



# SIKA AT WORK

## HALLANDSÅSEN JÄRNVÄGSTUNNEL

VATTENTÄTNING I SKIFTANDE GEOLOGI OCH UNDER HÖGA GRUNDVATTENTRYCK

BUILDING TRUST





# PROJEKTBESKRIVNING

## Hallandsåstunneln

Den 8,7 km långa Hallandsåstunneln är en viktig del av Väst kustbanan i Sverige. På grund av skiftande geologi och högt grundvattentryck är byggandet av tunneln komplicerat. Tunneln är planerad att öppna för trafik under 2015.

## Varför bygga en tunnel?

Den nuvarande järnvägslinjen över Hallandsås är ett enkelspår som färdigställdes år 1885. På grund av dess branta stigningar och skarpa kurvor har järnvägen över Hallandsås alltid varit ett problem. Hallandsås begränsar kapaciteten och skapar förseningar längs hela Sveriges västkust.

När Sveriges regering i slutet av 1980-talet beslöt att rusta upp och förnya den svenska järnvägen utreddes också förslag om en tunnel för att lösa problemen med den låga trafikkapaciteten på sträckan över Hallandsåsen. 1991 beslöt regeringen om en 8,7 km lång tunnel mellan Båstad och Förslöv.

En tunnel genom Hallandsås kommer att öka tågkapaciteten från nuvarande 4 tåg per timme till 24, och tågens godsviktscapacitet kommer att dubblas.

## Historia

Bygget av tunneln drabbades av många allvarliga bakslag under perioden 1992-1997. Den första TBM:en (tunnelbormaskinen) som användes var inte anpassad för de krävande förhållandena i åsen och övergång till traditionell teknik med borring och sprängning gjordes.

Då uppstod istället problem med vattenflödet in i tunneln vilket fick brunnar att sina och projektets miljödömdom överskreds. För att tätta tunneln användes då ett kemiskt tätningsmedel. När detta visade sig läcka ut giftig akrylamid avbröts arbetet. Därefter tätades och sanerades tunneln och åsen friskförklarades. För att kunna slutföra projektet krävdes bl a regerings- och riksdagsbeslut, bygglov och en ny miljödömdom. Detta var klart 2004.

**Utan tunnel**  
3-4 tåg per timme



**Med tunnel**  
24 tåg per timme



## Entreprenör

När den svenska regeringen år 2001 beslutade att färdigställa Hallandsåstunneln, blev det svensk-franska konsortiet Skanska-Vinci HB valt som huvudentreprenör. Skanska har stor erfarenhet av traditionellt tunnelbyggande i Sverige och hade tidigare kunskap om Hallandsås. Det franska företaget Vinci är ett av världens största byggföretag och hade stor erfarenhet av tunnelborrning under mycket svåra förhållanden. Konsortiet Skanska-Vinci säkerställer att kompetensen i Projekt Hallandsås motsvarar det som krävs för att klara utmaningen. Den totala kostnaden för projektet beräknas uppgå till 10,5 miljarder kronor i 2008 års penningvärde.

## Tunnelbyggande i komplexa geologiska förhållanden

De två parallella rör som utgör Hallandsås är sammankopplade med 19 stycken tvärtunnlar. Ungefär två tredjedelar av tunneln återstod när den nya TBM:en (med namnet Åsa) startade upp under hösten 2005. TBM:en var speciellt anpassad till de geologiska förhållandena i Hallandsåstunneln. Den varierande kvaliteten på berget, med alternerande skikt av hårt, sönderdelat och vattenbärande berg, gör det svårt att bygga en tunnel. TBM:en installerar ett vattentätt rör av prefabricerade betongsegment bakom sig för att förhindra att grundvatten läcker in i tunneln. Metoden kallas lining, där varje betongring består av 8 stycken prefabricerade betongsegment som väger 12 ton styck. Segmenten, som är över 40.000 i antalet, har tillverkats i Skanska-Vincis fabrik i Åstorp. Tunnelröret ska ha en teknisk livslängd på 120 år och klara av det höga vatten- och bergtrycket i åsen. Detta ställer höga krav på egenskaper och kvalitet på segmenten.

I de 19 tvärtunnlar som sammankopplar de två parallella ensparstunnelarna skall evakuering ske i händelse av stopp eller olycka i järnvägstunnelarna. Tvärtunnlarna byggs med 500 meters mellanrum och har branddörrar i båda öppningarna vilket konverterar dem till brandceller.

De ca 22 meter långa tvärtunnlarna är byggda med traditionell borrar- och sprängteknik från östra tunnelröret. Dessa utfördes samtidigt som det västra tunnelröret byggdes.

## Vattentätning med membran i platsgjuten tunnel

Till största del (ca 65 %) är tunnelarna borrade med TBM och konstruerade med prefabricerade betongsegment medan resterande del av tunnelarna är utförd med traditionell borrar- och sprängteknik. På grund av ett högt vatteninflöde i vissa avsnitt där traditionell borrar- och sprängteknik använts har betonglining med membran utförts för vattentätning av konstruktionen. Det vattentätande membranet är indelat i "compartments" med fogband och injekteringssystem för att begränsa eventuellt inläckage. Tunneln går genom skiftande geologi med högt grundvattentryck. Vattentrycket är 15 bar i vissa delar av tunneln vilket innebär 150 m vattenpelare.

## Kontroll av omgivningspåverkan

Att utföra ett större infrastrukturprojekt utan att påverka miljön är omöjligt. Målet är dock att minimera påverkan. Hallandsåsprojektet har tagit lärdom av tidigare incidenter under tunnelbygget och miljöarbetet är nu en central del av byggarbetet. Flera interna och externa kontrollsystem finns på plats för att kontrollera vatten, kemikalier och ekologi.



# SNABBFAKTA PROJEKTDELTAGARE

## Tunnelbyggandet – år för år

- 1885 - Järnvägen över Hallandsås invigs.
- 1975 - SJ (Statens Järnvägar) genomför den första tunnelutredningen
- 1991 - Den svenska riksdagen godkänner byggandet av tunneln.
- 1992 - Entreprenören Kraftbyggarna väljs ut som entreprenör för projektet.
- 1993 - TBM:en Hallborr fastnar. Kraftbyggarna byter till mer traditionell teknik med borrhning och sprängning.
- 1995 - Entreprenören Kraftbyggarna lämnar projektet.
- 1996 - Skanska tar över som ny entreprenör.
- 1997 - Bestämmelserna av vattendomstolen överskrids. Akrylamid (Rhoca Gil) används för att täta tunnarna. Höga nivåer av akrylamid registreras i läckande vatten och den omgivande miljön kring tunnarna är starkt påverkad.
- 1999 - Regeringen beslutar att Banverket (idag Trafikverket) ska undersöka om arbetet med tunneln bör fortsätta.
- 2001 - Skanska-Vinci HB konsortiet utses till huvudentreprenör för det fortsatta byggandet av tunneln.
- 2005 - Förberedelse av tunnelbormmaskinen Åsa initieras under hösten.
- 2008 - TBM:en Åsa gör genombrott i mellanpåslaget i den östra tunneln.
- 2010 - TBM:en Åsa gör genombrott i den östra tunneln.
- 2011 - Arbetet med de 19 tvärtunnarna startas. Tvärtunnarna förbinder de två tunnelrören vid ungefär var 500:e meter och fungerar bland annat som utrymningsvägar. Segmentfabriken i Åstorp avslutas efter att ha producerat mer än 40.000 segment.
- 2013 - TBM:en Åsa gör genombrott i den västra tunneln den 4 sep 2013.
- 2014 - Skanska-Vincis kontrakt kommer att slutföras, följt av spårinstallation.
- 2015 - Det första tåget kommer att passera genom Hallandsåstunneln.

## SNABBFAKTA

### Byggnadstid och kostnad

- Byggnadstid påbörjades år 1992. Omstart år 2003.
- Första trafiken genom tunneln: år 2015
- Kostnad: Totalt 10,5 miljarder kronor i 2008 års penningvärde.

### Fakta om huvudtunnarna

- Huvudtunnellängd: 2 x 8,7 km
- Innerdiameter lining: 9,04 meter
- Tvärtunnlar: 19 stycken

### Fakta om tunnelbormmaskinen Åsa

- Längd: 250 m
- Totalvikt: 3 200 ton
- Vikt borrhuvud: 218 ton
- Antal personer i ett TBM-skift: 16 stycken
- Kostnad: ca 500 miljoner kronor

### Fakta om lining

- Total mängd segment: cirka 40.000
- Producerade av Skanska-Vinci och Sydsten (fabriksbetongtillverkare)
- Åtta segment i varje lining ring
- Vikt av ett segment: 12 ton
- Tjocklek: 54 cm
- Längd: 2,2 meter
- Betongvolym: 180 000 m<sup>3</sup>

## PROJEKTDELTAGARE

### Beställare

Trafikverket

### Tunnelentreprenör

Skanska-Vinci HB

### Entreprenör membran/vattentätning

Renesco a.s



# PROJEKTKRAV OCH SIKAS KONSTRUKTIONSLÖSNINGAR



Tunneln är dimensionerad för en teknisk livslängd på 120 år, vilket ställer höga krav på tunnelkonstruktionen. Sika har kontinuerligt varit involverade i tekniska diskussioner om bl a vattentätning, injektering, sprutbetong och betong.

## Vattentätning - membran

Eftersom åsen har en hög grundvattennivå med bitvis stora mängder vatten utförs vattentätningen av konstruktionen med membran med bibehållet vattentryck. Detta innebär att konstruktionen inte har någon inverkan på grundvattennivån utöver det miljödömet tillåter.

Membransystemet (FPO, Flexibel Polyolefin) är installerat på en inre betonglinning eller sprutbetong med en ytjämnhet på 10:1 för att ge erforderlig support. Membransystemet består av geotextil infäst med diskar vilka membranet svetsas på och sedan indelas i "compartments" för att begränsa eventuellt inläckage. Storleken på ett "compartment" (i kvadratmeter) beror på typ av konstruktion och avdelas med fogband med integrerade injekteringsslangar. Membransystem har installerats där i tvärtunnlar och där traditionell borr- och sprängteknik används och vatteninläckaget överskrider kraven i miljödömet.

## Vattentätning - anslutning mellan segment och membran i tvärtunnlarna

Anslutningen mellan membran och segment har alltid varit en utmaning med metallflänskonstruktion för att lyckas skapa en vattentät anslutning. Efter utredning av rapporter, fälttester och referenser användes Sikas flexibla tätningsystem för att erhålla ett vattentätt system för tvärtunnlarna.

I tvärtunnlarna limmades tätningsbandet (FPO, Flexibel Polyolefin) med epoxilim direkt på baksidan av betongsegmenten. Därefter svetsades membranet till tätningsbandet för att skapa ett vattentätt system. Tätningsbandet har också använts för att skapa "compartments" på den våta sidan av tvärtunnlarna. Systemet har kompletterats med svällande vattentätningsprofiler och injekteringsslangar för att säkra ett vattentätt system.



# SIKAPRODUKTER

## Bergsinjektering

Från borrhningen med TBM:en i den första tunneln, det östra tunnelröret, erhöles stora mängder information och erfarenheter. För att öka effektiviteten hos TBM:en i den andra tunneln, det västra tunnelröret, förinjekterades berget med ett cementbaserat injekteringsbruk från bergrum vid tvärtunnel 5 och 6. Tvärtunnel 5 och 6 är belägna i området Lyadalen som har cirka 840 meter av mycket dåligt berg. Injektering utfördes i båda riktningarna (250 m) från bergrummet för att säkra berget och reducera vatteninflödet med en hög reduktionsfaktor, från 250-350 l/s och 100 m till mindre än 50 l/s och 100 meter.

Efter ingående diskussioner och tester, specificerade Trafikverket kraven på injekteringsbruket i form av reologiska egenskaper (flytgräns och viskositet), penetrationsförmåga (filteregenskaper) och stabilitet.

Diskussioner fördes öppet mellan Trafikverket, Skanska-Vinci och Sika (i samarbete med Cementa-Heidelberg) för att dela kunskap, spara tid och för att på så sätt hitta den optimala lösningen.

Sika (i samarbete med Cementa) kunde, efter att ha utfört tester på Cementa Research, erbjuda en sammansättning på injekteringsbruket som uppfyllde Trafikverkets krav. Förinjekteringen av berget förkortade tunneldrivningen med cirka 6 månader.



## Segmenten

Segmentfabriken i Åstorp producerade över 40 000 segment för att färdigställa segment liningen genom Hallandsås. Totalt åtgick 180 000 m<sup>3</sup> betong för att tillverka segment under en period på 6 år. Fabriken drevs av Skanska-Vinci och Sydsten levererade betongen. Fabriken stängdes i början av 2011 när det sista segmentet producerats. Sika var inblandade i ett tidigt skede för att utveckla tillsatsmedel för att uppfylla de höga krav som ställdes på betongen avseende reologi och härdningstid.

## Sprutbetong

Sprutbetong användes för bergsäkring och för att bland annat fylla ut hålrum och skapa ytjämnhet för membranappliceringen. Sika uppfyllde kraven på sprutbetongaccelerator vilka var hög effektivitet, snabb hållfasthetsutveckling, en säker arbetsmiljö, att undvika avbrott i arbetet och support/leveranser med kort varsel.

## Vattentätning

- Sikaplan® WT 2200-32HL2
- Sikaplan® WT Protection sheet-25HE
- Sikaplan® Felt PP 1000-J B2
- Sikaplan® W Tundrain Type A
- Alla typer av membrantillbehör
- Sika® Waterbar WT AF-600/34 MP
- Sikaplan® WT Tape 200
- Sikadur®-31 CF Normal
- SikaSwell® produkter
- X-Plug (mekanisk plugg)

## Cement- och keminjektering

- Sika® Injektering 30 (injekteringscement)
- Sika® iFlow-1 (dispergerande blandning)
- Sika® iAcc-1 (accelerator)
- Sika®-SP40
- Sika® Intraplast-A
- SikaFuko® VT-1, VT-2 och Eco-1
- Sikadur®-52
- Sika® Injection-201 CE
- Sika Injection-306
- Alla typer av injektionstillbehör

## Sprutbetong

- Sigunit®-T&M

## Betongsegment

- Sikament® 20 HE Åstorp
- Sikament® EVO 26
- SikaAer®-S

## Bruger och övriga produkter

- Sika FastFix®-4
- SikaQuick®-506 FG
- Sika® MonoTop®-910
- Antisol-E
- Sika®-2
- Sika® AnchorFix-1
- SikaTop®-71

# HALLANDSÅSEN JÄRNVÄGSTUNNEL



## MER INFORMATION:



Sika Sverige AB, som ingår i den globala koncernen Sika AG, är en ledande leverantör av kemiska specialprodukter. Sika levererar lösningar, system och produkter till byggbranschen och tillverkande industrier och är en ledare inom material som används för att foga, fästa, dämpa, förstärka och skydda lastbärande konstruktioner.

Sikas produktsortiment består av högkvalitativa betongtillsatsmedel, specialbruker, lim & fog, dämpande och förstärkande material, system för strukturell förstärkning, industrigolv samt tak och vattentätande system.

Våra senaste försäljningsvillkor gäller.

Vänligen läs alltid gällande Tekniskt Datablad före användning av våra produkter.



**SIKA SVERIGE AB**  
Domnarvsgatan 15  
Box 8061  
163 08 SPÅNGA

**Kontakt**  
Tel 08-621 89 00  
Fax 08-621 89 89  
www.sika.se, info@se.sika.com

**BUILDING TRUST**

