsekvenserna blir om en enskild ledning skadas. Resultat av beräkningen blir att två förnyelsetakter ställs mot varandra och kan jämföras utifrån hur stor kostnaden för förnyelsen blir och hur mycket den ackumulerade underhållskostnaden är efter ett antal år. På detta sätt kan ett värde erhållas om en investering av förnyelse har betalat av sig i form av minskade underhållskostnader efter ett visst antal år tas fram.

Förnyelsekostnaden har beräknats enligt ekvation 14.

$$K_{ii} = K_f \times L_f \times \left(1 - \frac{R_{ft}}{100}\right) \quad (14)$$

K_{ii} är förnyelsens investeringskostnad [kr], K_f är priset för förnyelse [kr/m] och L_f är längden ledningar som förnyas [m]. Kostnadsberäkningarna här görs för Göteborgs dricksvattennät. De ingående värdena går att ändra och anpassas efter situationen på en annan plats. K_f har satts till 7 916 kronor per meter. Denna siffra är ett snitt för förnyelse genom rörspräckning i Göteborg över ett antal år och dimensioner (Malm m.fl., 2015). Jämförelsen görs för olika förnysetakter och därmed är L_f beroende av den angivna förnysetakten. Det totala ledningsnätets längd är satt till 1 750 kilometer vilket motsvarar hela Göteborgs ledningsnät för dricksvatten. R_{ft} en procentsats som används för att kostnaden minskar med ökad förnysetakt. I detta fall sätts denna till fyra procent, vilket baseras på erfarenheter vid förnyelse i Mölndal (Evertsson, 2016). Här underskattas troligen procentsatsen något för att inte riskera att kostnaden räknas ned för mycket.

För att ta fram den ackumulerade underhållskostnaden i dagens penningvärde används ekvation 15. Ekvationen används för varje rörmaterial för att sedan summeras.

$$K_{u,ak} = n \times (L_m \times (K_{pv} + K_{pa}) \times (V_{l,i} \times (F_{l,m} + F_{\delta}) + V_{l,m}) + L_m \times (F_{l,m} + F_{\delta}) \times (K_l + A_{l,a} \times K_{l,a})) \quad (15)$$

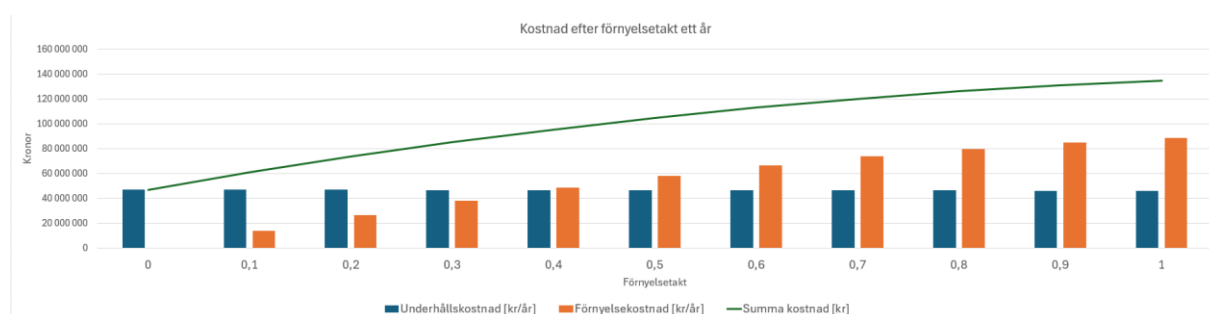
n är antalet år framåt i tiden, och L_m är längden för rörmaterialet i ledningsnätet [km]. Denna längd blir olika för olika material beroende på vilken förnysetakt som valts. K_{pv} och K_{pa} är kostnaden för att producera vatten respektive kostnaden för vatten som läcker in i avloppssystemet och dessa sätts till 1,24 och 0,37 [kr/m³] vilket motsvarar kostnaderna i Göteborg. $V_{l,i}$ är volymen vatten som i snitt uppskattas läcka ut innan läckan upptäcks, här har 8 500 [m³] antagits (Bäckström & Gustafsson, 2005). Läckfrekvensen, $F_{l,m}$ [läcka/km/år] är beroende av rörmaterialet och ökar med F_{δ} , 0,00113 varje år (Malm m.fl., 2011a). Dock ökar endast järnledningarnas läckfrekvens. $V_{l,m}$ är den volym vatten som antas läcka i oupptäckta läckor, och sätts för gråjärn till 14 373 och resterande material 2 060 [m³/km/år] (Malm m.fl., 2015). Kostnaden för ett genomsnittligt reparationsarbete för en läcka, K_l , är en viktad medelkostnad utifrån antalet läckor per dimension och uppgår till 100 201 [kr/läcka] (Malm

m.fl., 2015). $A_{l,a}$, är andelen läckor som hittas genom aktiv läcksökning och $K_{l,a}$ är kostnaden för läcksökning vid varje upptäckt läcka. Dessa värden, $A_{l,a}$ och $K_{l,a}$, är satta till 30 procent respektive 37 632 [kr/läcka], vilket motsvarar värdena i Göteborg (Andersson m.fl., 2023). Samtliga indata återfinns även i Bilaga 1.

Med ekvation 15 räknas den ackumulerad underhållskostnad över n antal år i dagens penningvärde ut. Det som beräknas är skillnaden mellan olika förnyelsetakter för ett år, i framtida kostnader. Då framtida kostnadsökningar tas i beaktning används en årlig generell kostnadsökning om tre procent. Denna siffra är dock väldigt svår att uppskatta då vissa år kan skilja sig väldigt mycket åt. Beräkningen utgår från att de ledningar som förnyas är de med högst läckfrekvens, gråjärnledningar, och ersätts med ledningar med läckfrekvens om 0,03 [läcka/km/år] enligt nya ledningar i Göteborg (Malm m.fl., 2015).

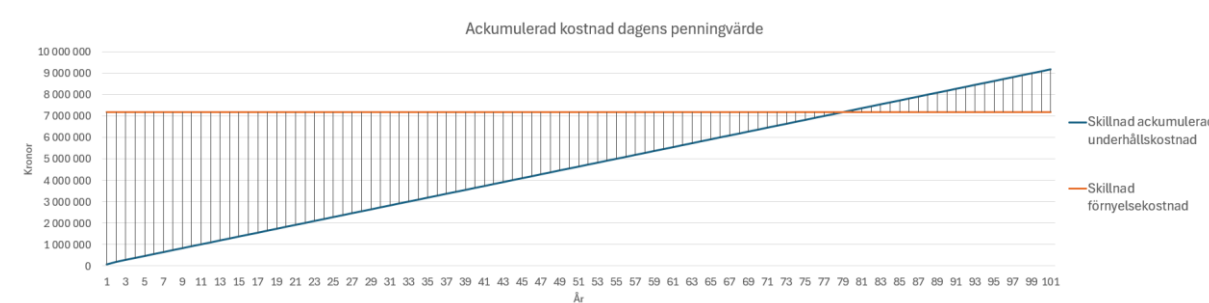
4 Resultat

Med ökad förnyelsetakt ökar investeringskostnaden för förnyelsen och underhållskostnaden minskar marginellt, se Figur 14. Detta gäller alltså för ett år. Se Bilaga 3 för den ram där olika förnyelsetakter jämförs och antal år kan väljas, samt Bilaga 2 för samtliga tabellerade resultat.



Figur 14. Kostnad efter förnyelsetakt för ett år.

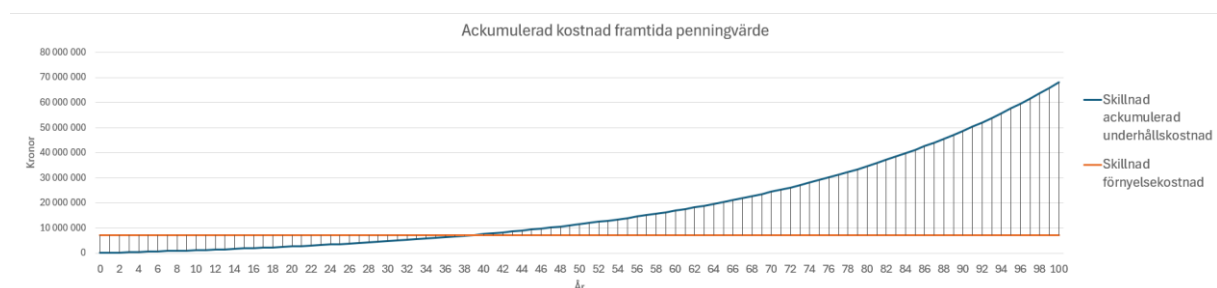
I detta exempel jämförs förnyelsetakt 0,6 och 0,7 procent över 100 år med tidigare givna parametrar. I dagens penningvärde skulle då investeringskillnaden vara 7 203 706 kr och skillnaden i ackumulerad underhållskostnad stiger linjär med åren, se Figur 15.



Figur 15. Diagram över skillnaden för förnyelsekostnad och ackumulerad underhållskostnad mellan förnyelsetakt 0,6 och 0,7 procent.

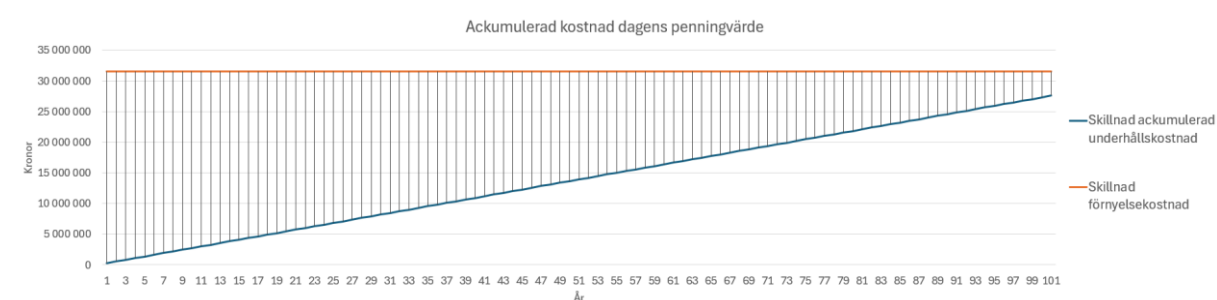
Som diagrammet visar är brytpunkten vid ungefär 79 år. Alltså kommer skillnaden i förnyelsekostnad under ett år mellan förnyelsetakt 0,6 och 0,7 procent efter 79 år har betalats av sig i minskade underhållskostnader. Om livslängden för de nya ledningarna är 100 år skulle 1 985 000 kronor i dagens penningvärde ha sparats in genom minskade underhållskostnader för den högre förnyelsetakten, då skillnaden i investeringskostnad dras av.

Om beräkningen tar hänsyn till framtida kostnadsökningar om tre procent per år skulle istället diagrammet se ut enligt Figur 16. Diagrammet visar att då framtida kostnadsökningar tas i beaktning kommer besparingar i minskade underhållskostnader stiga exponentiellt och återbetalningstiden blir därmed betydligt kortare än om man tittar på dagens penningvärde även för framtida kostnader.



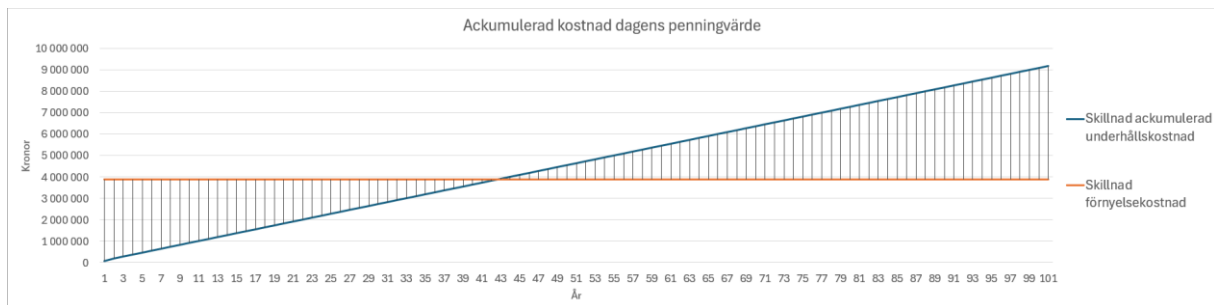
Figur 16. Diagram över skillnaden för förnyelsekostnad och underhållskostnader med kostnadsökningar om tre procent per år mellan 0,6 och 0,7 procent.

I ett andra exempel jämförs förnyelsetakt 0,2 och 0,5 procent, och i figur 17 visas den ackumulerade underhållskostnaden. I motsats till jämförelsen i första exemplet kommer inte investeringsskillnaden ha återbetalat sig i form av minskade underhållskostnader under 100 år. Sannolikt är alltså att om givna förhållanden råder kommer ett val att öka förnyelsetakten för ett år till 0,5 procent istället för 0,2 procent ur ett ekonomiskt perspektiv vara en förlustaffär då ledningarna livslängd sällan är över 100 år. Enligt beräkning blir då resultatet -4 020 000 kronor.



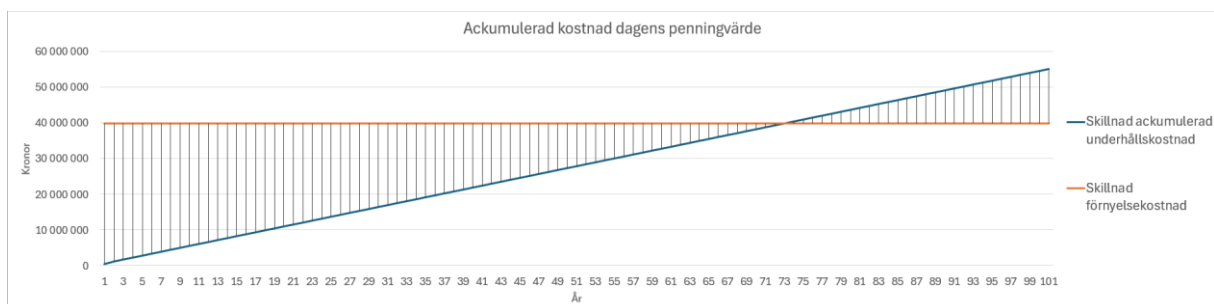
Figur 17. Diagram över skillnad för förnyelsekostnad och framtida ackumulerade underhållskostnader mellan förnyelsetakt 0,2 och 0,5 procent.

Ur de beräkningar som gjorts kan generellt sägas att om båda förnyelsetakterna som jämförs är höga kommer det ta färre år innan investeringsskillnaden har betalats av sig. I följande exempel tar det endast ungefär 43 år för en ökning i förnyelsetakt från 0,9 procent till 1,0 procent, se figur 18.



Figur 18. Diagram över skillnaden för förnyelsekostnad och ackumulerad underhållskostnad mellan förnyelsetakt 0,9 och 1,0 procent.

Den totala summan som sparats in i minskade underhållskostnader efter 100 år blir här 5 310 000 kronor. Om istället en medelhög förnyelsetakt, säg 0,4 procent, jämförs med 1,0 procent kommer efter 100 år en besparing om hela 15 200 000 kronor ha gjorts, men investeringsskillnaden har inte betalats av sig förrän efter ungefär 74 år, se figur 19.



Figur 19. Diagram över skillnaden för förnyelsekostnad och ackumulerad underhållskostnad mellan förnyelsetakt 0,4 och 1,0 procent.

Alltså är en större ökning i förnyelsetakt totalt sett ekonomiskt bättre, men kräver en högre investering direkt och tiden innan vinster ses är längre.

5 Diskussion

För att kunna göra informerade beslut när det kommer till underhåll och förnyelse av dricksvattenledningar krävs rätt underlag. Flertalet faktorer spelar in i huruvida en ledning bör förnyas eller inte. Läckfrekvensen är avgörande för hur ledningsförnyelse bör prioriteras. En ledning med hög läckfrekvens leder till höga underhållskostnader. Hur viktig ledningen är spelar också in i besluten, så kallade konsekvensledningar bör få högre prioritet då kostnaderna för samhället skulle bli betydande om dessa på något sätt brast. Det kan därför vara så att med en begränsad budget låter man fortsätta underhålla en ledning med högre läckfrekvens och förnya en ledning som har högre konsekvens vid uppstående fel.

Läckfrekvens beror på många omständigheter och är svårt att exakt sätta en siffra på för varje ledning. Det som kan göras är dock att ge ungefärliga värden efter historisk statistik. Rörmaterial har stor inverkan på läckfrekvens, där framför allt gråjärnsledningar visar sig ha en väsentlig högre läckfrekvens än övriga vanligt förekommande material i svenska dricksvattnät. Skillnaderna kan förklaras av materialens egenskaper. Gråjärn är sprött och känsligt för både korrosion och sättningar i marken. Plaströr som PE och PVC är däremot flexibla och korrosionsbeständiga, vilket resulterar i lägre läckfrekvens. Att gråjärnsledningar fortfarande är vanliga medför ökade underhållskostnader och en högre risk för driftstörningar i kommunerna. Därför blir valet av material en avgörande faktor vid beslut om när och hur förnyelse och prioritering ska ske. Klimatförhållanden kan också spela stor roll när det kommer till läckfrekvens och marken i vilket ledningarna ligger i kan ha egenskaper som förhöjer risken för läckor. Exempel på detta kan vara mer korrosiva jordar leder till att järnledningar får en förhöjd risk för läckor orsakad av korrosion.

Schaktfria förnyelsemetoder för vattenledningar, såsom rörspäckning, rörtryckning och infodring, innebär betydande tekniska fördelar jämfört med traditionellt öppna schakt. De underlättar förnyelse av ledningar på platser där vanlig schaktning är svår eller omöjlig, till exempel under byggnader eller trafikerade vägar. Rörspäckning gör det möjligt att installera nya ledningar med samma eller större diameter än de gamla. Infodring medför en viss minskning av rördiameter men erbjuder en snabb lösning för mindre dimensioner upp till 180 millimeter. Utöver de tekniska fördelarna kan dessa metoder även minska direkta och indirekta utgifter, särskilt genom att begränsa behovet av omfattande markarbeten, återställningar och trafikpåverkan.

I studien fokuserar metoderna för läcksökning i vattenledningar huvudsakligen på akustisk teknik och mätresultatens noggrannhet kan variera beroende på ledningsmaterialet. Metallrör leder ljud bättre än exempelvis plastledningar, vilket gör att ljudvågor från läckage är lättare att fånga upp och analysera. Plastledningar dämpar ljudvågorna, med följderna att resultaten av akustiska metoder som spindelklyssning och markklyssning kan bli mindre exakta. I sådana fall krävs större arbetsinsatser och mer tid eller tätare placering av sensorer för att uppnå tillräcklig noggrannhet. Artificiella neurala nätverk (ANN) kan dock kompensera för begränsningar i akustiska metoder och genom att analysera data kan modellen uppskatta var risken för läckage är störst i ledningsnätet, vilket underlättar planering av underhåll och förnyelse. Det har visat sig att öka aktiv läcksökning med akustiska metoder kan vara mer ekonomiskt fördelaktigt jämfört med att höja förnyelsetakten. Detta var resultatet av en nettonuvärdesberäkning utförd i Göteborg.

Underhållsåtgärder är förknippade med en viss osäkerhet eftersom det är svårt att i förväg veta när en ledning kommer att gå sönder och hur stort problemet blir, vilket försvårar långsiktig planering och kan leda till oväntade extrakostnader. Vid underhåll tas indirekta kostnader ofta inte med i direkt kostnadsberäkning, såsom trafikstörningar, tillfälliga vattenavbrott och degenerering av infrastruktur, trots att dessa kan påverka både samhälle och ekonomi.

Enligt beräkningar kostar det ungefär 8 000 kronor per meter att förnya en vattenledning genom rörspräckning, vilket betyder att storskaliga förnyelseprojekt kräver betydande finansiering. Detta förklarar delvis varför många kommuner i Sverige har svårt att nå upp till den rekommenderade förnyelsetakten på 0,7 procent per år. Ur beräkningarna kan utläsas att den höga investeringen har lett till minskade kostnader på lång sikt. Nya ledningar har längre livslängd än gamla och minskar risken för läckor orsakade av ålder och skador, vilket innebär förhållandevis färre reparationer och akuta insatser, vilket minskar de långsiktiga driftkostnaderna.

Resultaten från beräkningarna, som jämför kostnaden för förnyelse med den ackumulerade underhållskostnaden efter ett visst år, visar att sambandet mellan förnyelsetakt och underhållskostnader är komplext och långsiktigt. Skillnaden i underhållskostnader, vid ökande förnyelsetakter, ökar linjärt över tid, medan förnyelsekostnaden kan ses som en

engångsinvestering. Därmed uppstår en så kallad brytpunkt då skillnaden i investeringskostnad betalat av sig genom lägre underhållskostnader. Exemplet från resultatet visar att en ökning av förnyelsetakten från 0,6 till 0,7 procent kunde betala av sig efter cirka 79 år. Detta illustrerar att även om högre förnyelsetakt kan minska de framtida underhållskostnaderna så är den ekonomiska vinsten begränsad på kort till medellång sikt. Om förnyelsetakten höjs från 0,9 till 1,0 procent, kommer investeringsskillnaden att betala av sig snabbare, cirka 43 år. Det indikerar att måttliga ökningarna av förnyelsetakten i vissa fall kan leda till en snabbare avkastning på investering än vid högre förnyelsetakter. Men sambandet mellan högre förnyelsetakt och besparingar gäller inte i alla fall. En ökning från en lägre förnyelsetakt 0,2 procent, till en medelhög förnyelsetakt, 0,5 procent kräver en större investeringsskillnad eftersom antalet ledningar som byts ökar betydligt, den investeringen skulle inte ens betala av sig under 100 år.

5.1 Osäkerheter i beräkningen

Det finns flera delar i beräkningen som skulle kunna ses som osäkra. Först är många av de värden som används medeltal över historiska data. Detta säger vad som tidigare har varit utfallet för dessa parametrar, inte hur de kommer se ut i framtiden. Dock är användandet av statistik i detta fall det mest tillförlitliga tillvägagångsättet. Många av värdena som använts i exempelberäkningarna är från Göteborg. Resulterande information är därför inte nödvändigtvis representativ för hela Sverige.

En del av de ingående värden som använts är äldre. För att ta hänsyn till åldern på dessa värden har de justerats efter den inflation som varit från då till nu. Specifikt har konsumentprisindex, KPI, använts för att ge så träffsäker översättning som möjligt. Exempelvis har KPI ökat med 33 procent från 2015 till 2025. (Statistiska Centralbyrån [SCB], u.å.). Den exakta prisökningen för olika parametrar kan dock skilja och KPI ger ett medeltal. Ofta är löner den stora utgiftsposten och löneutvecklingen är inte lika med KPI. Sedan 2015 har den så kallade reallöneökningen både varit negativ och positiv årligen (Svenskt Näringsliv, u.å.).

Beräkningen förutsätter att gråjärnsledningar, de med högst läckfrekvens, är de som förnyas. Sannolikt är att inte endast dessa ledningar är föremål för förnyelse, utan även andra. Förnyelsemetoden är i exempelberäkningen rörspräckning. Likaså är det osannolikt att denna

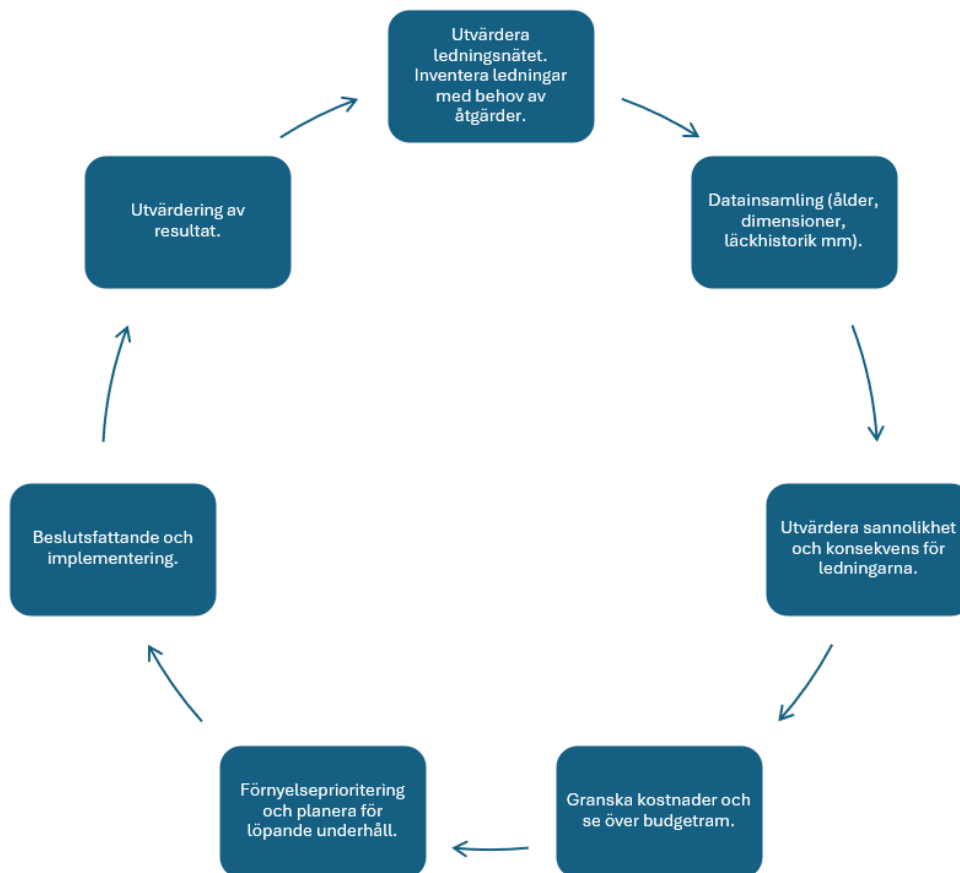
metod används uteslutande. Andelen av vilka rörmaterial som förnyas och förnyelsemetoden är dock något som kan ändras i beräkningen. Det gäller för samtliga parametrar, och de går att ändra efter hur förutsättningar förändras.

6 Slutsats och vidare forskning

För en hållbar och kostnadseffektiv vattenförsörjning i Sverige är det avgörande att skapa en bra balans mellan underhåll och förnyelse och dricksvattenledningarna. Denna studie visar att både tekniska faktorer som rörmaterial och ålder, samt ekonomiska aspekter som livscykelkostnader och riskanalys är viktiga och måste vägas in vid beslut om åtgärder.

6.1 Slutsats

En välstrukturerad arbetsgång är central för att fatta långsiktiga och hållbara beslut. Figur 20 visar en föreslagen cyklisk process över hur en sådan arbetsgång kan gå till.



Figur 20. Föreslagen cyklisk arbetsgång för beslut av förnyelse och underhåll av dricksvattenledningar.

Genom att utvärdera och inventera de ledningar i nätet som är i behov av åtgärder kan sedan en relevant datainsamling som underlag genomföras. Med detta underlag kan sedan sannolikhet och konsekvens utvärderas för enskilda ledningar. Med en begränsad budget och kännedom om kostnader kan ledningarna prioriteras för förnyelse. Även löpande underhåll med läcksökning och läcklagning planeras för ledningarna. Efter detta kan beslut om implementering tas, varefter en tid resultatet bör utvärderas.

Denna studie betonar vikten av att ta beslut med välgrundade metoder och principer. Genom att planera med rätt verktyg kan en långsiktig optimering av verksamheten ske. I tider med begränsade resurser och ökade krav på hållbarhet är en genomtänkt strategi för underhåll och förnyelse avgörande. Arbetet med ledningsnätet bör därför ses som en kontinuerlig och dynamisk process, och inte enbart en räkna av enstaka åtgärder.

6.2 Vidare forskning

De beräkningar som är utförda utgår från ett års förnyelse och hur ledningsnätets framtida underhållskostnader påverkas därefter. Detta skulle kunna utvecklas och då innefatta hur flera års förnyelse påverkar framtida underhållskostnader. Då skulle exempelvis olika förnyelsetakter för olika år kunna jämföras i en tioårsperiod och därefter kunna dra slutsatser om vilket förnyelsetakt som är mest ekonomiskt gynnsam att använda under vilket år. Eventuellt skulle det vara bättre att ha högre förnyelsetakt under de tidigare åren för att sedan avta eller tvärt om. Detta skulle vara intressant att titta vidare på.

7 Referenser

- Almheiri, Z., Meguid, M., & Zayed, T. (2020). Intelligent approaches for predicting failure of water mains. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 11(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ps.1949-1204.0000485](https://doi.org/10.1061/(asce)ps.1949-1204.0000485)
- Andersson, T., Blad, E., Bülow, E., Forslund, S., Larsson Schedin, A., & Ohlsson Hansson, B. (2023). *Dricksvattenläckage: Jämförelse av läcksökningsmetoder* <https://odr.chalmers.se/items/5e76bd55-855c-4d77-b4f8-f00cd230d37c>
- Appelqvist, I., Lindskog, S., Oscarsson, A., Renström, E., & Örngren, S. (2012). *Samband mellan lågt tryck i dricksvattenledningar och magbesvär - En utredning av hur lågt tryck på dricksvattenledningsnätet vid lagning av läckor påverkar sjukligheten hos Göteborg Vattens abonnenter*. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/161219>
- Bäckström A, och Gustafsson M. (2005). Underhållsplanering av vattenledningsnät – ett samhällsekonomiskt perspektiv. Hämtad från: <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/21671.pdf>
- BCT AB. (2025). *Då ett gammalt rör är i behov av renovering/utbyte passar metoden Burstning*. <https://www.bctab.se/tjanster/rorsprackning>
- Cascade Clamps. (2011). *photo0514* [fotografi]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/cascade-clamps/6352488337/in/photostream/>
- Evertsson, J. (2016). Förnyelseplan för Mölndals stads vatten -och avloppsledningar (TEN 192/16). Tekniska förvaltningen. Hämtad från: <https://docplayer.se/50424999-Fornyleseplan-for-molndals-stads-vatten-och-avloppsledningar.html>
- Fan, H., Tariq, S., & Zayed, T. (2022). *Acoustic leak detection approaches for water pipelines*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104226>
- Ghobadi, F., Jeong, G. & Kang, D. (2021). Water Pipe Replacement Scheduling Based on Life Cycle Cost Assessment and Optimization Algorithm. *Water*, 13(5), 605; <https://doi.org/10.3390/w13050605>
- Hamafo (u.å.a). *Läckloggar*. Hämtad 21 april 2025 från <https://hamafo.se/product/lackloggar/>
- Hamafo (u.å.b). *Marklyssning*. Hämtad 21 april 2025 från <https://hamafo.se/product/marklyssning/>
- Hamilton, S., & Charalambous, B. (2020). *Leak detection: Technology and implementation (2nd ed.)*. <https://doi.org/10.2166/9781789060850>
- Li, F. (2013). *Multi-criteria Optimisation of Group Replacement Schedules for Distributed Water Pipeline Assets*. [Doktorsavhandling, Queensland University of Technology]. https://eprints.qut.edu.au/66195/1/Fengfeng_Li_Thesis.pdf
- Lin P., Chen X., Huang S. & Ma B. (2022). An Optimal Maintenance and Replacement Strategy for Deteriorating Water Mains. *Water*, 14(13), 2097; <https://doi.org/10.3390/w14132097>
- Maker, J. & Kleiner, Y., (2000). *Maintaining water pipeline integrity*. National Research Council Canada. https://www.researchgate.net/publication/44072076_Maintaining_water_pipeline_integrity

- Malm A, Horstmark A, Jansson E, Larsson G, Meyer A, Uusijärvi J, (2011b). *Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar*. Svenskt Vatten Rapport 2011-12. Hämtad 2025-03-29 från https://vav.griffel.net/filer/Rapport_2011-12.pdf
- Malm A, Horstmark A, Larsson G, Uusijärvi J, Meyer A, Jansson E, (2011a). *Rörmaterial i Svenska VA-ledningar – egenskaper och livslängd*. Svenskt Vatten Rapport 2011-14. Hämtad 2025-03-22 från https://vav.griffel.net/filer/Rapport_2011-14.pdf
- Malm A., Moberg F., Rosén L. Pettersson J. R. T. (2015). Cost-Benefit Analysis and Uncertainty Analysis of Water Loss Reduction Measures: Case Study of the Gothenburg Drinking Water Distribution System. *Water Resour Manage* **29**, 5451–5468 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1128-2>
- Malm, A., & Svensson, G. (2011) *Material och åldersfördelning för Sveriges VA-nät, och framtida förnyelsebehov*. Svenskt Vatten Rapport 2011-13. Hämtad 2025-03-22 från http://vav.griffel.net/filer/Rapport_2011-13.pdf
- Malm, A., Svensson, G., Bondelind, M., & Balmér, P. (2018). *Prioriterade nyckeltal för VA-verksamheten*. Hämtad 2025-04-01 från <https://vav.griffel.net/filer/svu-rapport-2018-06.pdf>
- Norsk Vann. (2016). *Smart ledningsförnyelse – bruk av NoDig-metoder*. (221/2016). Norsk Vann. <https://va-kompetanse.no/butikk/a-221-smart-ledningsfornyelse-bruk-av-nodig-metoder/>
- Ryberg, O., & Gustafsson, C. (2022). *Samhällsekonomiska kalkyler för VA investeringar: En studie om förtätningens inverkan på VA-investeringar*. [Kandidatuppsats, Högskolan i Halmstad]. Hämtad från <https://hh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1673313/FULLTEXT02.pdf>
- Schaktfri teknik. (u.å.). [fotografi]. I Wikipedia. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1c_R%C3%B6rspr%C3%A4ckning.pdf
- Shahparvari, M. (2017). Reliability-Based Maintenance Management Methodology to Minimise Life Cycle Cost of Water Supply Networks. https://www.researchgate.net/profile/Mehdi-Shahparvari-2/publication/327652203_Reliability-Based_Maintenance_Management_Methodology_to_Minimise_Life_Cycle_Cost_of_Water_Supply_Networks/links/5b9bc3a4299bf13e602fac5d/Reliability-Based-Maintenance-Management-Methodology-to-Minimise-Life-Cycle-Cost-of-Water-Supply-Networks.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpenN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Sörensen, J., Nilsson, E., Bjarke, M., Giertz, T., & Nilsson, D. (2021). Sanning och konsekvens för svenska vattenledningar. *Vatten: tidskrift för vattenvård /Journal of Water Management and research*, **77**(4), 253-268. https://portal.research.lu.se/files/110639382/2021_VATTEN_sanningochkonsekvens.pdf
- Spjuth, O., (2018). *VA-schakt i Eskilstuna centrum* [fotografi]. Stiftelsen Kulturmiljövård. https://static1.squarespace.com/static/624490e50e350d6e6e3cd5e7/t/628b705f508b3149e3189804/1653305442123/KM2018_95.pdf
- Statistiska Centralbyrån [SCB]. (u.å.). *Prisomräknaren*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/prisomraknaren/>

- Svenska institutet för standarder. (2017). *Underhåll – Underhållsterminologi* (SS-EN 13306:2017). https://www-sis-se.eu1.proxy.openathens.net/produkter/terminologi-och-dokumentation/ordlistor/tjanster/ss-en-133062017/? t_id=1rrZNvegT3m97ysxYADxzg& t_q=SS-EN+13306:2017& t_hit.id=SIS_se_site_Features_Product_Catalogs_StandardProduct/CatalogContent_6a9e1562-0fe1-4e88-9e8c-dcd2f8eec388_sv& t_hit.pos=2& t_tags=andquerymatch,language:sv,siteid:326c3465-4f01-4d81-93c2-166392ce4789
- Svenska institutet för standarder. (2022). *Plaströrssystem – Klassificering och information om konstruktion av plaströrssystem avsedda för renovering* (SS-EN ISO11295:2022). <https://www-sis-se.eu1.proxy.openathens.net/api/document/get/80033781>
- Svenskt Näringsliv. (u.å.). *Löneutveckling*. https://www.svensktnaringsliv.se/fakta-om-loner-och-arbetstider/loneutveckling_1200612.html
- Svenskt Vatten Utveckling. (u.å.). *Förnyelseplanering av VA-nät - Bedömning av långsiktiga behov och stöd vid prioritering*. Hämtad från <https://vav.griffel.net/filer/Sammanfattning%202011-12o13o14.pdf>
- Svenskt Vatten. (2009). *Vårt att veta om dricksvatten – Frågor och svar om vårt dricksvatten*. Hämtad 2025-04-19 från: https://mnd-assets.mynewsdesk.com/image/upload/f_pdf,fl_attachment/sk5gufpnz0lm9p3w3huq.
- Svenskt Vatten. (2021). *Resultatrapport för VASS Drift 2020: Tillståndet i VA-Sverige*. <https://www.svensktvatten.se/globalassets/dokument/va-statistik-och-rapporter/resultatrapporter/drift/resultatrapport-for-vass-drift-2020.pdf>
- Svenskt Vatten. (2022). *Resultatrapport för VASS Drift 2021: Tillståndet i VA-Sverige*. https://www.svensktvatten.se/globalassets/dokument/va-statistik-och-rapporter/resultatrapporter/drift/resultatrapport_vass-drift-2021.pdf
- Svenskt Vatten. (2023a). *Resultatrapport för VASS Drift 2022: Tillståndet i VA-Sverige*. https://www.svensktvatten.se/globalassets/dokument/organisation--styrning/va-statistik/vass_drift-2022_nya.pdf
- Svenskt Vatten. (2023b). *Hållbarhetsindex 2023*. https://www.svensktvatten.se/globalassets/dokument/klimat-och-hallbarhet/rapporter/sv_hallbarhetsindex-2023.pdf
- Svenskt Vatten. (2024). *Resultatrapport för VASS Drift 2023: Tillståndet i VA-Sverige*. <https://www.svensktvatten.se/globalassets/dokument/organisation--styrning/va-statistik/r2024-06-resultatrapport-for-vass-drift-2023-3.pdf>
- Svenskt Vatten. (u.å.a). *VA-infrastruktur*. Hämtad 22 april 2025, från <https://www.svensktvatten.se/vara-sakomraden/va-infrastruktur/>
- Svenskt Vatten. (u.å.b). Definitioner av statistikuppgifter från VASS. <https://www.vass-statistik.se/Home/About>
- U.S. Army Corps of Engineers. Engineering and Design-Evaluation of Existing Water Distribution Systems; Engineer Technical Letter No. 1110-2-278; U.S. Army Corps of Engineers: Washington, DC, USA, 1983.
- Uusijärvi, J. (2013). *Minskning av in- och utläckage genom aktiv läcksökning*. Svenskt Vatten. Hämtad från https://vav.griffel.net/filer/svu-rapport_2013-03.pdf

8 Bilagor

8.1 Bilaga 1

Indata för beräkning.

Kostnad producera vatten [kr/m ³]	1,24
Kostnad tillfört avloppsvatten [kr/m ³]	0,37
Volym utläckt vatten segjärn oupptäckta läckor [m ³ /år/km]	14373
Volym utläckt vatten övriga material oupptäckta läckor [m ³ /år/km]	1949
Läckt vatten innan läcklagning [m ³ /läcka]	8500
Andel hittade läckor aktiv läcksökning [%]	30
Pris läcksökning [kr/ hittad läcka]	37632
Ökande läckfrekvens [läcka/år/km]	0,001125
Ledningslängd dricksvattnät [km]	1750
Pris förnyelse rörspräckning [kr/m]	7916
Minskad förnyelsekostnad av högre förnyelsetakt [% minskning/ökning med 0,1%]	4
Prisökning per år framåt [%]	3
Prisökning från 2015 till 2025? [%]	33
Prisökning från 2023 till 2025 [%]	3,1
Eurokurs år 2015 [EUR till SEK]	9,30
Årlig prisökning [bråk]	1,03

Rördiameter [mm]	Pris lagning [kr/läcka]
32-110	74214
125-225	98952
250-254	111321
300-356	98952
400-457	148428
500-508	197904
600-1000	185535
Viktat medel	100188,9

Rörmaterial	Andel av dricksvattnätet [%]	Läckfrekvens [läcka/km/år]
Gråjärn	35,3	0,28
PE	22,4	0,02
Segjärn	19,8	0,04
PVC	12,5	0,09
Övrigt	10	0,1075
Förnyad ledning	-	0,03
Totalt	100	

8.2 Bilaga 2

Tabellerade resultat för beräkning.

Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	617,75	332	0,28	172,97	1729300,00	234769,35	1427038,2	1952736,167	194743,916	89509,288	194743,916
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	424765,5582
Förnyad ledning	0	0,03	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	100,0	1750	233,17	233,17	23367405,61	3186308,102	17625434,44	2632361,057	47005749,41	0	47005749,41	
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	615,3025	332	0,28	172,4751	1729300,00	233745,686	1427038,2	194743,916	194743,916	89509,288	194743,916
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	424765,5582
Förnyad ledning	0,001	0,175	0,03	0,0325	5233,9122	386981,481	1763068,51	592,698425	2632361,057	4695019,84	13853280	60768239,84
Totalt	100,0	1750	232,8751	232,8751	23272388,67	317494,681	1754704,57	2632361,057	46824290,29	2658297,6	60768239,84	
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	614,216	332	0,28	171,9602	1729307,06	233581,518	1426335,57	194561,868	194561,868	89509,288	194561,868
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	424765,5582
Förnyad ledning	0,002	0,3	0,03	0,035	1079,6345	1435,113225	10968,78736	1865,39225	2632361,057	46824290,29	2658297,6	73422587,88
Totalt	100,0	1750	232,32067	232,32067	23272388,67	317494,681	1754704,57	2632361,057	46824290,29	2658297,6	73422587,88	
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	612,4475	332	0,28	171,4953	1729323,57	234387,352	142490,25	193574,72	193574,72	89509,288	193574,72
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	424765,5582
Förnyad ledning	0,003	0,525	0,03	0,0375	15773,75175	2152,663838	16453,8103	1778,88375	2632361,057	46370942,45	38235052,8	94968673,51
Totalt	100,0	1750	232,0853	232,0853	23222222,22	3186271,66	1778333,64	2632361,057	46370942,45	38235052,8	94968673,51	
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	610,68	332	0,28	170,9804	1731340,09	2331063,185	141960,93	193037,571	193037,571	89509,288	193037,571
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	424765,5582
Förnyad ledning	0,004	0,7	0,03	0,031	21039,665	2971,228465	2197,53471	2370,7945	2632361,057	4664372,02	48763545,6	55466377,65
Totalt	100,0	1750	231,1904	231,1904	23183742,37	3186271,66	17683974,71	2632361,057	4664372,02	48763545,6	55466377,65	
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	608,925	332	0,28	170,4953	1731357,11	2330281,018	1417781,62	192800,452	192800,452	89509,288	192800,452
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	424765,5582
Förnyad ledning	0,005	0,875	0,03	0,0325	26219,58825	3671,703863	2747,19819	2963,40825	2632361,057	46089453,76	5893778	10475897,6
Totalt	100,0	1750	230,6955	230,6955	2313427,37	3186271,66	1764869,78	2607388,793	46089453,76	5893778	10475897,6	
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	607,165	332	0,28	170,0104	1731374,14	2329501,818	1415961,9	192611,214	192611,214	89509,288	192611,214
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	424765,5582
Förnyad ledning	0,006	1,05	0,03	0,035	31559,5055	4305,33975	3206,36217	3586,17675	2632361,057	4589183,33	5893778	10475897,6
Totalt	100,0	1750	229,2006	229,2006	2292994,4	3186271,66	1763344,94	2607388,793	4589183,33	5893778	10475897,6	
Förnyelseår	Römaterial	Andel av dricksvatten	Ledningslängd [km]	Läckhovens läck- och utsläpp [l/s]	Läckor	Kosmad läcklagning [l/s]	Kosmad läckvatten inman läcklagning [l/s]	Läckvatten [l/s]	Kosmad alniv läckolning [l/s]	Total underhållskost	Förnyelsekostnad [k]	Summa kostnad [k]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Förnyelseledningar [km] PE	35,29	605,405	332	0,28	169,5255	1731391,17	2328722,618	1414142,18	192421,768	192421,768	89509,288	192421,768
1,75	0	0	0	0,02	7,94	795460,976	10785,108	1228501,944	89509,288	89509,288	89509,288	178018,576
3	0	0	0	0,04	13,86	138898,154	189434,3457	1095307,968	156471,777	156471,777	156471,777	312943,554
PVC	12,5	218,75	175	0,09	19,6075	1972468,369	283083,7297	685547,9597	222261,0469	222261,0469	222261,0469	444522,0938
Övrig	10	175	0,1075	18,8125	1894803,681	257104,4528	548438,3678	212382,7791	212382,7791	212382,7791	212382,7791	

Akkumulerad tilläggskostnad järnledningrar ökande läckfrekvens ålder, dagens penningvärde [kr].

Förnyelsetakt År 0	Tilläggskostnad järnledningrar ökande läckfrekvens med ålder dagens penningvärde [kr]										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	86 973	86 724	86 475	86 226	85 977	85 728	85 479	85 230	84 981	84 732	84 483
2	173 945	173 448	172 950	172 452	171 954	171 457	170 959	170 461	169 963	169 465	168 967
3	260 918	260 171	259 423	258 675	257 927	257 179	256 431	255 683	254 935	254 187	253 439
4	347 891	346 895	345 900	344 904	343 909	342 914	341 918	340 923	339 927	338 932	337 937
5	434 863	433 619	432 375	431 130	429 886	428 642	427 398	426 154	424 909	423 665	422 421
6	521 836	520 343	518 850	517 357	515 863	514 370	512 877	511 384	509 891	508 398	506 905
7	608 808	607 066	605 325	603 583	601 841	600 099	598 357	596 615	594 873	593 131	591 389
8	695 781	693 790	691 799	689 808	687 818	685 827	683 836	681 846	679 855	677 864	675 873
9	782 754	780 514	778 274	776 035	773 795	771 556	769 316	767 076	764 837	762 597	760 358
10	869 726	867 238	864 749	862 261	859 772	857 284	854 796	852 307	849 819	847 330	844 842
11	956 699	953 962	951 224	948 487	945 750	943 012	940 275	937 538	934 801	932 063	929 326
12	1 043 672	1 040 685	1 037 699	1 034 713	1 031 727	1 028 741	1 025 755	1 022 769	1 019 782	1 016 796	1 013 810
13	1 130 644	1 127 409	1 124 174	1 120 939	1 117 704	1 114 469	1 111 234	1 107 999	1 104 764	1 101 529	1 098 294
14	1 217 617	1 214 133	1 210 649	1 207 165	1 203 681	1 200 197	1 196 713	1 193 229	1 189 745	1 186 261	1 182 777
15	1 304 589	1 300 857	1 297 124	1 293 391	1 289 658	1 285 926	1 282 193	1 278 461	1 274 728	1 270 995	1 267 262
16	1 391 562	1 387 580	1 383 599	1 379 617	1 375 636	1 371 654	1 367 673	1 363 691	1 359 710	1 355 728	1 351 747
17	1 478 535	1 474 304	1 470 074	1 465 844	1 461 613	1 457 383	1 453 152	1 448 922	1 444 692	1 440 461	1 436 231
18	1 565 507	1 561 028	1 556 549	1 552 070	1 547 590	1 543 111	1 538 632	1 534 153	1 529 674	1 525 194	1 520 715
19	1 652 480	1 647 752	1 643 024	1 638 296	1 633 568	1 628 840	1 624 112	1 619 383	1 614 655	1 609 927	1 605 199
20	1 739 453	1 734 476	1 729 499	1 724 522	1 719 545	1 714 568	1 709 591	1 704 614	1 699 637	1 694 660	1 689 683
21	1 826 425	1 821 199	1 815 974	1 810 748	1 805 522	1 800 296	1 795 071	1 789 845	1 784 619	1 779 393	1 774 168
22	1 913 398	1 907 923	1 902 448	1 896 974	1 891 499	1 886 025	1 880 550	1 875 076	1 869 601	1 864 126	1 858 651
23	2 000 370	1 994 644	1 988 918	1 983 200	1 977 477	1 971 753	1 966 030	1 960 306	1 954 583	1 948 859	1 943 136
24	2 087 343	2 081 371	2 075 398	2 069 426	2 063 454	2 057 482	2 051 509	2 045 537	2 039 565	2 033 592	2 027 620
25	2 174 316	2 168 095	2 161 873	2 155 652	2 149 431	2 143 210	2 136 989	2 130 768	2 124 547	2 118 325	2 112 104
26	2 261 288	2 254 818	2 248 348	2 241 878	2 235 408	2 228 938	2 222 468	2 215 998	2 209 528	2 203 058	2 196 588
27	2 348 261	2 341 544	2 334 827	2 328 110	2 321 393	2 314 676	2 307 959	2 301 242	2 294 525	2 287 807	2 281 090
28	2 435 234	2 428 266	2 421 298	2 414 331	2 407 363	2 400 395	2 393 428	2 386 460	2 379 492	2 372 525	2 365 557
29	2 522 207	2 515 990	2 509 773	2 503 556	2 497 339	2 491 122	2 484 905	2 478 688	2 472 471	2 466 254	2 456 041
30	2 609 179	2 601 713	2 594 248	2 586 783	2 579 317	2 571 852	2 564 387	2 556 921	2 549 456	2 541 991	2 534 525
31	2 696 152	2 688 437	2 680 722	2 673 007	2 665 292	2 657 577	2 649 862	2 642 147	2 634 432	2 626 717	2 619 002
32	2 783 124	2 775 161	2 767 198	2 759 235	2 751 272	2 743 309	2 735 346	2 727 383	2 719 420	2 711 457	2 703 494
33	2 870 097	2 861 885	2 853 673	2 845 461	2 837 249	2 829 037	2 820 825	2 812 613	2 804 402	2 796 190	2 787 978
34	2 957 069	2 948 609	2 940 148	2 931 687	2 923 226	2 914 765	2 906 304	2 897 843	2 889 382	2 880 921	2 872 460
35	3 044 042	3 035 332	3 026 623	3 017 913	3 009 204	3 000 494	2 991 784	2 983 075	2 974 365	2 965 656	2 956 946
36	3 131 015	3 122 056	3 113 097	3 104 138	3 095 179	3 086 220	3 077 261	3 068 302	3 059 343	3 050 384	3 041 425
37	3 217 987	3 208 798	3 199 609	3 190 420	3 181 231	3 172 042	3 162 853	3 153 664	3 144 475	3 135 286	3 126 097
38	3 304 960	3 295 504	3 286 048	3 276 592	3 267 136	3 257 679	3 248 223	3 238 767	3 229 311	3 219 855	3 210 399
39	3 391 932	3 382 227	3 372 522	3 362 817	3 353 111	3 343 406	3 333 700	3 323 995	3 314 290	3 304 585	3 294 880
40	3 478 905	3 468 951	3 458 997	3 449 044	3 439 090	3 429 136	3 419 182	3 409 228	3 399 275	3 389 321	3 379 367
41	3 565 878	3 555 675	3 545 472	3 535 269	3 525 066	3 514 863	3 504 660	3 494 457	3 484 254	3 474 051	3 463 848
42	3 652 850	3 642 399	3 631 947	3 621 496	3 611 044	3 600 593	3 590 141	3 579 690	3 569 238	3 558 787	3 548 335
43	3 739 823	3 729 123	3 718 422	3 707 722	3 697 022	3 686 321	3 675 621	3 664 920	3 654 220	3 643 520	3 632 819
44	3 826 796	3 815 846	3 804 897	3 793 948	3 782 999	3 772 050	3 761 101	3 750 151	3 739 202	3 728 253	3 717 304
45	3 913 768	3 902 570	3 891 372	3 880 174	3 868 976	3 857 778	3 846 580	3 835 382	3 824 184	3 812 986	3 801 788
46	4 000 741	3 989 294	3 977 847	3 966 400	3 954 953	3 943 506	3 932 059	3 920 612	3 909 165	3 897 718	3 886 271
47	4 087 713	4 076 018	4 064 322	4 052 626	4 040 930	4 029 235	4 017 539	4 005 843	3 994 148	3 982 452	3 970 756
48	4 174 686	4 162 741	4 150 797	4 138 852	4 126 908	4 114 963	4 103 019	4 091 074	4 079 129	4 067 185	4 055 240
49	4 261 659	4 249 465	4 237 272	4 225 078	4 212 885	4 200 692	4 188 498	4 176 305	4 164 111	4 151 918	4 139 724
50	4 348 631	4 336 186	4 323 741	4 311 296	4 298 851	4 286 406	4 273 961	4 261 516	4 249 071	4 236 626	4 224 181
51	4 435 604	4 422 932	4 410 260	4 397 588	4 384 916	4 372 244	4 359 572	4 346 900	4 334 228	4 321 556	4 308 884
52	4 522 577	4 509 637	4 496 697	4 483 757	4 470 817	4 457 877	4 444 937	4 431 997	4 419 057	4 406 117	4 393 177
53	4 609 549	4 596 360	4 583 172	4 569 983	4 556 794	4 543 605	4 530 416	4 517 227	4 504 038	4 490 849	4 477 660
54	4 696 522	4 683 084	4 669 646	4 656 208	4 642 770	4 629 332	4 615 894	4 602 456	4 589 018	4 575 580	4 562 142
55	4 783 494	4 769 808	4 756 121	4 742 435	4 728 748	4 715 062	4 701 375	4 687 689	4 674 003	4 660 316	4 646 630
56	4 870 467	4 856 532	4 842 596	4 828 661	4 814 726	4 800 790	4 786 855	4 772 920	4 758 984	4 745 049	4 731 114
57	4 957 440	4 943 255	4 929 070	4 914 887	4 900 703	4 886 519	4 872 335	4 858 150	4 843 966	4 829 782	4 815 598
58	5 044 412	5 029 979	5 015 546	5 001 113	4 986 680	4 972 247	4 957 814	4 943 381	4 928 948	4 914 515	4 900 082
59	5 131 385	5 116 703	5 102 021	5 087 339	5 072 657	5 057 975	5 043 293	5 028 611	5 013 929	4 999 247	4 984 565
60	5 218 358	5 203 427	5 188 496	5 173 565	5 158 634	5 143 703	5 128 772	5 113 841	5 098 910	5 083 979	5 069 048
61	5 305 330	5 290 151	5 274 971	5 259 791	5 244 611	5 229 431	5 214 251	5 199 071	5 183 891	5 168 711	5 153 531
62	5 392 303	5 376 874	5 361 445	5 346 016	5 330 587	5 315 158	5 299 729	5 284 300	5 268 871	5 253 442	5 238 013
63	5 479 275	5 463 598	5 447 921	5 432 244	5 416 567	5 400 890	5 385 213	5 369 536	5 353 859	5 338 182	5 322 505
64	5 566 248	5 550 322	5 534 396	5 518 470	5 502 544	5 486 618	5 470 691	5 454 765	5 438 839	5 422 913	5 406 987
65	5 653 221	5 637 046	5 620 871	5 604 696	5 588 521	5 572 346	5 556 171	5 539 996	5 523 821	5 507 646	5 491 471
66	5 740 193	5 723 769	5 707 345	5 690 921	5 674 497	5 658 073	5 641 649	5 625 225	5 608 801	5 592 377	5 575 953
67	5 827 166	5 810 493	5 793 820	5 777 146	5 760 473	5 743 800	5 727 126	5 710 453	5 693 779	5 677 105	5 660 431
68	5 914 139	5 897 217	5 880 295	5 863 373	5 846 451	5 829 529	5 812 607	5 795 685	5 778 763	5 761 841	5 744 919
69	6 001 111	5 983 941	5 966 771	5 949 600	5 932 430	5 915 260	5 898 090	5 880 919	5 863 749	5 846 578	5 829 408
70	6 088 084	6 070 665	6 053 245	6 035 826	6 018 407	6 000 988	5 983 569	5 966 150	5 948 730	5 931 311	5 913 892
71	6 175 056	6 157 388	6 139 720	6 122 052	6 104 384	6 086 716	6 069 048	6 051 380	6 033 712	6 016 044	5 998 376
72	6 262 029	6 244 121	6 226 195	6 208 270	6 190 344	6 172 418	6 154 492	6 136 566	6 118 640	6 100 714	6 082 788
73	6 349 002	6 330 836	6 312 670	6 294 504	6 276 338	6 258 172	6 240 006	6 221 840	6 203 674	6 185 508	6 167 342
74	6 435 974	6 417 560	6 399 145	6 380 731	6 362 316	6 343 902	6 325 487	6 307 072	6 288 658	6 270 243	6 251 829
75	6 522 947	6 504 284	6 485 620	6 466 957	6 448 29						

Ackumulerad tilläggskostnad järnledningrar ökande läckfrekvens, framtida penningvärde [kr].

Förnyelsesakt År 0	Tilläggskostnad järnledningrar ökande läckfrekvens med framtida penningvärde [kronor]										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	89582	89325	89069	88813	88557	88300	88044	87788	87531	87275	87019
2	184539	184011	183483	182955	182427	181899	181371	180843	180315	179787	179259
3	285112	284236	283360	282484	281608	280732	280133	280217	279402	278586	277770
4	391554	390434	389313	388193	387073	385952	384832	383712	382591	381471	380351
5	504126	502863	501600	500337	499074	497811	496548	495285	494022	492759	491496
6	623099	621316	619534	617751	615968	614185	612402	610620	608837	607054	605271
7	748758	746915	745073	743230	741388	739546	737704	735861	734019	732177	730334
8	881395	878783	876171	873559	870947	868335	865723	863111	860499	857887	855275
9	1021316	1018394	1015472	1012550	1009627	1006705	1003783	1000861	997939	995016	992094
10	1168839	1165495	1162151	1158807	1155463	1152119	1148775	1145431	1142087	1138743	1135399
11	1324295	1320506	1316717	1312928	1309139	1305350	1301561	1297772	1293983	1290193	1286404
12	1488026	1483768	1479510	1475253	1471096	1466938	1462781	1458623	1454466	1450308	1446151
13	1660389	1655638	1650888	1646137	1641386	1636635	1631884	1627133	1622382	1617631	1612880
14	1841755	1836495	1831235	1825975	1820715	1815455	1810195	1804935	1799675	1794415	1789155
15	2032508	2026832	2021156	2015480	2009804	2004128	1998452	1992776	1987100	1981424	1975748
16	2233049	2226659	2220269	2213879	2207489	2201099	2194709	2188319	2181929	2175539	2169149
17	2443792	2436800	2429808	2422816	2415824	2408832	2401840	2394848	2387856	2380864	2373872
18	2665171	2657546	2649920	2642295	2634669	2627044	2619418	2611792	2604166	2596540	2588914
19	2897633	2889343	2881053	2872763	2864473	2856183	2847893	2839603	2831313	2823023	2814733
20	3141645	3132656	3123667	3114678	3105689	3096700	3087711	3078722	3069733	3060744	3051755
21	3397689	3387967	3378245	3368523	3358801	3349079	3339357	3329635	3319913	3310191	3300469
22	3666268	3655988	3645708	3635428	3625148	3614868	3604588	3594308	3584028	3573748	3563468
23	3947994	3936900	3925806	3914712	3903618	3892524	3881430	3870336	3859242	3848148	3837054
24	4243139	4231338	4219537	4207736	4195935	4184134	4172333	4160532	4148731	4136930	4125129
25	4552534	4539508	4526482	4513456	4500430	4487404	4474378	4461352	4448326	4435300	4422274
26	4876875	4862721	4848567	4834413	4820259	4806105	4791951	4777797	4763643	4749489	4735335
27	5216166	5200242	5184318	5168394	5152470	5136546	5120622	5104698	5088774	5072850	5056926
28	5571638	5554637	5537636	5520635	5503634	5486633	5469632	5452631	5435630	5418629	5401628
29	5943744	5925738	5907732	5889726	5871720	5853714	5835708	5817702	5799696	5781690	5763684
30	6333162	6314610	6296058	6277506	6258954	6240402	6221850	6203298	6184746	6166194	6147642
31	6740595	6720300	6700005	6679710	6659415	6639120	6618825	6598530	6578235	6557940	6537645
32	7166775	7144869	7122963	7101057	7079151	7057245	7035339	7013433	6991527	6969621	6947715
33	7612458	7589508	7566558	7543608	7520658	7497708	7474758	7451808	7428858	7405908	7382958
34	8078433	8053913	8029393	8004873	7980353	7955833	7931313	7906793	7882273	7857753	7833233
35	8565515	8540005	8514495	8488985	8463475	8437965	8412455	8386945	8361435	8335925	8310415
36	9074551	9048041	9022531	8997021	8971511	8946001	8920491	8894981	8869471	8843961	8818451
37	9606421	9578931	9551441	9523951	9496461	9468971	9441481	9413991	9386501	9359011	9331521
38	10232036	10203960	10175884	10147808	10119732	10091656	10063580	10035504	10007428	9979352	9951276
39	10742341	10713665	10685000	10656324	10627648	10598972	10570296	10541620	10512944	10484268	10455592
40	11348320	11319040	11289760	11260480	11231200	11201920	11172640	11143360	11114080	11084800	11055520
41	11980368	11950688	11921008	11891328	11861648	11831968	11802288	11772608	11742928	11713248	11683568
42	12641404	12609504	12577604	12545704	12513804	12481904	12450004	12418104	12386204	12354304	12322404
43	13330661	13297260	13263860	13230460	13197060	13163660	13130260	13096860	13063460	13030060	12996660
44	14049897	14014896	13979895	13944894	13909893	13874892	13839891	13804890	13769889	13734888	13700000
45	14800289	14763943	14727597	14691251	14654905	14618559	14582213	14545867	14509521	14473175	14436829
46	15583060	15545874	15508688	15471502	15434316	15397130	15359944	15322758	15285572	15248386	15211200
47	16399477	16359555	16319633	16279711	16239789	16199867	16159945	16119923	16079901	16039879	16000000
48	17250584	17208662	17166740	17124818	17082896	17040974	17000052	16958130	16916208	16874286	16832364
49	18138554	18094632	18050710	18006788	17962866	17918944	17875022	17831100	17787178	17743256	17700000
50	19063991	19018069	18972147	18926225	18880303	18834381	18788459	18742537	18696615	18650693	18604771
51	20028629	19979707	19930785	19881863	19832941	19784019	19735097	19686175	19637253	19588331	19539409
52	21033387	20979465	20925543	20871621	20817699	20763777	20709855	20655933	20602011	20548089	20494167
53	22081642	22024620	21967600	21910580	21853560	21796540	21739520	21682500	21625480	21568460	21511440
54	23173225	23113203	23053181	22993160	22933139	22873118	22813097	22753076	22693055	22633034	22573013
55	24310429	24248407	24186385	24124363	24062342	24000320	23938299	23876277	23814256	23752234	23690213
56	25495010	25429088	25363166	25297244	25231322	25165400	25100000	25034599	24969198	24903797	24838396
57	26728787	26658865	26588943	26519021	26449099	26379177	26309255	26239333	26169411	26100000	26030599
58	28013644	27939722	27865800	27791878	27717956	27644034	27570112	27496190	27422268	27348346	27274424
59	29351537	29273615	29195693	29117771	29039849	28961927	28883905	28805983	28727961	28649939	28571917
60	30744431	30662509	30580587	30498665	30416743	30334821	30252899	30170977	30089055	30007133	29925211
61	32194606	32108684	32022762	31936840	31850918	31764996	31679074	31593152	31507230	31421308	31335386
62	33704059	33614137	33524215	33434293	33344371	33254449	33164527	33074605	32984683	32894761	32804839
63	35275103	35181181	35087259	35000000	34912741	34825482	34738223	34650964	34563705	34476446	34389187
64	36910776	36812854	36714932	36617010	36519088	36421166	36323244	36225322	36127400	36029478	35931556
65	38611399	38509477	38407555	38305633	38203711	38101789	38000000	37898178	37796356	37694534	37592712
66	40381594	40275672	40169750	40063828	39957906	39851984	39746062	39640140	39534218	39428296	39322374
67	42223229	42113307	42003385	41893463	41783541	41673619	41563697	41453775	41343853	41233931	41124009
68	44139029	44025107	43911185	43797263	43683341	43569419	43455497	43341575	43227653	43113731	43000000
69	46131776	46013854	45895932	45778010	45660088	45542166	45424244	45306322	45188400	45070478	44952556
70	48204363	48082441	47960519	47838597	47716675	47594753	47472831	47350909	47228987	47107065	46985143
71	50359787	50233865	50107943	50000000	49892058	49784116	49676174	49568232	49460290	49352348	49244406
72	52601152	52471230	52341308	52211386	52081464	51951542	51821620	51691698	51561776	51431854	51301932
73	54931675	54797753	54663831	54529909	54395987	54262065	54128143	53994221	53860299	53726377	53592455
74	57359589	57221667	57083745	56945823	56807901	56669979	56532057	56394135	56256213	56118291	55980369
75	59887345	59735423	59583501	59431579	59279657	59127735	58975813	58823891	58671969	58520047	58368125
76	62512419	62356497	62200575	62044653	61888731	61732809	61576887	61420965	61265043	61109121	60953199
77	65231815	65071893	64911971	64752049	64592127	64432205	64272283	64112361	63952439	63792517	63632595
78	68042570	67878648	67714726	67550804	67386882	67222960	67059038	66895116	66731194	66567272	66403350
79	709382358	70769313	70600391	70431469	70262547	70093625	69924703	69755781	69586859	69417937	69249015
80	74073215	73899293	73725371	73551449	73377527	73203605	73029683	72855761	72681839	72507917	72333995
81	77311644	77133722	76955800	76777878	76600000	76422122	76244244	76066366	75888488	75710610	75532732
82	80550302	80368380	80186458	80004							

Akkumulerad underhållskostnad, dagens penningvärde [kr]

Förnyelsesakt År 0	Akkumulerad underhållskostnad, dagens penningvärde [kr]									
Förnyelsesakt1	Förnyelsesakt2	Förnyelsesakt3	Förnyelsesakt4	Förnyelsesakt5	Förnyelsesakt6	Förnyelsesakt7	Förnyelsesakt8	Förnyelsesakt9	Förnyelsesakt10	Förnyelsesakt11
1	47 006 743	46 424 200	46 824 200	47 351 561	48 642 831	48 552 102	48 461 372	47 370 642	46 733 913	46 199 183
2	94 036 471	93 316 763	93 735 055	93 553 348	93 371 640	93 189 932	93 008 224	92 826 516	92 644 808	92 463 100
3	141 019 133	140 318 507	140 645 821	140 373 134	140 100 448	139 827 762	139 555 075	139 282 389	139 009 702	138 737 016
4	188 203 916	187 320 251	187 556 586	187 182 321	186 823 256	186 465 532	186 107 327	185 749 262	185 391 537	185 033 262
5	235 378 638	234 321 994	234 467 351	234 012 708	233 558 065	233 103 422	232 648 779	232 194 136	231 739 493	231 284 850
6	282 483 962	281 623 738	281 778 195	280 832 458	280 289 673	279 745 252	279 199 831	278 654 410	278 109 387	277 564 364
7	329 562 082	328 935 482	328 288 882	327 652 282	327 015 682	326 379 082	325 742 482	325 105 882	324 469 282	323 832 682
8	376 654 804	375 327 225	375 193 647	374 472 068	373 744 490	373 016 911	372 289 333	371 561 755	370 834 176	370 106 598
9	423 747 526	422 328 968	422 110 412	421 291 855	420 473 298	419 654 741	418 836 185	418 017 628	417 199 071	416 380 514
10	470 840 248	469 930 712	469 021 177	468 111 642	467 202 107	466 292 572	465 383 037	464 473 502	463 563 967	462 654 432
11	517 322 970	516 392 456	515 331 942	514 353 429	513 375 915	512 398 401	511 420 887	510 443 373	509 465 859	508 488 345
12	565 025 692	563 934 200	562 842 708	561 751 216	560 659 724	559 568 232	558 476 740	557 385 248	556 293 756	555 202 264
13	612 18 414	610 935 343	609 753 473	608 571 603	607 389 733	606 207 863	605 025 993	603 844 123	602 662 253	601 480 383
14	659 211 136	657 937 687	656 664 238	655 390 789	654 117 340	652 843 891	651 570 442	650 296 993	649 023 544	647 750 095
15	706 305 858	704 933 411	703 575 033	702 210 576	700 846 119	699 481 721	698 117 323	696 752 925	695 388 527	694 024 129
16	753 396 580	751 941 174	750 485 768	749 030 363	747 574 957	746 119 551	744 664 145	743 208 740	741 753 334	740 297 928
17	800 489 302	798 942 918	797 396 534	795 850 150	794 303 765	792 757 381	791 210 997	789 664 613	788 118 229	786 571 845
18	847 582 024	845 944 661	844 307 299	842 669 936	841 032 574	839 395 211	837 757 849	836 120 486	834 483 124	832 845 761
19	894 674 746	892 946 405	891 218 064	889 489 723	887 761 382	886 033 041	884 304 700	882 576 359	880 848 018	879 119 677
20	941 767 468	939 946 149	938 128 829	936 309 510	934 490 191	932 670 871	930 851 552	929 032 233	927 212 914	925 393 594
21	988 860 190	986 949 892	985 039 595	983 129 297	981 218 999	979 308 701	977 398 403	975 488 105	973 577 807	971 667 509
22	1 035 952 312	1 033 951 636	1 031 950 960	1 029 949 284	1 027 947 607	1 025 945 931	1 023 944 255	1 021 942 579	1 019 940 903	1 017 939 227
23	1 083 045 434	1 080 953 380	1 078 961 325	1 076 969 270	1 074 977 215	1 072 985 160	1 070 993 105	1 068 999 050	1 066 999 995	1 064 999 940
24	1 130 136 556	1 127 955 123	1 125 773 690	1 123 592 257	1 121 410 824	1 119 229 391	1 117 047 958	1 114 866 525	1 112 685 092	1 110 503 659
25	1 177 227 678	1 174 956 662	1 172 685 646	1 170 404 630	1 168 123 614	1 165 842 600	1 163 561 586	1 161 280 572	1 159 000 558	1 156 720 544
26	1 224 318 800	1 221 950 910	1 219 583 020	1 217 225 130	1 214 867 240	1 212 509 350	1 210 151 460	1 207 793 570	1 205 435 680	1 203 077 790
27	1 271 410 922	1 268 980 954	1 266 550 986	1 264 121 018	1 261 691 050	1 259 261 082	1 256 831 114	1 254 401 146	1 251 971 178	1 249 541 210
28	1 318 503 044	1 315 962 098	1 313 421 152	1 310 880 206	1 308 339 260	1 305 798 314	1 303 257 368	1 300 716 422	1 298 175 476	1 295 634 530
29	1 365 605 166	1 362 963 841	1 360 322 516	1 357 681 191	1 355 039 866	1 352 411 341	1 349 773 216	1 347 135 091	1 344 496 966	1 341 858 841
30	1 412 696 288	1 409 955 585	1 407 214 882	1 404 474 179	1 401 733 476	1 398 992 773	1 396 252 070	1 393 501 367	1 390 750 664	1 388 000 961
31	1 459 787 410	1 456 967 229	1 454 147 047	1 451 326 865	1 448 506 684	1 445 686 503	1 442 866 322	1 440 046 141	1 437 225 960	1 434 405 779
32	1 506 878 532	1 503 989 072	1 501 099 612	1 498 210 152	1 495 320 692	1 492 431 232	1 489 541 772	1 486 652 312	1 483 762 852	1 480 873 392
33	1 553 970 654	1 550 970 654	1 547 970 654	1 544 970 654	1 541 970 654	1 538 970 654	1 535 970 654	1 532 970 654	1 529 970 654	1 526 970 654
34	1 601 061 776	1 597 972 559	1 594 873 542	1 591 774 525	1 588 675 508	1 585 576 491	1 582 477 474	1 579 378 457	1 576 279 440	1 573 180 423
35	1 648 152 898	1 644 974 303	1 641 790 308	1 638 606 313	1 635 422 317	1 632 238 321	1 629 054 326	1 625 870 330	1 622 686 334	1 619 502 338
36	1 695 244 020	1 691 976 047	1 688 708 074	1 685 440 101	1 682 172 128	1 678 904 155	1 675 636 182	1 672 368 209	1 669 100 236	1 665 832 263
37	1 742 335 142	1 738 977 790	1 735 620 438	1 732 263 086	1 728 905 734	1 725 548 382	1 722 191 030	1 718 832 678	1 715 474 326	1 712 115 974
38	1 789 426 264	1 785 979 534	1 782 532 804	1 779 086 074	1 775 639 344	1 772 192 614	1 768 745 884	1 765 299 154	1 761 852 424	1 758 405 694
39	1 836 517 386	1 832 981 278	1 829 445 170	1 825 899 062	1 822 352 954	1 818 806 846	1 815 260 738	1 811 714 630	1 808 168 522	1 804 622 414
40	1 883 608 508	1 879 983 021	1 876 357 534	1 872 732 047	1 869 106 560	1 865 481 073	1 861 855 586	1 858 230 099	1 854 604 612	1 850 979 125
41	1 930 700 630	1 926 984 765	1 923 268 899	1 919 553 034	1 915 837 169	1 912 121 304	1 908 405 439	1 904 689 574	1 900 973 709	1 897 257 844
42	1 977 791 752	1 973 985 506	1 970 179 260	1 966 373 014	1 962 566 768	1 958 760 522	1 954 954 276	1 951 148 030	1 947 341 784	1 943 535 538
43	2 024 882 874	2 020 988 252	2 017 093 630	2 013 199 008	2 009 294 386	2 005 389 764	2 001 485 142	1 997 580 520	1 993 675 898	1 989 771 276
44	2 071 973 996	2 067 989 996	2 063 995 996	2 059 999 996	2 055 999 996	2 051 999 996	2 047 999 996	2 043 999 996	2 039 999 996	2 035 999 996
45	2 119 065 118	2 114 991 739	2 110 918 360	2 106 844 981	2 102 771 602	2 100 698 223	2 098 624 844	2 096 551 465	2 094 478 086	2 092 404 707
46	2 166 156 240	2 161 933 483	2 157 710 726	2 153 487 969	2 149 265 212	2 145 042 455	2 140 819 698	2 136 596 941	2 132 374 184	2 128 151 427
47	2 213 247 362	2 208 958 227	2 204 669 092	2 200 379 957	2 196 090 822	2 191 801 687	2 187 512 552	2 183 223 417	2 178 934 282	2 174 645 147
48	2 260 338 484	2 255 988 970	2 251 639 456	2 247 289 942	2 242 940 428	2 238 590 914	2 234 241 400	2 229 891 886	2 225 542 372	2 221 192 858
49	2 307 429 606	2 302 989 740	2 298 540 226	2 294 090 712	2 289 641 198	2 285 191 684	2 280 742 170	2 276 292 656	2 271 843 142	2 267 393 628
50	2 354 520 728	2 350 000 212	2 345 479 696	2 340 959 180	2 336 438 664	2 331 918 148	2 327 397 632	2 322 877 116	2 318 356 600	2 313 836 084
51	2 401 611 850	2 397 002 201	2 392 392 552	2 387 782 903	2 383 173 354	2 378 563 805	2 373 954 256	2 369 344 707	2 364 735 158	2 359 125 609
52	2 448 702 972	2 444 003 945	2 439 314 918	2 434 625 891	2 429 936 864	2 425 247 837	2 420 558 810	2 415 869 783	2 411 180 756	2 406 491 729
53	2 495 794 094	2 491 005 686	2 486 316 659	2 481 627 632	2 476 938 605	2 472 249 578	2 467 560 551	2 462 871 524	2 458 182 497	2 453 493 470
54	2 542 885 216	2 538 007 432	2 533 318 405	2 528 629 378	2 522 940 351	2 518 251 324	2 513 562 297	2 508 873 270	2 504 184 243	2 499 495 216
55	2 590 976 338	2 585 009 176	2 580 042 049	2 575 074 922	2 569 107 795	2 564 140 668	2 559 173 541	2 554 206 414	2 549 239 287	2 544 272 160
56	2 638 067 460	2 632 000 319	2 626 933 192	2 621 866 065	2 616 798 938	2 611 731 811	2 606 664 684	2 601 597 557	2 596 530 430	2 591 463 303
57	2 685 158 582	2 679 001 663	2 673 827 142	2 668 652 621	2 663 478 100	2 658 303 579	2 653 129 058	2 647 954 537	2 642 780 016	2 637 605 495
58	2 732 249 704	2 726 004 406	2 720 729 107	2 715 453 808	2 710 178 509	2 704 903 210	2 699 627 911	2 694 352 612	2 689 077 313	2 683 802 014
59	2 779 340 826	2 773 006 150	2 767 646 631	2 762 287 112	2 756 927 593	2 751 568 074	2 746 208 555	2 740 849 036	2 735 489 517	2 730 130 000
60	2 826 431 948	2 820 017 894	2 814 559 438	2 809 100 982	2 803 642 526	2 798 184 070	2 792 725 614	2 787 267 158	2 781 808 702	2 776 350 246
61	2 873 523 070	2 867 019 637	2 861 470 203	2 855 920 769	2 850 371 335	2 844 821 901	2 839 272 467	2 833 723 032	2 828 173 598	2 822 624 164
62	2 920 614 192	2 914 011 314	2 908 360 980	2 902 710 646	2 897 060 312	2 891 410 978	2 885 761 644	2 880 112 310	2 874 462 976	2 868 813 642
63	2 967 705 314	2 961 002 125	2 955 251 791	2 949 501 457	2 943 751 123	2 938 000 789	2 932 250 455	2 926 500 121	2 920 749 787	2 915 000 453
64	3 014 796 436	3 008 024 868	3 002 212 499	2 996 380 129	2 990 547 760	2 984 715 391	2 978 883 022	2 973 050 653	2 967 218 284	2 961 385 915
65	3 061 887 558	3 055 026 612	3 049 131 264	3 043 199 916	3 037 268 568	3 031 337 220	3 025 405 872	3 019 474 524	3 013 543 176	3 007 611 828
66	3 108 978 680	3 102 028 355	3 09							

Akkumulerad underhållskostnad, framtida penningvärde [kr]

Förmyletsakt	Förmyletsakt_0	Förmyletsakt_0_1	Förmyletsakt_0_2	Förmyletsakt_0_3	Förmyletsakt_0_4	Förmyletsakt_0_5	Förmyletsakt_0_6	Förmyletsakt_0_7	Förmyletsakt_0_8	Förmyletsakt_0_9	Förmyletsakt_0_10
1	47 005 745	46 915 020	46 824 290	46 733 560	46 642 831	46 552 102	46 461 372	46 370 642	46 279 913	46 189 183	46 098 454
2	35 511 253	35 326 986	35 142 719	34 958 452	34 774 185	34 589 918	34 405 651	34 221 384	34 037 117	33 852 850	33 668 583
3	145 564 181	145 200 971	144 837 761	144 474 551	144 111 341	143 748 131	143 384 921	143 021 711	142 658 501	142 295 291	141 932 081
4	197 213 755	196 832 576	196 451 397	196 070 218	195 689 039	195 307 860	194 926 681	194 545 502	194 164 323	193 783 144	193 401 965
5	250 510 694	250 026 278	249 541 862	249 057 446	248 573 030	248 088 614	247 604 198	247 119 782	246 635 366	246 150 950	245 666 534
6	305 507 366	304 916 327	304 325 288	303 734 249	303 143 210	302 552 171	301 961 132	301 370 093	300 779 054	300 188 015	299 596 976
7	362 257 786	361 656 631	361 055 476	360 454 321	359 853 166	359 252 011	358 650 856	358 049 701	357 448 546	356 847 391	356 246 236
8	420 817 698	420 202 803	419 587 908	418 973 013	418 358 118	417 743 223	417 128 328	416 513 433	415 898 538	415 283 643	414 668 748
9	481 244 560	480 312 219	479 379 878	478 447 537	477 515 196	476 582 855	475 650 514	474 718 173	473 785 832	472 853 491	471 921 150
10	543 597 717	542 544 072	541 490 427	540 436 782	539 383 137	538 329 492	537 275 847	536 222 202	535 168 557	534 114 912	533 061 267
11	607 398 953	606 759 431	605 580 590	604 401 687	603 222 666	602 043 645	600 864 624	599 685 603	598 506 582	597 327 561	596 148 540
12	671 243 596	670 021 236	668 798 876	667 576 516	666 354 156	665 131 796	663 909 436	662 687 076	661 464 716	660 242 356	659 019 996
13	742 836 583	741 394 665	739 952 747	738 510 829	737 068 911	735 626 993	734 185 075	732 743 157	731 301 239	729 859 321	728 417 403
14	813 526 500	811 946 592	810 366 684	808 786 776	807 206 868	805 626 960	804 047 052	802 467 144	800 887 236	799 307 328	797 727 420
15	886 469 666	884 746 254	883 022 842	881 300 430	879 578 018	877 855 606	876 133 194	874 410 782	872 688 370	870 965 958	869 243 546
16	961 704 602	959 865 018	957 925 434	955 984 850	954 044 266	952 103 682	950 163 098	948 222 514	946 281 930	944 341 346	942 399 762
17	1039 398 079	1037 376 512	1035 354 945	1033 333 378	1031 311 811	1029 290 244	1027 268 677	1025 247 110	1023 225 543	1021 203 976	1019 182 409
18	1119 535 213	1117 356 632	1115 178 051	1112 993 469	1110 818 887	1108 644 305	1106 469 723	1104 295 141	1102 120 559	1099 929 977	1097 750 395
19	1202 224 526	1199 983 919	1197 543 311	1195 202 703	1192 862 095	1190 521 487	1188 180 879	1185 840 271	1183 499 663	1181 159 055	1178 818 447
20	1287 547 026	1285 039 033	1282 531 039	1280 023 046	1277 515 052	1275 007 059	1272 499 066	1269 991 073	1267 483 079	1264 975 086	1262 467 092
21	1375 586 283	1372 306 433	1370 224 563	1367 543 733	1364 862 883	1362 182 033	1359 501 183	1356 820 333	1354 139 483	1351 458 633	1348 777 783
22	1466 428 512	1463 569 157	1460 709 802	1457 850 447	1454 991 092	1452 131 737	1449 272 381	1446 413 026	1443 553 671	1440 694 316	1437 834 961
23	1560 362 677	1557 186 965	1554 012 272	1550 837 580	1547 662 887	1544 488 194	1541 313 501	1538 138 808	1535 064 115	1531 989 422	1528 914 729
24	1656 804 744	1653 846 423	1650 888 102	1647 929 781	1644 970 460	1642 011 139	1639 051 818	1636 092 497	1633 133 176	1630 173 855	1627 214 534
25	1754 676 623	1751 245 397	1747 814 171	1744 382 945	1740 951 719	1737 520 493	1734 089 267	1730 658 041	1727 226 815	1723 795 589	1720 364 363
26	1854 648 757	1850 015 139	1845 381 521	1840 747 903	1836 114 285	1831 480 667	1827 847 049	1824 213 431	1820 579 813	1816 946 195	1813 312 577
27	1965 897 621	1962 054 382	1958 211 144	1954 367 905	1950 524 667	1946 681 428	1942 838 189	1938 994 950	1935 151 711	1931 308 472	1927 465 233
28	2 075 527 141	2 071 467 442	2 067 407 743	2 063 348 043	2 059 288 343	2 055 228 644	2 051 168 944	2 047 109 245	2 043 049 545	2 038 989 846	2 034 930 146
29	2 188 644 534	2 184 361 311	2 180 078 087	2 175 794 863	2 171 511 639	2 167 228 415	2 162 945 191	2 158 661 967	2 154 378 743	2 150 095 519	2 145 812 295
30	2 305 360 406	2 300 846 366	2 296 332 326	2 291 818 286	2 287 304 246	2 282 790 206	2 278 276 166	2 273 762 126	2 269 248 086	2 264 734 046	2 260 220 006
31	2 425 788 853	2 421 036 474	2 416 284 095	2 411 531 716	2 406 779 337	2 402 026 958	2 397 274 579	2 392 522 199	2 387 769 820	2 383 017 441	2 378 265 061
32	2 550 047 604	2 545 043 102	2 540 038 600	2 535 034 098	2 530 029 596	2 525 025 094	2 520 020 592	2 515 016 090	2 510 011 588	2 505 007 086	2 500 002 584
33	2 678 258 074	2 673 005 430	2 667 752 786	2 662 500 142	2 657 247 498	2 652 094 854	2 646 842 210	2 641 589 566	2 636 336 922	2 631 084 278	2 625 831 634
34	2 810 455 538	2 805 030 468	2 799 505 398	2 794 080 328	2 788 655 258	2 783 230 188	2 777 805 118	2 772 380 048	2 766 954 978	2 761 529 908	2 756 104 838
35	2 947 039 226	2 941 253 176	2 935 467 126	2 929 681 076	2 923 895 026	2 918 109 976	2 912 323 926	2 906 537 876	2 900 751 826	2 894 965 776	2 889 179 726
36	3 087 872 455	3 081 806 599	3 075 740 743	3 069 674 887	3 063 609 031	3 057 543 175	3 051 477 319	3 045 411 463	3 039 345 607	3 033 279 751	3 027 213 895
37	3 233 182 751	3 226 827 971	3 220 473 191	3 214 118 411	3 207 763 631	3 201 408 851	3 195 054 071	3 188 699 291	3 182 344 511	3 175 989 731	3 169 634 951
38	3 383 119 990	3 376 458 676	3 369 805 362	3 363 152 048	3 356 498 734	3 349 845 420	3 343 192 106	3 336 538 792	3 329 885 478	3 323 232 164	3 316 578 850
39	3 537 886 527	3 530 845 364	3 523 804 201	3 516 763 038	3 509 721 875	3 502 680 712	3 495 639 549	3 488 598 386	3 481 557 223	3 474 516 060	3 467 474 897
40	3 697 417 945	3 690 138 103	3 682 858 261	3 675 578 419	3 668 298 577	3 661 018 735	3 653 738 893	3 646 459 051	3 639 179 209	3 631 899 367	3 624 619 525
41	3 862 100 196	3 854 424 520	3 846 848 845	3 839 273 170	3 831 697 495	3 824 121 820	3 816 546 145	3 808 970 470	3 801 394 795	3 793 819 120	3 786 233 445
42	4 032 032 151	4 024 068 954	4 016 122 157	4 008 175 960	4 000 229 763	3 992 283 566	3 984 337 369	3 976 391 172	3 968 444 975	3 960 498 778	3 952 552 581
43	4 207 232 753	4 199 032 805	4 190 732 857	4 182 432 909	4 174 132 961	4 165 833 013	4 157 533 065	4 149 233 117	4 140 933 169	4 132 633 221	4 124 333 273
44	4 388 213 202	4 379 554 700	4 370 896 197	4 362 237 694	4 353 579 192	4 344 920 689	4 336 262 186	4 327 603 684	4 318 945 181	4 310 286 678	4 301 628 175
45	4 574 842 485	4 565 810 654	4 556 778 823	4 547 747 031	4 538 715 239	4 529 683 447	4 520 651 655	4 511 619 863	4 502 588 071	4 493 556 279	4 484 524 487
46	4 767 398 520	4 757 962 240	4 748 525 960	4 739 089 680	4 729 653 400	4 720 217 120	4 710 780 840	4 701 344 560	4 691 908 280	4 682 472 000	4 673 035 720
47	4 966 072 010	4 956 256 768	4 946 441 526	4 936 626 284	4 926 811 042	4 916 995 800	4 907 180 558	4 897 365 316	4 887 550 074	4 877 734 832	4 867 919 590
48	5 171 053 619	5 160 827 458	5 150 601 296	5 140 375 135	5 130 148 973	5 119 922 812	5 109 696 650	5 099 470 488	5 089 244 327	5 079 018 166	5 068 792 004
49	5 382 544 069	5 371 893 633	5 361 243 196	5 350 592 759	5 339 942 322	5 329 291 885	5 318 641 448	5 307 991 011	5 297 340 574	5 286 690 137	5 276 039 700
50	5 600 743 408	5 589 680 908	5 578 627 408	5 567 483 908	5 556 340 408	5 545 196 908	5 534 053 408	5 522 909 908	5 511 766 408	5 500 622 908	5 489 479 408
51	5 825 882 187	5 814 341 391	5 802 800 596	5 791 259 800	5 779 719 006	5 768 178 210	5 756 637 415	5 745 096 620	5 733 555 825	5 722 015 030	5 710 474 234
52	6 058 581 667	6 046 153 883	6 034 148 100	6 022 132 317	6 010 130 533	5 998 128 750	5 986 126 967	5 974 125 183	5 962 093 400	5 950 061 617	5 938 029 833
53	6 291 314 031	6 285 234 032	6 279 154 033	6 273 074 034	6 267 044 035	6 261 014 036	6 255 044 037	6 249 124 038	6 243 264 039	6 237 464 040	6 231 724 041
54	6 545 072 601	6 537 084 850	6 529 097 100	6 521 109 350	6 513 121 600	6 505 133 850	6 497 146 100	6 489 158 350	6 481 170 600	6 473 182 850	6 465 195 100
55	6 800 178 062	6 796 676 337	6 793 174 613	6 789 672 889	6 786 171 165	6 782 669 441	6 779 167 717	6 775 665 993	6 772 164 269	6 768 662 545	6 765 160 821
56	7 063 378 694	7 049 346 312	7 035 313 930	7 021 281 548	7 007 249 166	6 993 216 784	6 979 184 402	6 965 152 020	6 951 119 638	6 937 087 256	6 923 054 874
57	7 334 390 613	7 320 350 351	7 305 310 089	7 291 269 827	7 277 229 565	7 263 189 303	7 249 149 041	7 235 108 779	7 221 068 517	7 207 028 255	7 192 987 993
58	7 615 086 016	7 599 952 096	7 584 808 175	7 569 664 254	7 554 520 333	7 539 376 412	7 524 232 491	7 509 088 570	7 493 944 649	7 478 800 728	7 463 656 807
59	7 904 653 436	7 888 423 505	7 872 289 574	7 856 155 643	7 840 021 712	7 823 887 781	7 807 753 850	7 791 619 919	7 775 485 988	7 759 352 057	7 743 218 126
60	8 202 376 001	8 186 045 116	8 169 714 232	8 153 383 348	8 137 052 463	8 120 721 579	8 104 390 695	8 088 059 811	8 071 728 926	8 055 398 042	8 039 067 157

8.3 Bilaga 3

Ram där olika förnyelsetakter kan jämföras efter n antal år. År och förnyelsetakt ändras genom att trycka på cellen i fråga och välja efterfrågat alternativ. Resultrande värden och efterföljande diagram ändras därefter. I detta fall jämförs förnyelsetakt 0,6 och 0,7 procent under 100 år.

Förnyelsetakt06	År100	Förnyelsetakt 06	Förnyelsetakt 0.6	År 100	Kostnad förnyelse [kr]	Akumulerad underhållskostnad År 100 [kr]	Akumulerad underhållskostnad 2025 års penningvärde År 100 [kr]
					66 495 744	32 966 358 759	4 701 146 529
Förnyelsetakt07	År100	Förnyelsetakt 07	Förnyelsetakt 0.7	År 100	73 699 450	32 898 284 791	4 691 957 959
					Skilnad investering 1 år [kr]	Bevarat fram till År 100 [kr]	Bevarat fram till År100 2025 års penningvärde [kr]
					7 203 706	68 073 968	9 188 571
						Resultat År 100 2025 års penningvärde [kr]	1 984 865

