

KRÜGER



Kirke Eskilstrup Vandværk

Distributionsnettet for rent vand

Nyt forsyningsområde ved Ebberup

September 2014

Kirke Eskilstrup Vandværk

Distributionsnettet for rent vand

Nyt forsyningsområde ved Ebberup

Udarbejdet af: Ole Holst Andersen
Kontrolleret af: Jens Ejnar Kristensen
Udgave/dato: 2
Ordrenummer: 130081126

Krüger A/S

Gladsaxevej 363
DK-2860 Søborg
T +45 3969 0222

SØBORG

ISO 9001 CERTIFIED

Indkildevej 6C
DK-9210 Aalborg SØ
T +45 9818 9300

AALBORG

Haslegårdsvænget 18
DK-8210 Aarhus V
T +45 8746 3300

AARHUS

www.kruger.dk

Fabriksparken 50
DK-2600 Glostrup
T +45 4345 1676

GLOSTRUP

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
2	Konklusioner og anbefalinger	2
3	Modelopstilling	3
4	Modelberegninger	4
4.1	Beregning 1	5
4.2	Beregning 2	6
4.3	Beregning 3	7
4.4	Beregning 4	7
4.5	Beregning 5	7
4.6	Beregning 6	8

Bilagsliste

0	Oplæg fra KEV til ledningsdimensioner
1	Beregning 1 – ledningsdimensioner og modelresultater
2	Beregning 2 – ledningsdimensioner og modelresultater
3	Beregning 3 – ledningsdimensioner og modelresultater
4	Beregning 4 – ledningsdimensioner og modelresultater
5	Beregning 5 – ledningsdimensioner og modelresultater
6	Beregning 6 – ledningsdimensioner og modelresultater

1 Indledning

Kirke Eskilstrup Vandværk (KEV) planlægger at forsyne området ved Ebberup med vand. KEV påtænker at tilslutte det nye forsyningsområde på den eksisterende Trykforøger Stestrup. Det kan blive aktuelt også at forsyne Tingerup og Smidstrup i en senere fase.

I forbindelse med planlægningen af forsyningen af Ebberup, har KEV beregnet dimensionerne i et stort set nyt ledningsnet i området. KEV ønsker en verifikation af dimensionen af de overordnede ledninger og har anmodet Krüger om at foretage en modelberegning.

Nærværende rapport indeholder en beskrivelse af modelopstillingen og resultaterne af modelberegningerne.

2 Konklusioner og anbefalinger

Modelberegningerne viser at dimensionerne af de overordnede ledninger mange steder svarer til KEV's forslag. Modellen viser, at ledningen i Ø110 mm skal gå længere mod øst end foreslået af KEV, og tilsvarende giver modellen længere ledninger i Ø90 mm.

De anbefalede ledningsdimensioner fremgår af bilag 6. De kortere ledninger der grener fra de overordnede ledninger er indlagt i modellen med skønnede dimensioner; de endelige dimensioner skal verificeres i hvert enkelt tilfælde, afhængig af det aktuelle antal forbrugere på ledningen. Erfaringsmæssigt anbefales det at anvende Ø50 mm PE som den mindste dimension af forsyningsledningerne, særligt i det åbne land med forholdsvis lange ledninger.

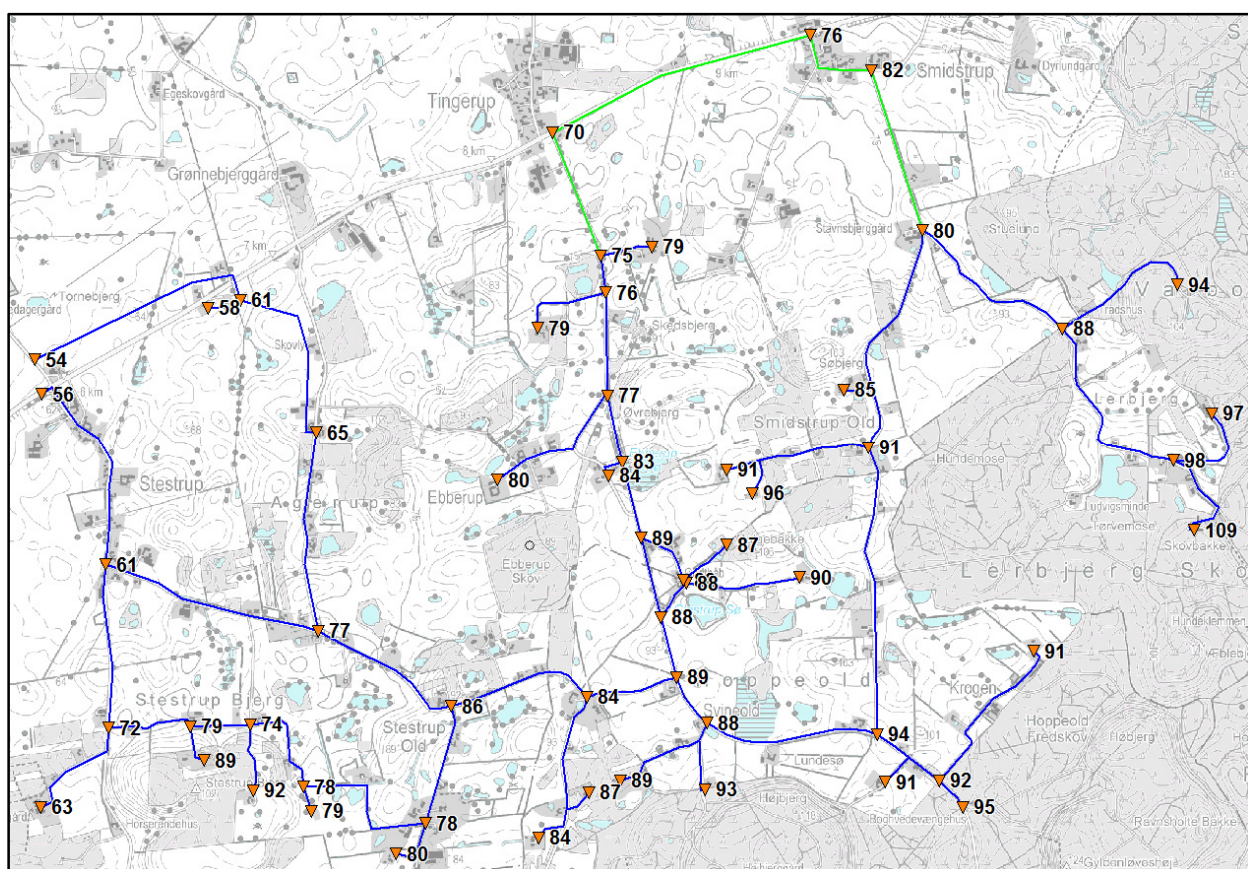
Det anbefales at indlægge en flowafhængig trykstyrekurve i den nye trykforøger. Afhængig af afgangstrykket på den nye trykforøger, må der påregnes etablering af en eller flere lokale trykforøgere i den østlige del af det nye forsyningsområde.

Såfremt det bliver aktuelt at forsyne Tingerup og Smidstrup kan der med fordel etableres en ringforbindelse i Ø75 mm PE via Agerupvej. De eventuelt manglende delstrækninger i den foreslåede ringforbindelse kan opgraderes i forbindelse med ledningsrenovering.

Kirke Eskilstrup Vandværk har på baggrund af version 1 af denne rapport besluttet at etablere den korte ledningsforbindelse fra afgang på Trykforøger Stestrup til ledningen i Ø63 mm PVC i Hvalsøvej-Agerupvej, således at der etableres en ringforbindelse. Udskiftningen af ledninger i Ø63 mm PVC til Ø75 mm PE kan foretages senere. Etableringen af ringforbindelsen betyder, at den nye trykforøger kan dimensioneres efter data baseret på beregning 6.

3 Modelopstilling

Ledningsnetmodellen er opstillet på baggrund af Geodatastyrelsens digitale kort i 1:25.000 og terrænkoter i 10 m grid. KEV's håndtegnede kort, jf. bilag 0 er gentegnet digitalt i modellen. Som modelsoftware er anvendt AQUIS 1.5. Figur 3.1 viser en oversigt over ledningsnettet i Ebberup med blå signatur (24,8 km) og den eventuelle udvidelse til Tingerup og Smidstrup med grøn signatur (2,8 km). Figuren viser endvidere terrænkoterne i modelknuderne.



Figur 3.1 Oversigtskort med terrænkoter
Blå ledninger er til forsyning af Ebberup
Grønne ledninger er til mulig fremtidig forsyning af Tingerup og Smidstrup

I det følgende refereres til plottet med ledningsdimensioner i bilag 1, hvor de mere modelspecifikke oplysninger fremgår.

Den eksisterende Trykforøger Stestrup er indlagt som modelknode 1 med terrænkote 56 m og et afgangstryk på 55 mVS. KEV planlægger at etablere en ny trykforøger ved Stestrup Oldvej 51, omtrent i kote 76 m. Denne er indlagt i modellen i knude 13A med forskellige afgangstryk. KEV har målt et tryk på 35 mVS på stedet for den nye trykforøger.

KEV har oplyst at der er ca. 110 forbrugere i området ved Ebberup. Det afregnede forbrug er ca. 13.000 m³/år sv.t. en skønnet udpumpning på 15.000 m³/år. Den daglige maksimale udpumpning er 3,5-5 m³/h, og den maksimale udpumpning er oplyst til 10 m³/h. Der er ingen dyrehold i området, dog er der nogle ejendomme med heste. Der skal ikke regnes med brandhaner i området.

KEV har oplyst, at såfremt Tingerup og Smidstrup også skal forsynes, kan der regnes med 50 forbrugere og et maksimalt forbrug på i alt 5 m³/h i disse to områder tilsammen.

I ledningsnetmodellen er Ebberupområdets 10 m³/h skønsmæssigt fordelt på modelknuderne. Der er endvidere indlagt 4 m³/h i Tingerup og 2 m³/h i Smidstrup, som er aktiveret i nogle dele af beregningerne.

4 Modelberegninger

Som nævnt i afsnit 3 tager beregningerne afsæt i de maksimale forbrug ved forskellige omfang af forsyningsområdet. Ved minimale forbrug, f.eks. om natten, vil hastighederne være lavere end de viste.

Beregningerne identificeres ved nedenstående modeltidspunkter.

00-00:00

Intet forbrug.

00-01:00

Det udvidede forsyningsområde ved Ebberup, i alt 10 m³/h, heraf 8 m³/h gennem den nye trykforøger.

01-00:00

Det udvidede forsyningsområde ved Ebberup samt Tingerup og Smidstrup, i alt 16 m³/h, heraf 14 m³/h gennem den nye trykforøger. Dette er det den dimensionsgivende forbrugssituation.

01-01:00

Det udvidede forsyningsområde ved Ebberup samt Tingerup og Smidstrup, i alt 20 m³/h, heraf 18 m³/h gennem den nye trykforøger. Denne forbrugssituation anvendes kun i beregning 5 og 6, og den har til formål at undersøge følsomheden af ledningsnettet i forhold til usikkerheden på forbruget. Erfaringsmæssigt forekommer der ofte større uønskede aftapninger i det åbne land.

02-00:00

Som modeltidspunkt 01-00.00, men forsyning af Smidstrup kun via Tingerup. Anvendes kun i beregning 1, 2 og 3.

Ledningsdimensioneringen er bundet af, at der findes en nyere ledning i Ø110 mm PE i Stestrupvej. Dog regnes med udskiftning af ca. 150 m Ø90 mm PE til Ø110 mm PE i alle beregninger.

For at have muligheden for at forsyne Tingerup og Smidstrup er det i beregningerne valgt at fordele flowet på to ledninger, som udgør en ringforbindelse gennem Tingerup og Smidstrup. Dels er dette mere fleksibelt end én ledning i forhold til større aftapninger på ledningsnettet, og dels giver det en større forsyningsikkerhed. Endvidere undgår KEV at anlægge én forholdsvis stor ledning, som indtil den eventuelle forsyning af Tingerup og Smidstrup ville medføre lave hastigheder i ledningen.

Den dimensgivende forbrugssituation indebærer et flow gennem den nye trykforøger på 14 m³/h. For at have en vis forsyningsikkerhed bør trykforøgerens ydelse være lidt større. Hvis der f.eks. vælges et forhold mellem evne og krav på 1,3 fås, at trykforøgeren skal kunne yde 18 m³/h ved den nødvendige løftehøjde.

4.1 Beregning 1

De anvendte ledningsdimensioner fremgår af bilag 1. Afgangstrykket på den nye trykforøger er sat til 55 mVS.

Beregningsresultaterne er ligeledes vist i bilag 1. De maksimale hastigheder ved forsyning af Ebberup (modeltidspunkt 00-01:00) er 0,38 m/s.

Ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup (modeltidspunkt 01-00:00) er der trykgradienter op til 5,3 mVS/km i ledningerne i Ø110 mm PE. Dette fremgår også af de beregnede forsyningstryk: I modelknode 13 i krydset Stestrup Oldvej/Agerupvej er forsyningsstrykket ved 34 mVS ved intet forbrug, hvilket næsten svarer til forholdene om natten. Ved forsyning af Ebberup falder trykket her til 30 mVS og ved yderligere forsyning af Tingerup og Smidstrup falder trykket til 25 mVS. Der må således påregnes en forholdsvis stor trykvaration i området, herunder på ledningen i Agerupvej m.m.

Som nævnt tidligere, er der allerede en nyere ledning i Ø110 mm PE i Stestrupvej. I forbindelse med beregning 6 gives et forslag til en ringforbindelse til aflastning af ledningen i Ø110 mm PE. Nedenfor gengives resultaterne af to supplerende beregninger, hvor ledningsstrækningen i

Stestrupvej og i Stestrup Oldvej frem til Agerupvej er øget til Ø125 mm PE henholdsvis Ø160 mm PE. Resultaterne fremgår af tabel 4.1, og det ses, at en ledning i Ø125 mm PE eller eventuelt i Ø160 mm PE giver noget lavere trykvariationer end en ledning i Ø110 mm PE. Disse beregninger er alene udført for at have et sammenligningsgrundlag til beregning 6, og de er ikke vist på noget plot.

Forbrugs-situation	Samlet forbrug m ³ /h	Flow gennem ny trykforøger m ³ /h	Forsyningstryk i knude 13 mVS ved Ø110 mm PE	Forsyningstryk i knude 13 mVS ved Ø125 mm PE	Forsyningstryk i knude 13 mVS ved Ø160 mm PE
Intet forbrug	0	0	34	34	34
Ebberup	10	8	30	32	33,5
Ebberup, Tingerup og Smidstrup	16	14	25	29	32,5

Tabel 4.1 Værdier af forsyningstrykket i knude 13 ved forskellige ledningsdimensioner

Plottet af forsyningstrykket viser, at der må påregnes etablering af en lokal trykforøger før knude 63, hvor forsyningstrykket er 12 mVS. Det vil være uhensigtsmæssigt at øge afgangstrykket på den nye trykforøger på Stestrup Oldvej blot for at undgå en lokal trykforøger før knude 63. Trykket i knude 61 og 62 er 23 mVS henholdsvis 24 mVS.

Beregningen til modeltidspunkt 02-00:00 viser forholdene, hvis der ikke er en forbindelse syd for Smidstrup, men kun en forbindelse syd for Tingerup. Her fås der trykgradienter op til 8,7 mVS/km i den foreslåede ledning i Ø75 mm PE, hvilket er højt. I den efterfølgende beregning 2 øges dimensionen af denne ledning.

4.2 Beregning 2

Denne beregning svarer til beregning 1 med den forskel, at dimensionen af ledningen syd for Tingerup er øget til Ø90 mm PE. Resultaterne fremgår af bilag 2. Ved ingen forbindelse syd for Smidstrup (modeltidspunkt 02-00:00) fås trykgradienter op til 2,4 mVS/km i ledningen syd for Tingerup, hvilket er rimeligt.

Det kan konkluderes, at såfremt det vælges kun at forsyne Tingerup og Smidstrup gennem én ledning, skal dimensionen være Ø90 mm. Som nævnt tidligere, anses det for mere hensigtsmæssigt at vælge to ledninger hver med en dimension på Ø75 mm PE.

4.3 Beregning 3

Denne beregning svarer til beregning 1 med den forskel, at dimensionen af ledningen i Stavnsbjærgvej nord for Søbjærgvej er sænket til Ø75 mm PE. Resultaterne fremgår af bilag 3. Ved leverance til Tingerup og Smidstrup er trykgradienten op til 2,8 mVS/km. Dette er isoleret set ikke så meget; men for at have en vis fleksibilitet i forhold til større aftapninger, og fordi der er et forbrug på ledningen ved Ebberup uden forsyning Tingerup og Smidstrup, anbefales det at anlægge denne ledning i Ø90 mm PE, som vist i bilag 1.

4.4 Beregning 4

Denne beregning svarer til beregning 1 med den forskel, at afgangstrykket på den nye trykforøger er sænket til 50 mVS. Resultaterne er vist i bilag 4, og det ses, at det her er nødvendigt med lokal trykforøgning før knude 61, 62 og 63.

4.5 Beregning 5

I denne løsning følger afgangstrykket fra trykforøgeren en styrecurve, som er afhængig af flowet gennem trykforøgeren:

$$p = p_0 + k \cdot Q^2, \text{ hvor}$$

k er en konstant og Q er flowet.

Der er foretaget modelberegninger med $p_0 = 48 \text{ mVS}$ og $k = 0,03 \text{ mVS}/(\text{m}^3/\text{h})^2$. Det skal bemærkes, at den anvendte forbrugsfordeling i modellen kun er skønnet, så der er en vis usikkerhed på modelresultaterne. Under alle omstændigheder vil man i den praktiske indregulering af trykforøgeren justere de ovennævnte setpunkter; men de giver et afsæt for indreguleringen.

Forbrugs-situation	Samlet forbrug m ³ /h	Flow gennem ny trykforøger m ³ /h	Afgangstryk mVS	Afgangstrykkote m	Forsyningstryk i knude 13 mVS	Forsyningstryk i knude 8 mVS	Forsyningstryk i knude 60 mVS
Intet forbrug	0	0	48	124	34	32	30
Ebberup	10	8	50	126	30	33	28
Ebberup, Tingerup og Smidstrup	16	14	54	130	25	36	26
Følsomhed	20	18	58	134	20	39	23

Tabel 4.2 Værdier af flow, tryk og trykkote ved $p_0 = 48 \text{ mVS}$ og $k = 0,03 \text{ mVS}/(\text{m}^3/\text{h})^2$

Den markerede række er den dimensionsgivende forbrugssituation

Resultaterne af beregningen er vist i bilag 5 og i tabel 4.2. Det ses, at i knude 8 forekommer en trykstigning på 4 mVS, når forbruget skiftet fra intet forbrug til det dimensionsgivende forbrug i Ebberup, Tingerup og Smidstrup, mens der i knude 60 er et trykfald på 4 mVS. Den foreslåede trykstyrekurve vil derfor medvirke til at udjævne de tidlige trykvariationer nedstrøms for trykforøgeren.

Der må påregnes lokal trykforøgning før knude 63.

Beregningen af Ebberup samt Tingerup og Smidstrup med i alt 20 m³/h (modeltidspunkt 01-01:00) har til formål at undersøge følsomheden af ledningsnettet ved større aftapninger, hvor det samlede forbrug er større end det dimensionsgivende forbrug. Beregningen har også til formål checke den foreslåede styrekurve for afgangstrykket på den nye trykforøger.

Det ses, at forsyningstrykket i knude 13 er nede på 20 mVS. Der er vand på ledningsnettet, men det er en stor forskel i forhold til udgangspunktet på 34 mVS ved intet forbrug.

Trykstyringen fungerer, idet der i knude 8 forekommer en trykstigning på 7 mVS, mens der i knude 60 er et trykfald på 7 mVS.

Flowet gennem trykforøgeren er 18 m³/h i denne forbrugssituation, og trykforøgerens nødvendige løftehøjde er her 39 mVS, der fremkommer således:

- Kote: 76 m
- Tilgangstryk: 19 mVS
- Tilgangstrykkote: 95 m
- Afgangstryk: 58 mVS
- Afgangstrykkote: 134 m
- Løftehøjde = 134 m – 95 m = 39 mVS

4.6 Beregning 6

Denne beregning svarer til beregning 5 med den forskel, at der er etableret en ringforbindelse i Ø75 mm PE via Agerupvej. De eventuelt manglende strækninger i den foreslåede dimension kan opgraderes i forbindelse med ledningsrenovering. Resultaterne af denne beregning er vist i bilag 6. Forsyningstrykket i knude 13 er:

- 34 mVS ved intet forbrug
- 32 mVS ved forsyning af Ebberup
- 28 mVS ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup (dimensionsgivende forbrug)
- 25 mVS ved i alt 20 m³/h (følsomhed)

Ved sammenligning med tabel 4.1 ses, at etablering af denne ringforbindelse giver forsyningstryk opstrøms for trykforøgeren, som minder om forholdene ved én ledning i Ø125 mm PE. Etableringen af ringforbindelsen kan afvente den eventuelle forsyning af Tingerup og Smidstrup; men hvis en ledningsrenovering bliver aktuel inden da, bør ledningsdimensionen være Ø75 mm PE.

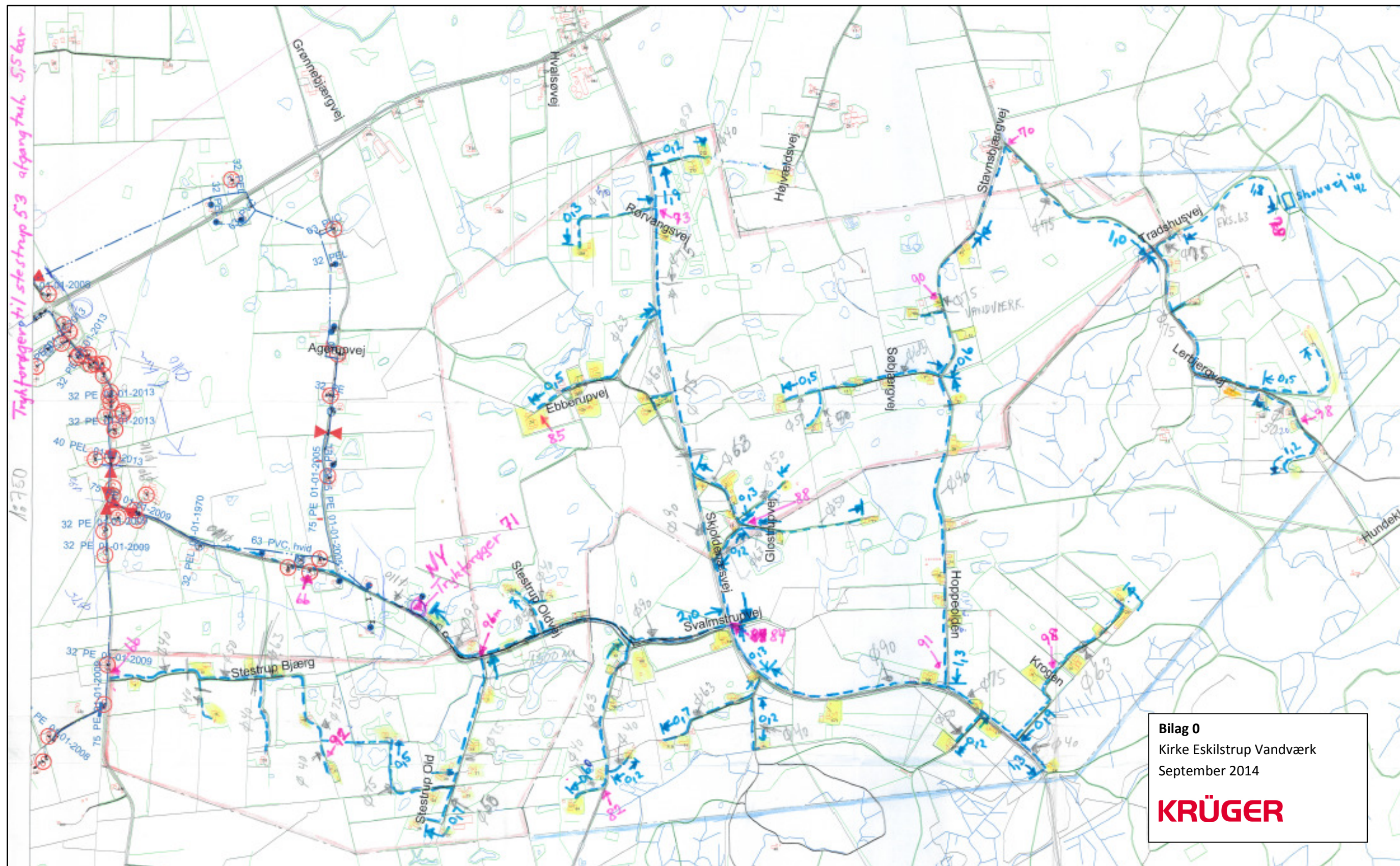
Ringforbindelsen øger forsynings sikkerheden i forhold til det store område der forsynes af den nye trykforøger. Flowet vil generelt gå gennem begge ledninger hen mod den nye trykforøger, så der vil ikke komme områder med stillestående vand i ringforbindelsen.

Kirke Eskilstrup Vandværk har på baggrund af version 1 af denne rapport besluttet at etablere den korte ledningsforbindelse fra afgang på Trykforøger Stestrup til ledningen i Ø63 mm PVC i Hvalsøvej-Agerupvej, således at der etableres en ringforbindelse. Udskiftningen af ledninger i Ø63 mm PVC til Ø75 mm PE kan foretages senere. Etableringen af ringforbindelsen betyder, at den nye trykforøger kan dimensioneres efter følgende data baseret på beregning 6 ved et flow på 18 m³/h:

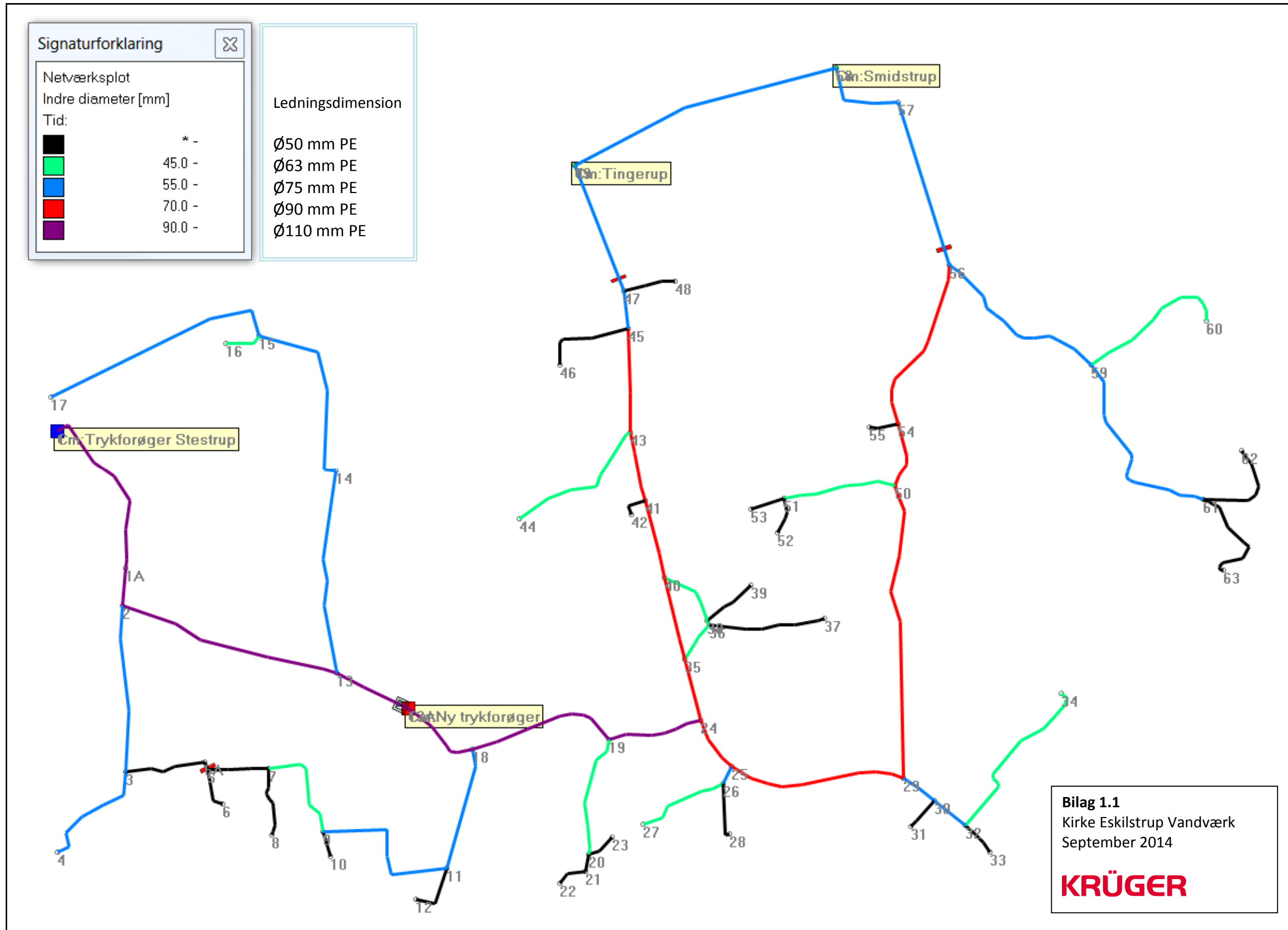
- Kote: 76 m
- Tilgangstryk: 24 mVS
- Tilgangstrykkote: 100 m
- Afgangstryk: 58 mVS
- Afgangstrykkote: 134 m
- Løftehøjde = 134 m – 100 m = 34 mVS

Den nye trykforøger skal således dimensioneres efter et flow på 18 m³/h og en løftehøjde på 34 mVS.

Som i beregning 5 må der påregnes lokal trykforøgning før knude 63.



Oplæg fra Kirke Eskilstrup Vandværk til ledningsdimensioner



Ledningsdimension – indre diameter (interval) og ledningsdimension

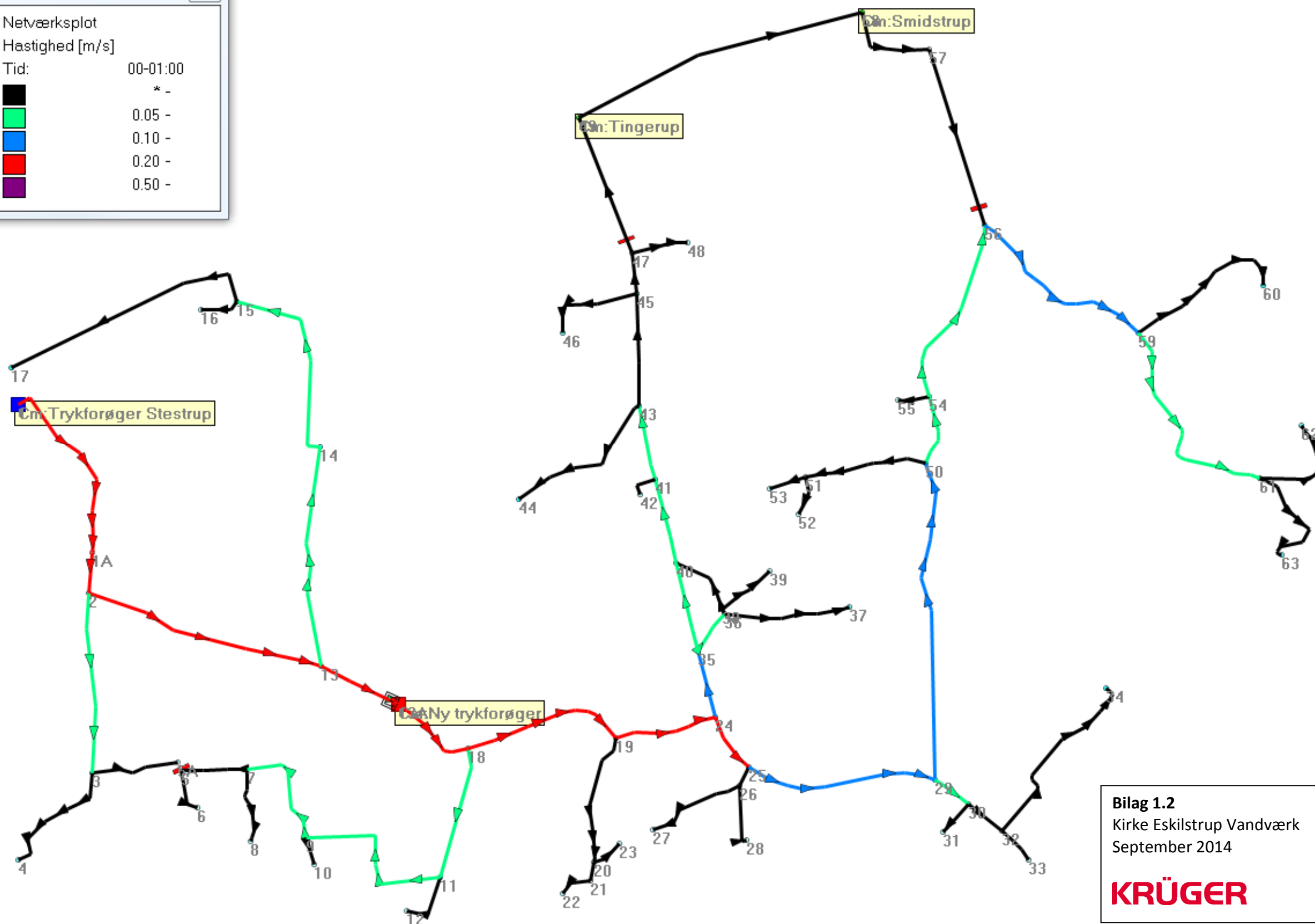
Signaturforklaring

Netværksplot

Hastighed [m/s]

Tid: 00-01:00

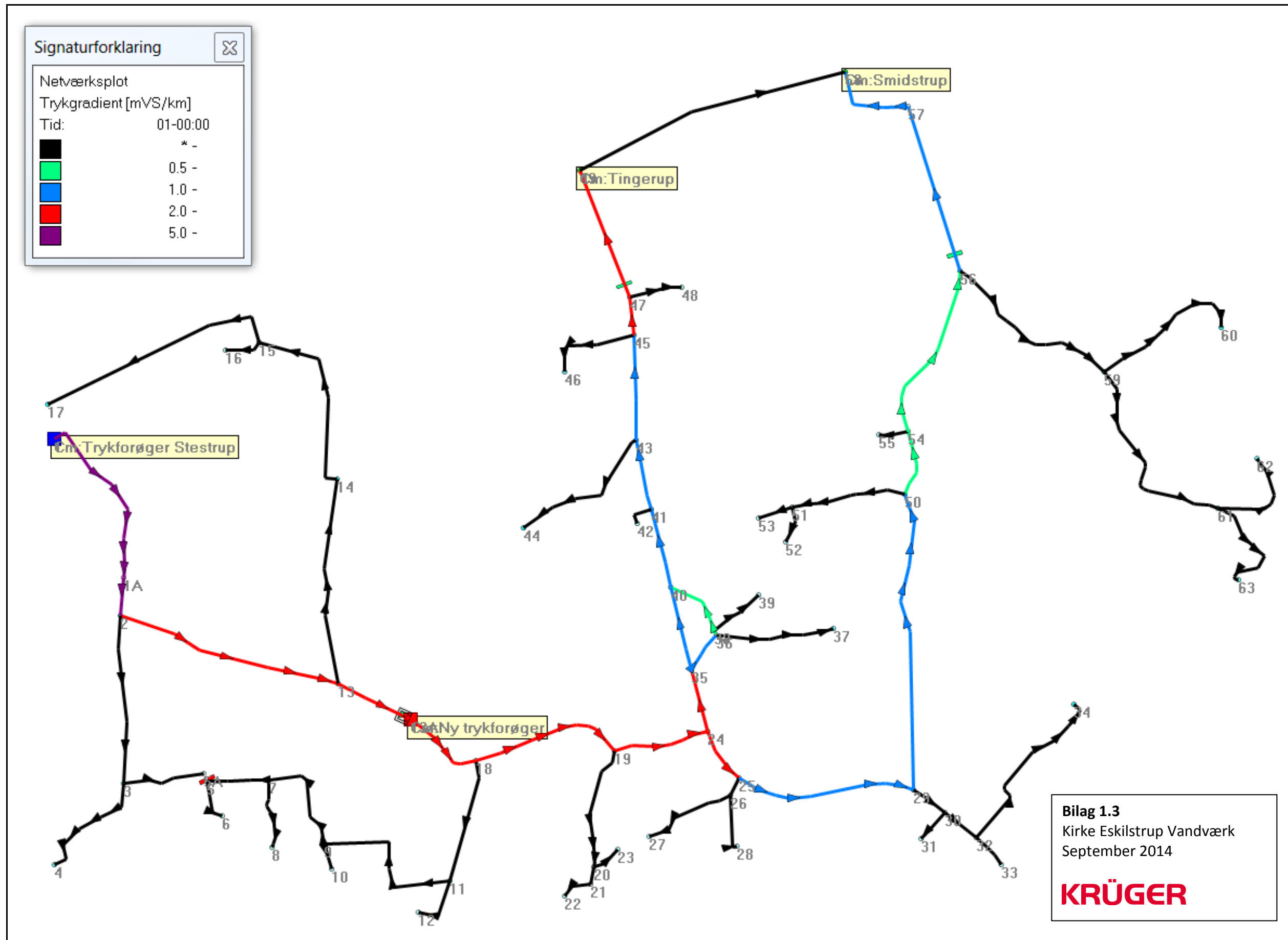
■	* -
■	0.05 -
■	0.10 -
■	0.20 -
■	0.50 -



Bilag 1.2
 Kirke Eskilstrup Vandværk
 September 2014

KRÜGER

Hastighed ved forsyning af Ebberup under maksimalt forbrug i dette område



Trykgradient ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensionsgivende forbrug

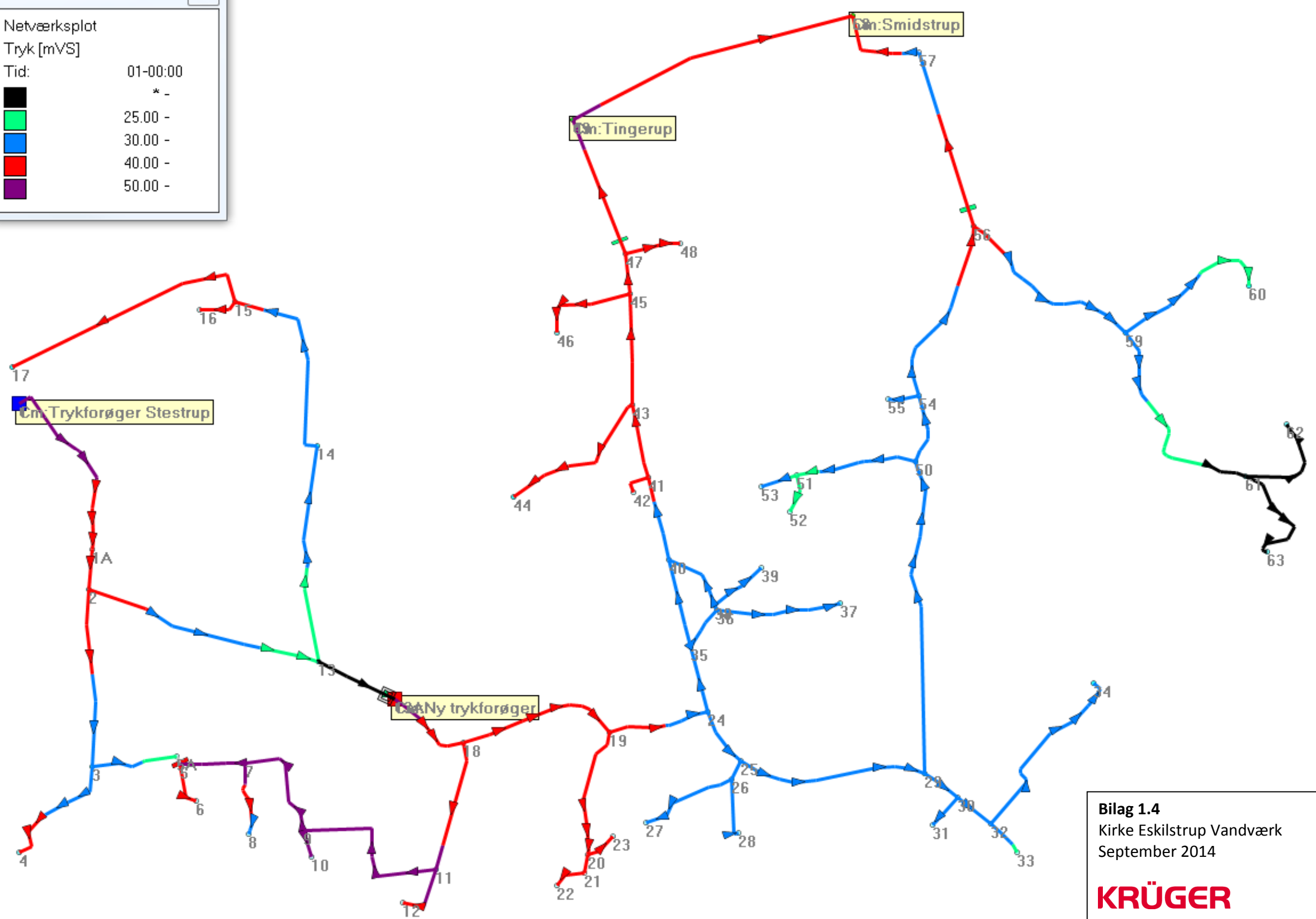
Signaturforklaring

Netværksplot

Tryk [mVS]

Tid: 01-00:00

■	* -
■	25.00 -
■	30.00 -
■	40.00 -
■	50.00 -



Bilag 1.4
 Kirke Eskilstrup Vandværk
 September 2014

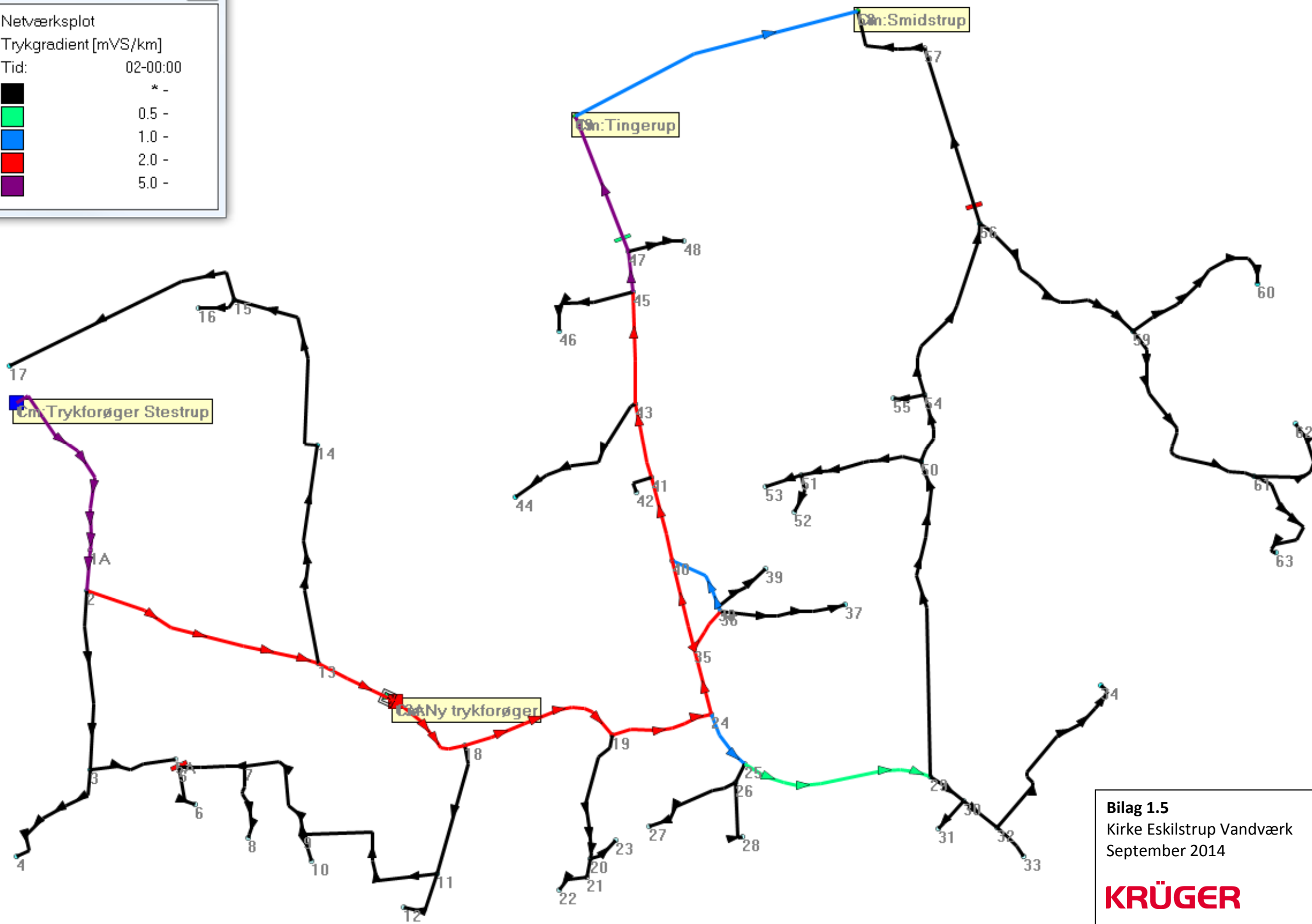
KRÜGER

Forsyningstryk ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensionsgivende forbrug

Signaturforklaring

Netværksplot
 Trykgradient [mVS/km]
 Tid: 02-00:00

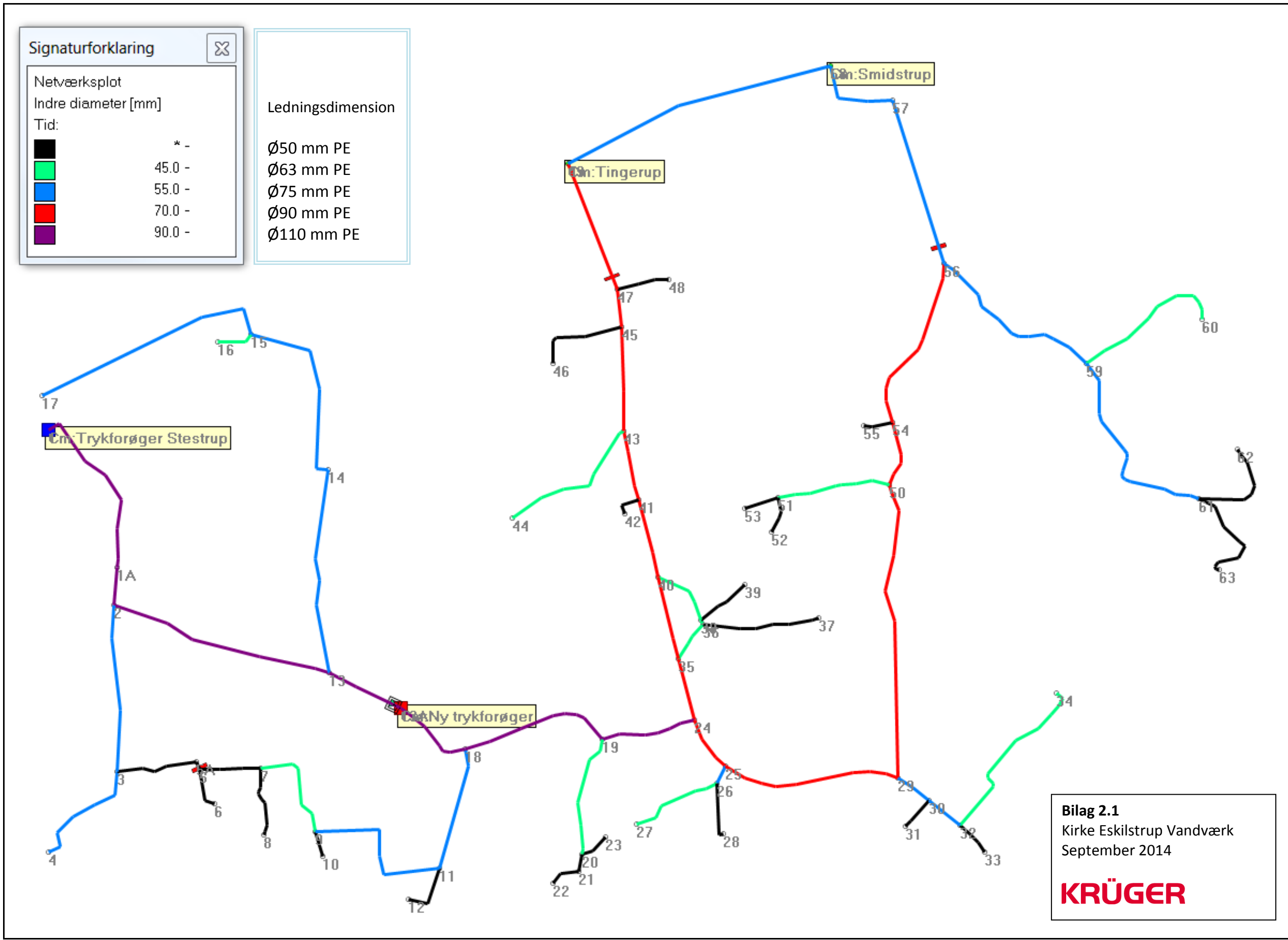
■	* -
■	0.5 -
■	1.0 -
■	2.0 -
■	5.0 -



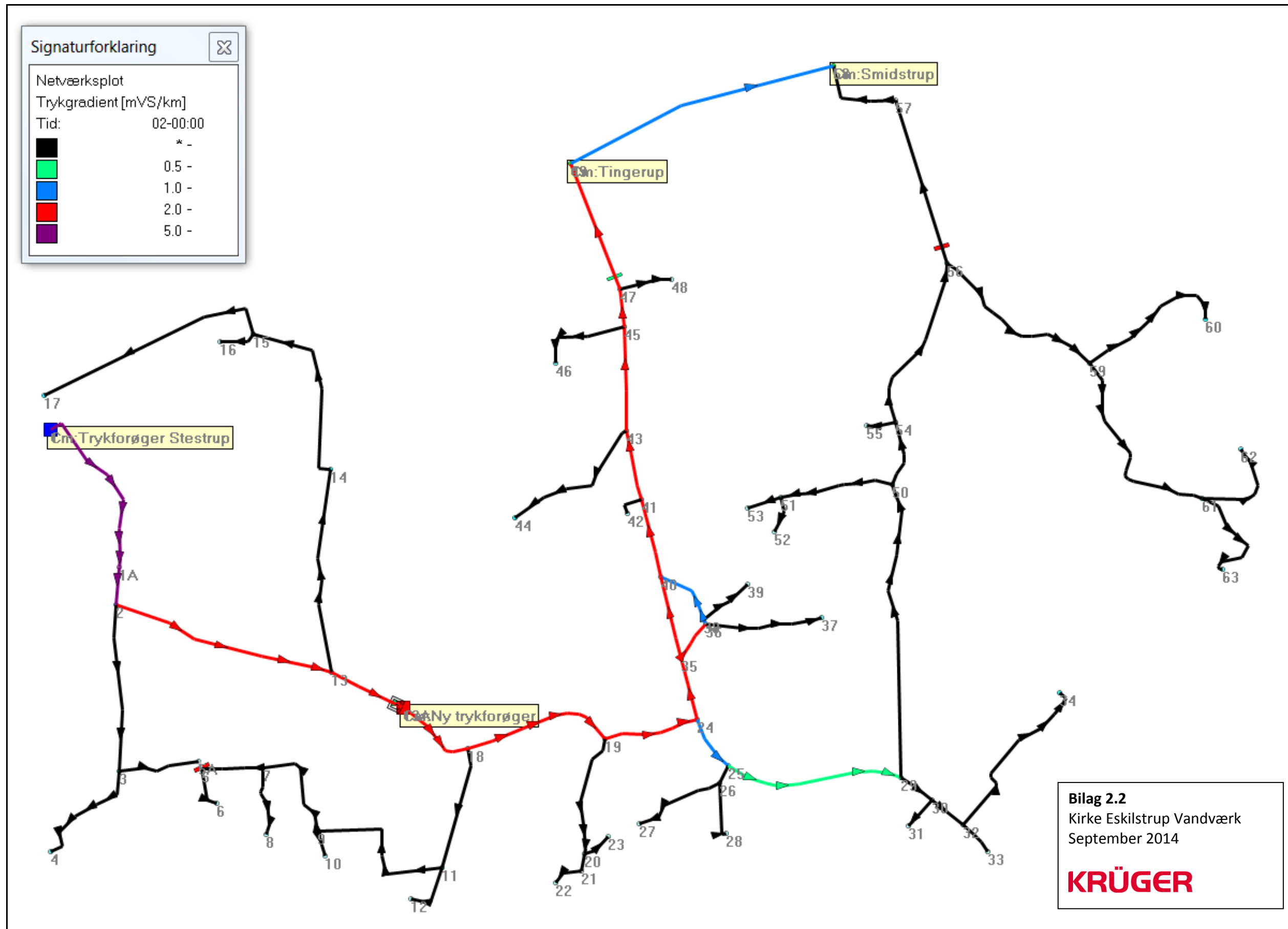
Bilag 1.5
 Kirke Eskilstrup Vandværk
 September 2014

KRÜGER

Trykgradient ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensionsgivende forbrug og uden forbindelse syd for Smidstrup












Ledningsdimension – indre diameter (interval) og ledningsdimension

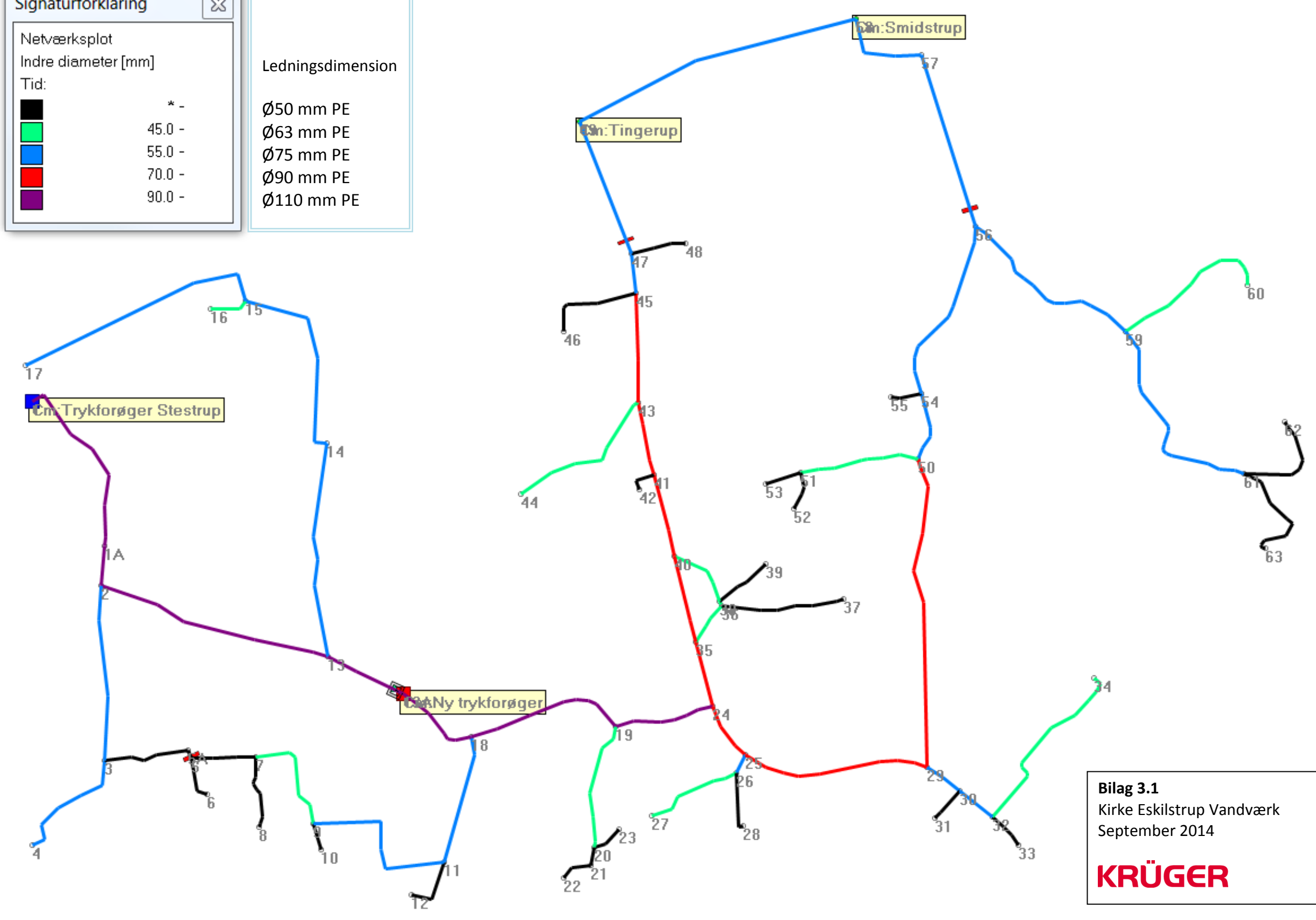


Trykgradient ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensionsgivende forbrug og uden forbindelse syd for Smidstrup

Signaturforklaring

Netværksplot	
Indre diameter [mm]	
Tid:	
	* -
	45.0 -
	55.0 -
	70.0 -
	90.0 -

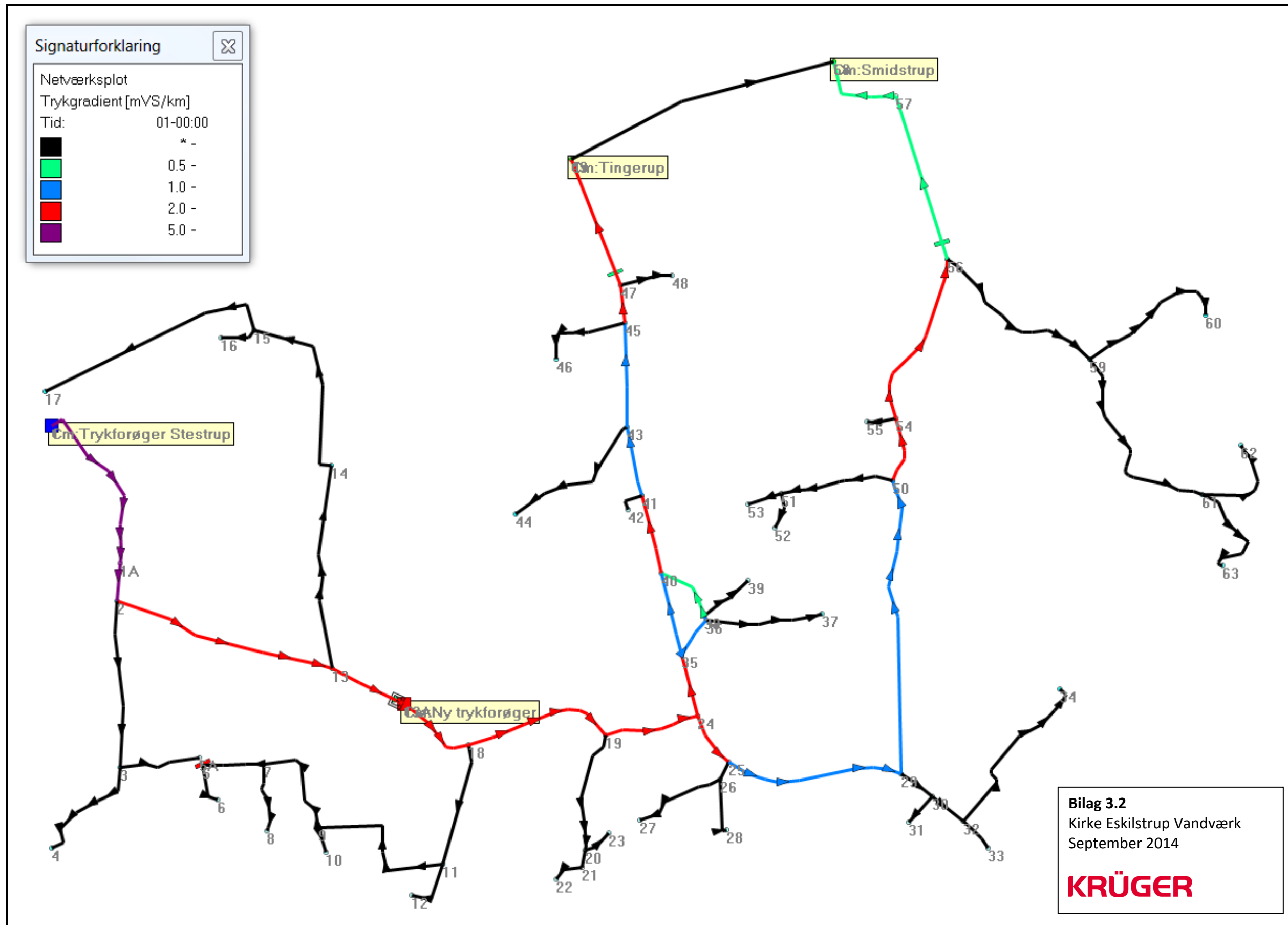
Ledningsdimension	
	Ø50 mm PE
	Ø63 mm PE
	Ø75 mm PE
	Ø90 mm PE
	Ø110 mm PE



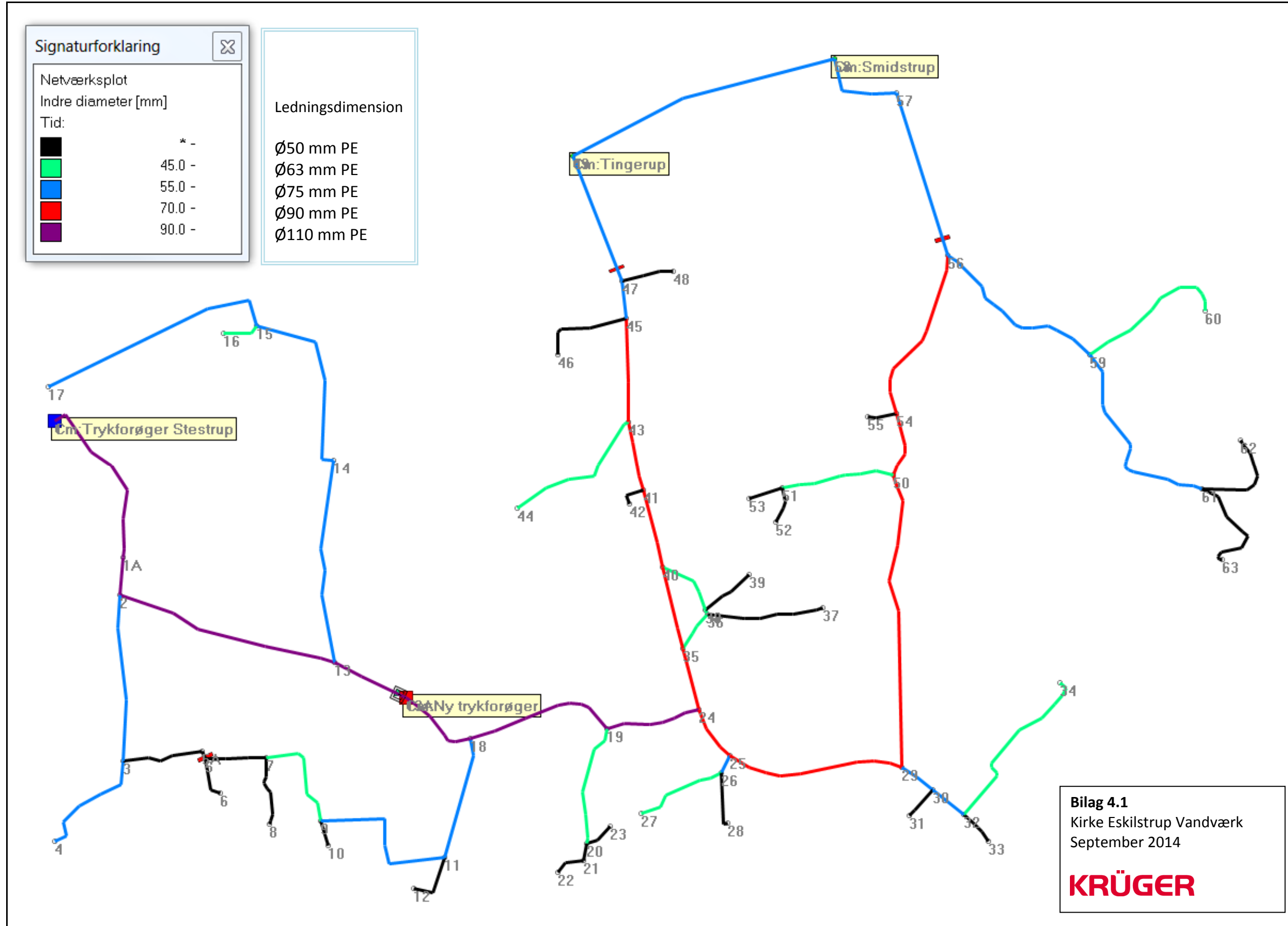
Bilag 3.1
 Kirke Eskilstrup Vandværk
 September 2014

KRÜGER

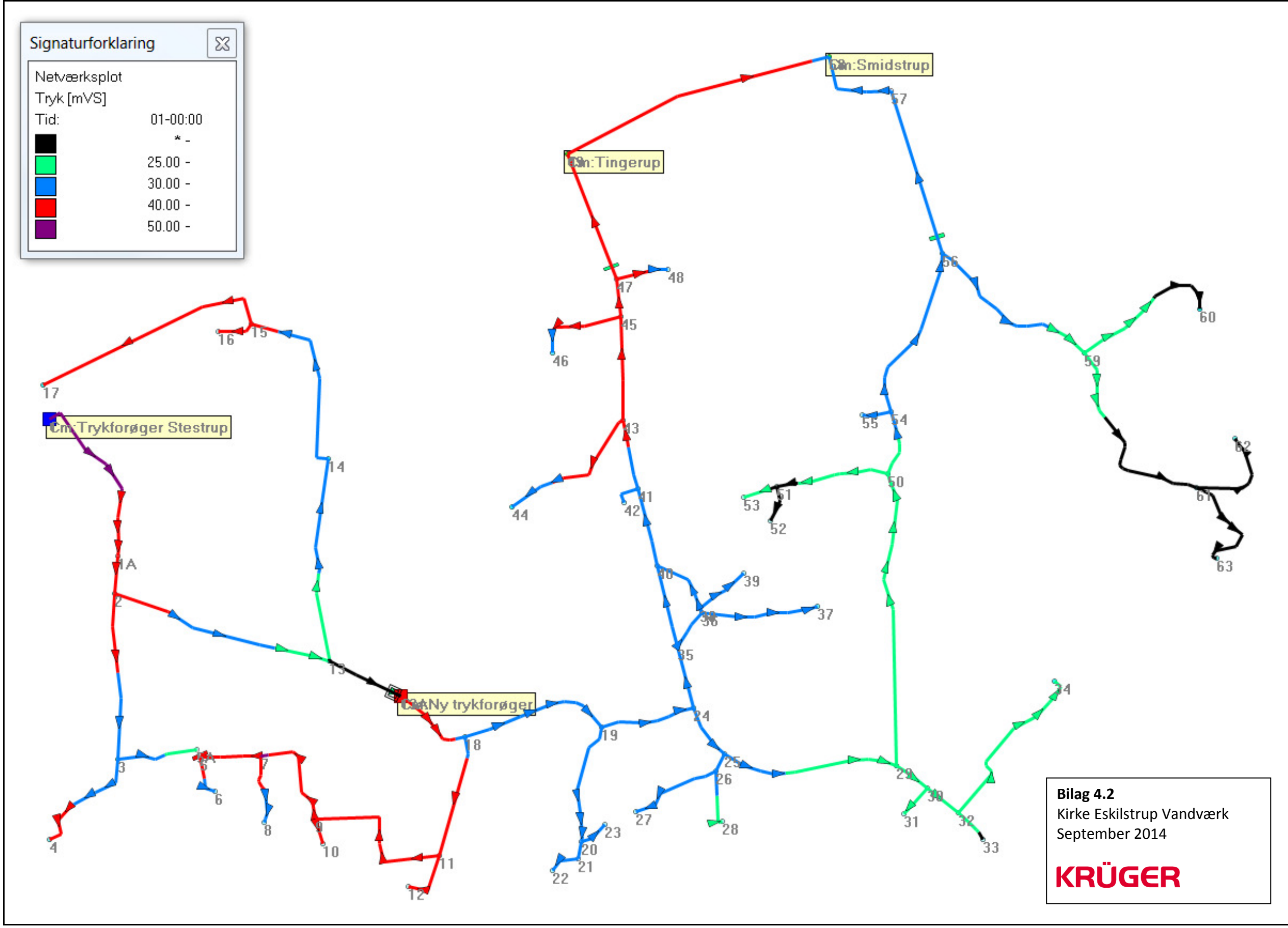
Ledningsdimension – indre diameter (interval) og ledningsdimension



Trykgradient ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensionsgivende forbrug og med Ø75 mm PE i Stavnsbjergvej nord for Søbjergvej



Ledningsdimension – indre diameter (interval) og ledningsdimension



Signaturforklaring

Netværksplot

Tryk [mVS]

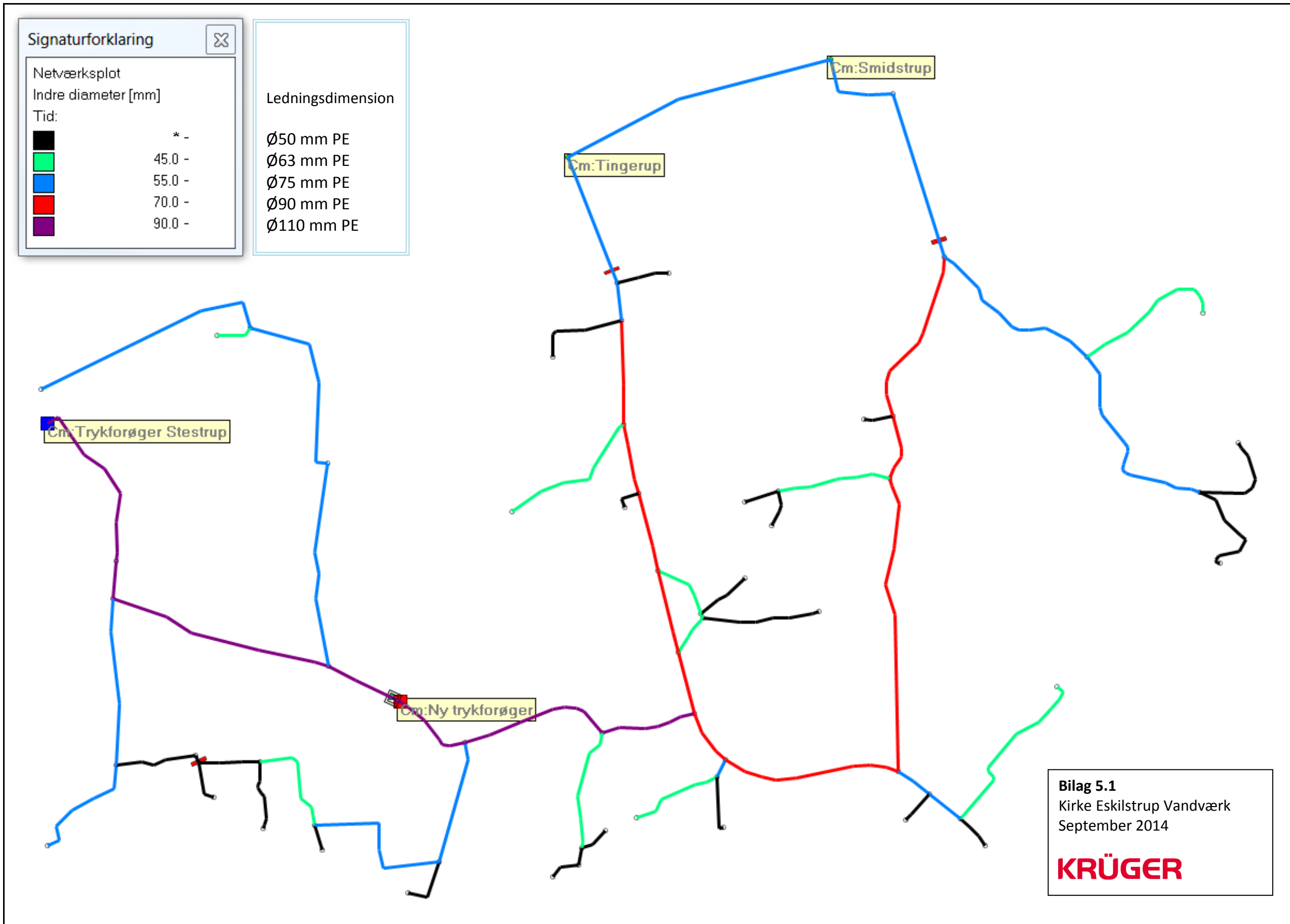
Tid: 01-00:00

Black	* -
Green	25.00 -
Blue	30.00 -
Red	40.00 -
Purple	50.00 -

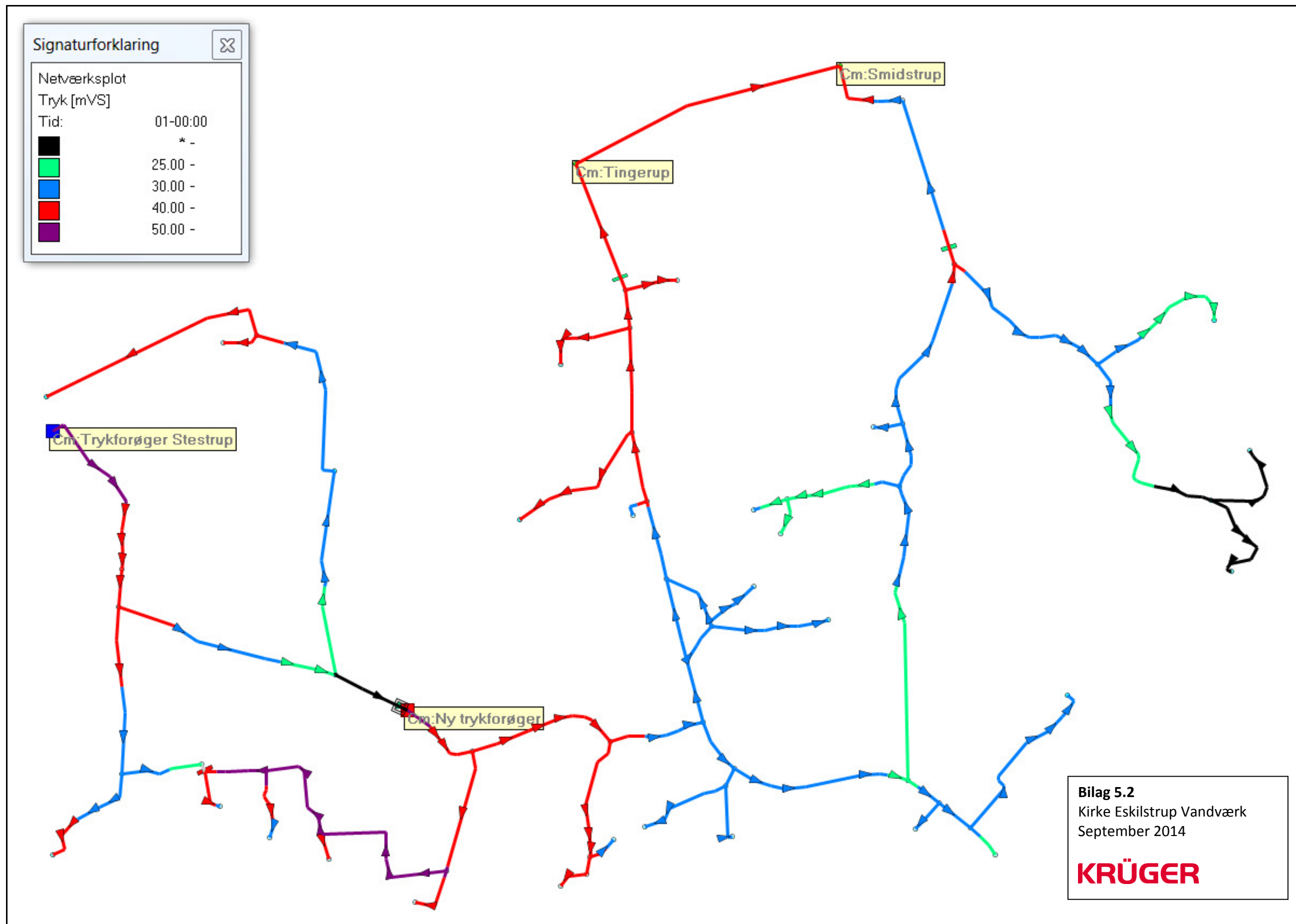
Bilag 4.2
 Kirke Eskilstrup Vandværk
 September 2014

KRÜGER

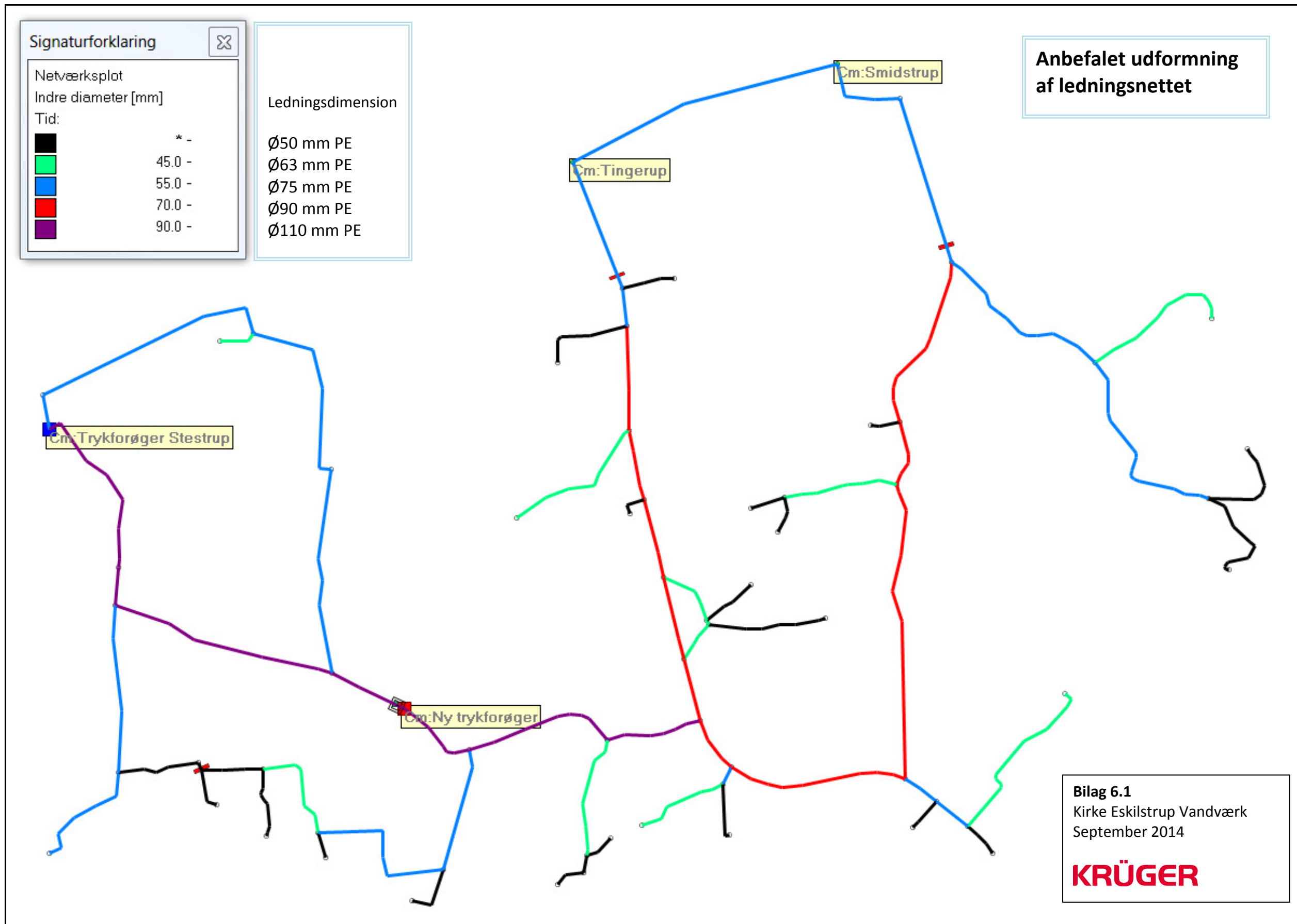
Forsyningstryk ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensiongivende forbrug og med afgangstryk 50 mVS fra den nye trykforøger



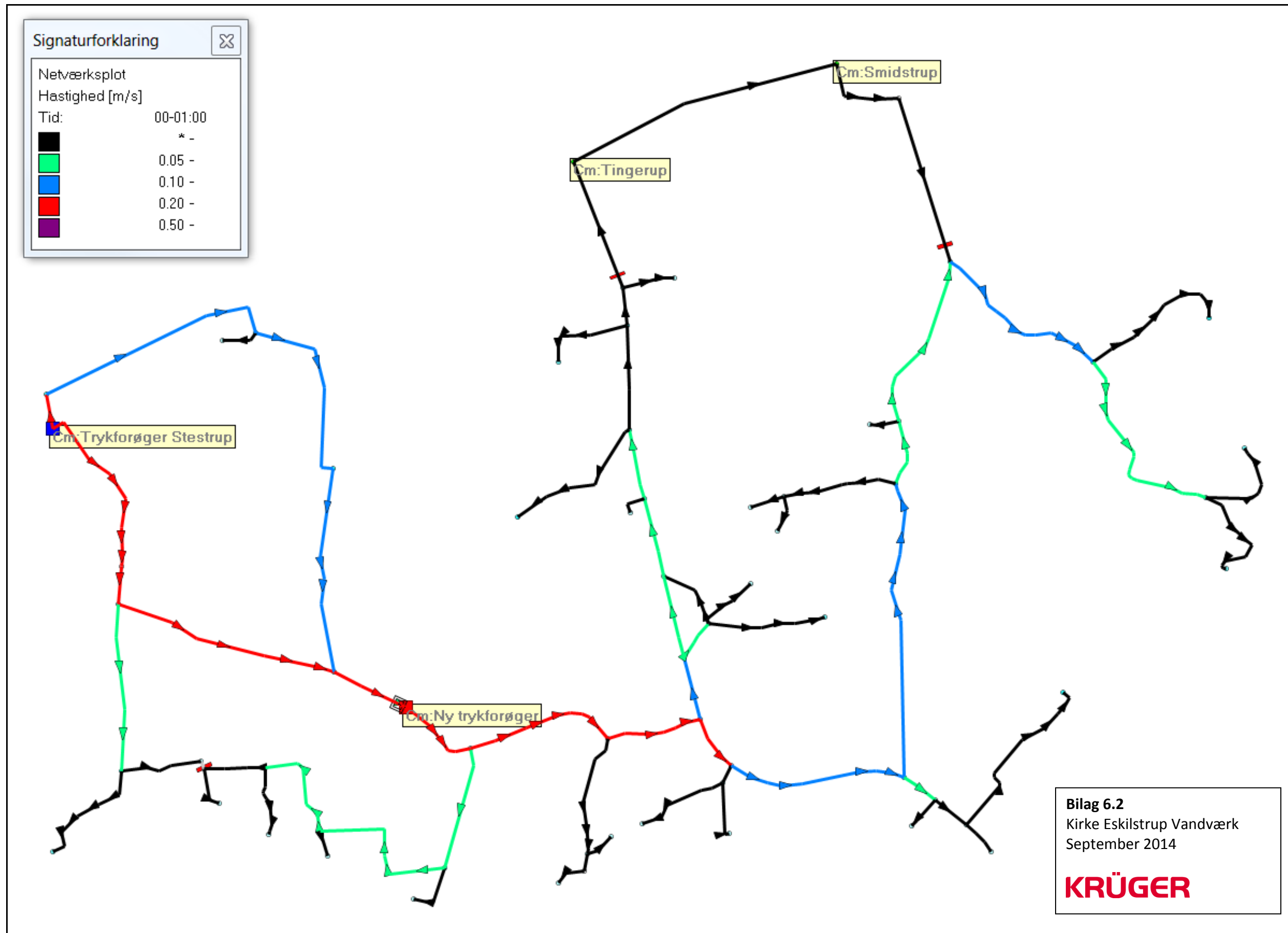
Ledningsdimension – indre diameter (interval) og ledningsdimension



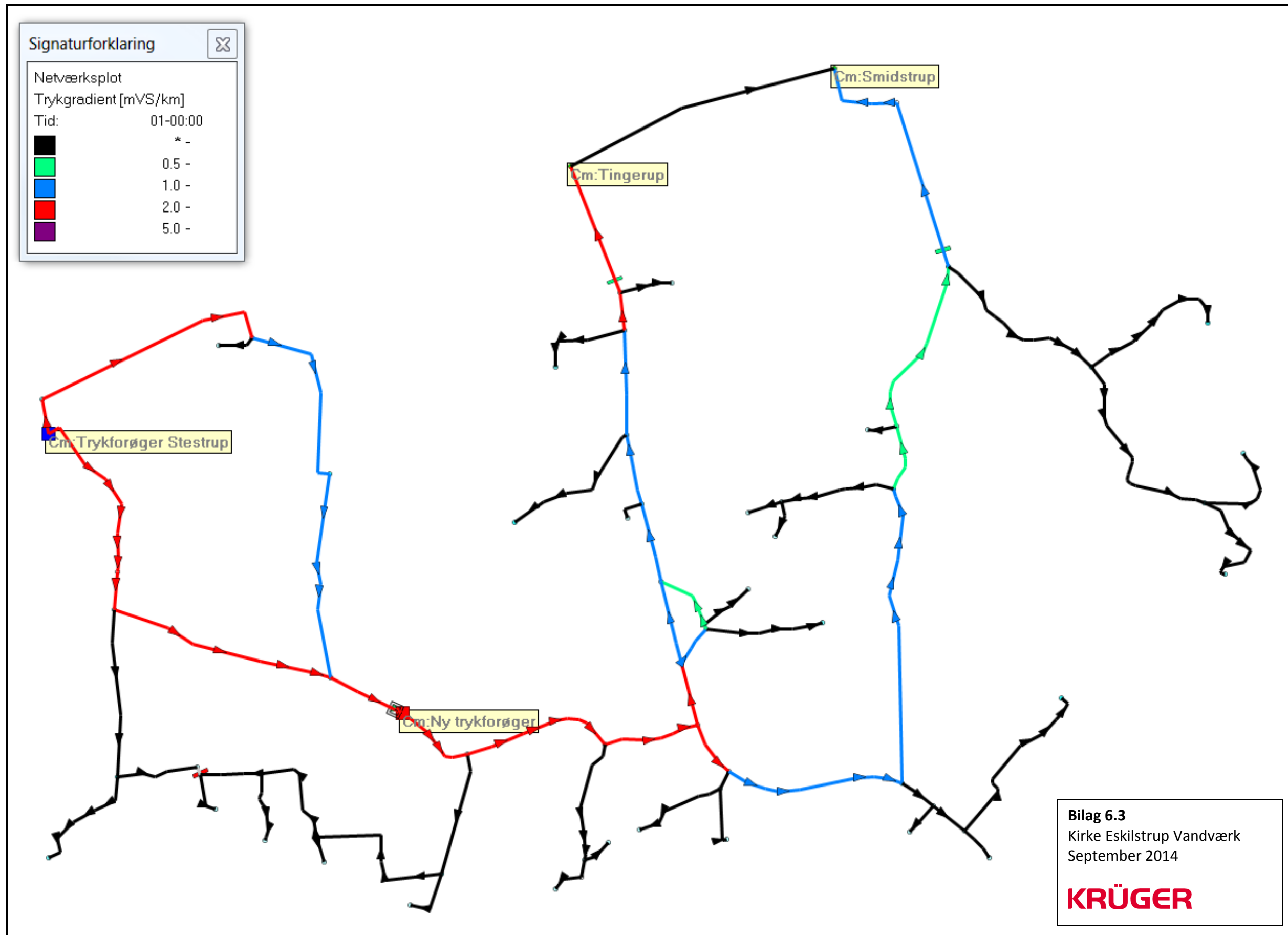
Forsyningstryk ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensionsgivende forbrug og med trykstyrekurve på den nye trykforøger



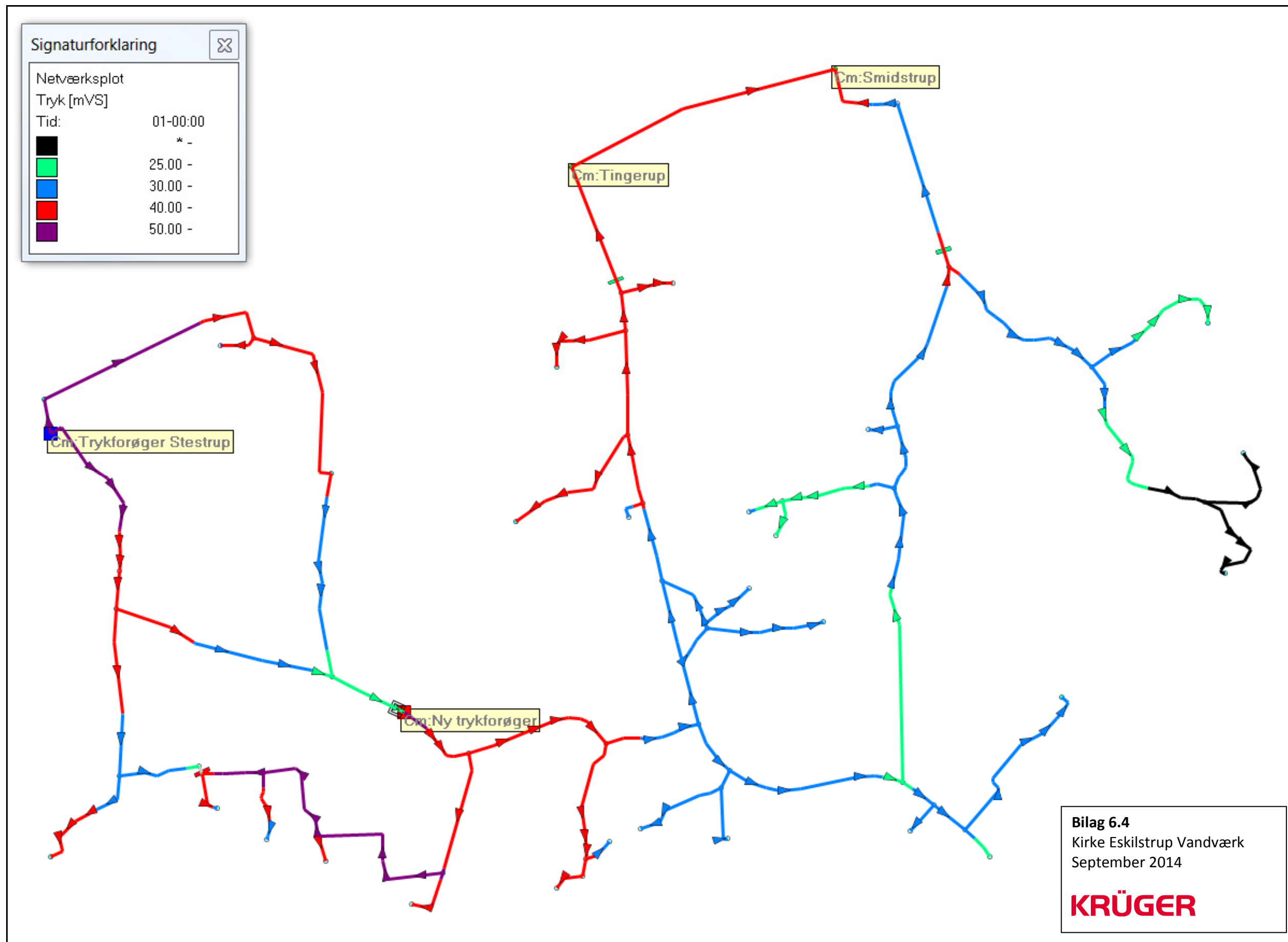
Ledningsdimension – indre diameter (interval) og ledningsdimension ved anbefalet ringforbindelse via Agerupvej.



Hastighed ved forsyning af Ebberup under maksimalt forbrug i dette område og med ringforbindelse i Ø75 mm PE opstrøms for den nye trykforøger med trykstyrekurve



Trykgradient ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensionsgivende forbrug og med ringforbindelse i Ø75 mm PE opstrøms for den nye trykforøger med trykstyrekurve



Forsyningstryk ved forsyning af Ebberup, Tingerup og Smidstrup under dimensiongivende forbrug og med ringforbindelse i Ø75 mm PE opstrøms for den nye trykforøger med trykstyrekurve