

## 1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet gir råd om dimensjonering og utforming av trykkavløpssystemer. Trykkavløp kan anvendes for små vannmengder i hytteområder, i boligområder eller i områder med spredt bebyggelse, men også benyttes for store avløpsmengder i urbane strøk. Anleggene er underlagt bestemmelsene i Plan- og bygningsloven.

## 2 BEGRENSNINGER

Trykkavløpssystemer i små dimensjoner baseres på bruk av kvernpumper eller tilsvarende kverneffekt koblet til fortrenningspumper (skruerpumper). Maksimal løftehøyde på pumpene er ca. 60 mvs. Trykkavløp i små dimensjoner < 110 mm kan ikke ta hånd om overvann/fremmedvann. Det er en forutsetning at anleggene er frostsikret for helårsdrift.

Trykkavløp i store dimensjoner kan benyttes på fellesavløpsvann og har vanligvis en begrensning i pumpenes løftehøyde på ca. 50 mvs og en kapasitet på ca. 1000 l/s. Her anvendes mer tradisjonelle avløpspumper med stor løftehøyde.

## 3 FUNKSJONSKRAV

Pumpestasjoner, pumper og ledningssystem skal danne en helhetsløsning som mest mulig reduserer sjansene for sedimentering og luktulemp. Det skal benyttes rør med tilstrekkelig styrke for å hindre at tretthetsbrudd ikke oppstår som følge av trykkstøt og gjentatte start og stoppsykluser. Rørene skal også tåle fullt vakuum. Det anbefales å benytte beste materiale rør av materiale PE80 eller PE100 RC+ med SDR klasse 11 eller lavere.

I dimensjoner  $\geq 75$  mm kan andre rørmaterialer vurderes benyttet dersom det kan gi teknisk/økonomiske fordeler. Løsningene må være strekkfaste.

Kriteriet for oppnåelse av selvrensing i ledningen med skjærspenning på minimum  $2 \text{ N/m}^2$  minst en gang i døgnet skal tilfredsstilles ( $3 \text{ N/m}^2$  for fellesavløp).

For øvrig skal kravene i NS-EN 1671 "Utvendige trykkavløpssystemer" overholdes /3/.

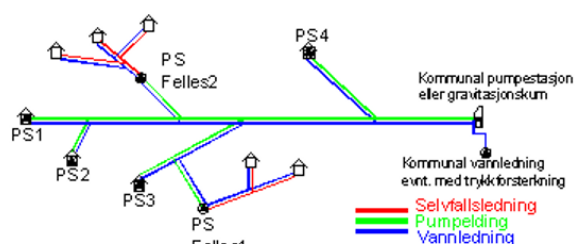
Pumpesumpene skal ha volum og en geometrisk utforming som tilfredsstillende tekniske krav og inneholde et buffervolum i samsvar med responstiden for skadeutbedring på det aktuelle anlegg.

Overløp er ikke tillatt for trykkavløp i små dimensjoner.

Ledningsnett og pumpestasjonene skal være frostsikre.

## 4 LØSNINGER

Et trykkavløpssystem består av flere pumpestasjoner som pumper inn på et felles ledningsnett som står under trykk. Dette medfører at man får forskjellige ledningsdimensjoner og pumper med varierende kapasitet på samme nett. En pumpe vil følgelig virke som tilbringer inn i systemet til et sted hvor andre pumper igjen vil være dominerende. Trykkavløp kombineres vanligvis med lett kommunalteknikk for fremføring av vannforsyning. I noen tilfeller kan deler av bebyggelsen ha gravitasjonsledning til felles avløpspumpestasjon, se figur 1.



Figur 1. Eksempel på system for VA løsninger med trykkavløp.

### 4.1 LEDNINGSSYSTEM

Ledningstraseene i hyttefelt og spredt bebyggelse tilpasses vanligvis topografien i stor grad og vil ofte krysse eiendomsgrensene. Det må følgelig tinglyses grunneieravtaler som tillater legging av avløpsanlegg og senere drift og vedlikehold av disse. Slike ledninger legges fortrinnsvis grunt, med kun visuell tildekning, og utstyres med isolasjon og varmekabel.

Store, tyngre trykkavløpssystemer installeres frostfritt på mer tradisjonelt vis.

Trykkavløp i boligområder og urbane strøk kan installeres kreativt med kombinasjon av grunne grøfter, retningsstyrte borer, inntrekking i gamle rør eller bruk av mer tradisjonelle grøfte-løsninger.

I trykkavløp tillates høybrekk og lavbrekk i traseene.

## 4.1.1 DIMENSJONERING

Det søkes å oppnå et samspill mellom ledningsdimensjon og valgt pumpekapasitet. Hastigheten ( $v$ ) i ledningene bør være slik at det oppnås selvrensing, dvs. skjærspenning  $\tau > 2 \text{ N/m}^2$  /1/. Videre skal ledningene være dimensjonert slik at luft/gass transporteres med væsken og ikke samler seg i ledningenes høybrekk. Dette oppnås vanligvis ved selvrenshastigheter i området 0,4 m/s til 0,7 m/s for diametere fra 40 mm til 90 mm. Ved større dimensjoner og motfall kontrolleres hastigheten slik at luft/gass transporteres med væsken.

Vannhastigheten for å transportere luft ved motfall på røret i området  $20^\circ < \alpha < 40^\circ$ , beregnes av formelen:

$$V_{\text{luft}} \geq (0,45 + 0,4 \cdot \sqrt{\sin \alpha}) \sqrt{(g \cdot d_i)} \quad [m/s] \quad /2/$$

$$V_{\text{luft}} = \text{vannhastighet ved fullt rør} \quad [m/s]$$

$$d_i = \text{rørdiameter} \quad [m]$$

$$\alpha = \text{rørets helningsvinkel nedstrøms knekkpunktet} \quad [^\circ]$$

Det forutsettes at luft ikke tilføres kontinuerlig.

Dimensjonerende total avløpsmengde i et nytt hyttefelt/boligfelt kan beregnes av formelen:

$$Q_{\text{dim}} = 0,275 \cdot N^{0,57} \quad [l/s] \quad /4/$$

$N$  = antall hytter/boliger i feltet

Normalt døgnforbruk av vann i en fritidsbolig er ca. 400 liter. For eneboliger ligger døgnforbruket noe høyere, i området 450 til 550 liter. Formel /4/ må følges gis en korreksjonsfaktor i området 1,1 til 1,4 i boligområder.

Minste pumpekapasitet på en enkelt minipumpe-stasjon er vanligvis ca. 0,4 l/s for fortrenningspumper og ca. 1,0 l/s for sentrifugalpumper.

Sannsynligheten  $P(x)$  for at flere pumpestasjoner skal være i drift samtidig kan beregnes ved hjelp av en binominalfordeling.

$$P(x) = \binom{n}{x} \left(\frac{t}{T}\right)^x \left(1 - \left(\frac{t}{T}\right)\right)^{n-x} \quad /4/$$

$n$  = antall pumper totalt i feltet

$x$  = antall pumper som er i drift samtidig

$t$  = driftstiden for tømning av pumpeumpen

$T$  = tiden for fylling av pumpeumpen

Hydraulisk dimensjonering utføres ved å sjekke trykkforholdene i det totale ledningsnett for ytre punktene:

- En pumpe i drift alene.
- Alle pumpene i drift samtidig.

Pumpene må tåle begge driftssituasjoner basert på respektive pumpekurver. I tilfelle med flere pumper i drift samtidig, må "de svakeste" pumpene tåle å gå "i eget vann" inntil mottrykket

i nettet blir tilfredsstillende for den respektive pumpekapasiteten.

Det må også sjekkes at pumpene i feltet samlet sett har kapasitetstid ( $T_p$ ) til å transportere bort alt avløpsvann som produseres i løpet av dimensjonerende døgn.

$$T_p = \frac{N \cdot q}{q_p} \leq 1 \quad /4/$$

$q$  = midlere avløpsmengde pr. boenhet

$q_p$  = midlere pumpekapasitet pr. stasjon

I motsatt fall må feltet deles opp i flere "parallele" felt som pumper til felles leveringspunkt (kum eller pumpe-stasjon).

## 4.1.2 LEDNINGSUTFORMING

PE80 eller PE100 SDR11 etter NS-EN 12201 er et hensiktsmessig rørmateriale for trykkavløp, da man får et fleksibelt strekkfast rør som lett kan tilpasses topografien. Ut fra hydrauliske og økonomiske forhold benyttes primært elektromuffer ved skjøting, utført av sertifisert personell. Mekaniske koblinger tillates ikke benyttet. Ved avgreninger skal formstøpte 45° grenrør anvendes. Minste diameter på pumpeledningene ligger i området Ø40 mm til Ø50 mm.

Avløpsrørene skal være merket med rødbrun stripe, slik at de kan skilles fra vannledningene.

I områder med svaberg eller grunn ledningsføring, hvor røret er utsatt for større temperatursvingninger, bør røret klamres/forankres og tildekkes med bark, kokosmatter eller lignende.

Der frostfri legging ikke er hensiktsmessig, må det anvendes trykkør med varmekabel. Kabelen skal være tilpasset systemet med hensyn på nødvendig effekt (W/m). Kabelens funksjon skal fortrinnsvis baseres på prinsippet med ohmsk motstand. Strømreguleringen styres av termostater som registrerer utendørs lufttemperatur eller jordtemperatur.

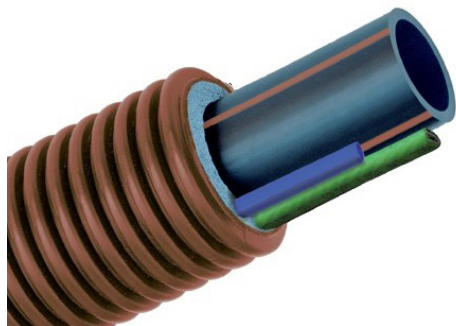
Vær oppmerksom på at ledninger i sjøen i spesielle tilfeller kan fryse om vinteren på grunn av underkjøling helt ned til 10-15 m vanddyb.

I tilfeller hvor pumpeledningen ender lavere enn startnivå i pumpe-stasjon (pumping i utforbakke), må man regne med hevertvirkning. Det er vanlig å installere en antivakuumentil i pumpe-stasjonen for å "bryte heverten" (snøfteventil).

Nedstrøms hver pumpe-stasjon bør det installeres en avstengningsventil på stikkledningen av driftshensyn. På stikkledninger med pumping i utforbakke skal ventilen plasseres i tilknytningspunktet til hovedledningen, slik at stikkledningen kan avstenges når den ikke er i aktiv drift i en lengre periode. Det er ønskelig at tilkoblinger til hovedledning fortrinnsvis ligger på land, men riktig utførte koblinger i sjøen fungerer også meget tilfredsstillende. Om ønskelig kan flere stikkledninger samles i en felles prefabrikkert vanntett kum i tilkoblingspunktet til hovedledningen.

Alle ledninger trykkprøves etter installasjon. Selv om man legger PE100 SDR 11 ledninger med dimensjonerende driftstrykk på 12,5 bar, bør det være tilstrekkelig med trykkprøving tilsvarende 30 % over aktuelt driftstrykk. Dette fordi ledningene i mange tilfeller ligger grunt og man således måtte ha kraftige forankringer bare av hensyn til trykkprøvingen for å hindre bevegelse.

I noen tilfeller kan man vurdere bruk av kum for innføring av renseplugg i endeledninger, men erfaring viser at dette sjelden er nødvendig.



Figur 2. Eksempel på isolert avløpsledning med varmekabel.

## 4.2 PUMPESTASJONER

Stasjonene bør generelt være laget av et materiale med glatt innvendig overflate. Det er viktig at stasjonens bunnflate er minst mulig og tilpasset de aktuelle pumper. Bunnseksjonen i minipumpestasjoner for enkelthus bør ikke ha større diameter enn  $d = 600$  mm og utformes slik at det ikke blir dødsoner hvor avløp sedimenterer. Ved behov for større volum, bør stasjonen gjøres dypere fremfor å øke diameteren. Dette bl.a. for å redusere fare for lukt mest mulig. Stasjonene skal primært utformes slik at ventiler kan betjenes og vedlikeholdes fra terreng.

Større pumpestasjoner for trykkavløp kan enten være prefabrikkerte eller plassbygde med tøroppstilte eller våtoppstilte pumper.

Rørrangementet bør fortrinnsvis være av rustfritt eller syrefast stål AISI 304L/AISI 316L eller likeverdig.

Det er helt nødvendig at tilbakeslagsventiler er av beste kvalitet for å hindre at stasjoner fylles med avløpsvann når andre stasjoner er i drift.

Alle stasjoner skal i tillegg ha avstengingsventil på trykksiden, slik at stasjonen kan kobles ut av drift for vedlikehold/bytting av pumpe mens det øvrige nettet er operativt.

Pumpestasjonene skal luftes over tak i hytte/bolig gjennom sanitærledningene utenom vannlås /6/.

### 4.2.1 STASJONER FOR ENKELTHUS

Stasjonene bør primært plasseres utendørs, nedgravd i terrenget eller i kjeller/kryperom. I kjørbart areal kan stasjonen anordnes i en betongkum med  $d_{\min} = 1.000$  mm. Stasjonene monteres slik at de er sikret mot oppdrift. Ved plassering i kum bør det være en toppplate av betong med betong/støpejernlokk  $d = 800$  mm som muliggjør at

stasjonens topplokk kan tas helt opp. Løsningen kan kombineres med plassering av frostisolasjon mellom stasjon og betongkum. Flere produsenter kan imidlertid levere pumpesummer med integrert frostsikring i veggene.

Prefabrikkerte stasjoner har vanligvis volum på ca. 200 l, 300 l, 500 l og større. Stasjoner med de minste volumene tilrådes kun for hytter/hus med liten belastning. Det bør tilstrebes så stort reservevolum som mulig, spesielt i områder med ustabil el. tilførsel og sårbare resipienter. Det tillates vanligvis ikke nødoverløp fra disse stasjonene.

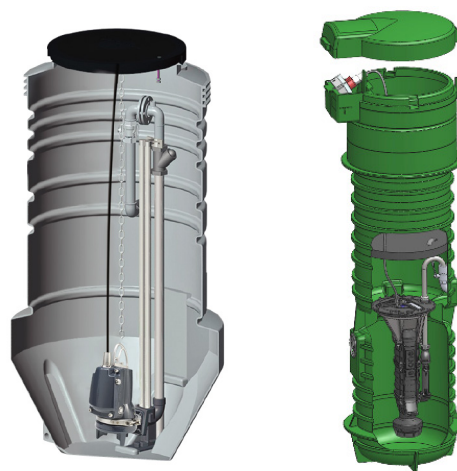
Sentrifugalpumper bør være 3-faset. I boliger med kun 1-faset el-opplegg, benyttes frekvensomformer for bruk av 3-fasete pumper.

Valg av jordfeilbryter må sees i sammenheng med valg av frekvensomformere.

Det er viktig å avklare med strømleverandøren at det er tilstrekkelig kapasitet på el. nettet og inntakene i boligene til å tåle de ekstra belastningene som kommer når pumpestasjonene er i drift.

Automatikkskapet bør plasseres på stativ i umiddelbar nærhet av stasjonen, eller inne i hus/hytte. Utvendig monterte skap skal ha kapslingsgrad IP44 eller bedre.

Automatikkskapet skal levere signal som varsler høyt nivå i sump og strømutfall i stasjonen.



Figur 3. Eksempler på pumpestasjoner for enkelthus.

For å sikre denne funksjonen bør automatikkskapet inneholde en batteribackup, enten som 12 volt likestrømsbatterier, som skiftes rutinemessig, eller som 12-24 volt DC batteri med automatisk ladning. Batteriene må ha nødvendig kapasitet til å varsle alarm i minst 12 timer. Rutiner for skifte av batteri må tas inn i driftsinstruksen for anlegget.

Varselsignalet gis ved lyd og lys til boligen eller på annen måte direkte til driftsoperatør (for eksempel via SMS).

## 4.2.2 STASJONER FOR FLERE BOLIGER

En stasjon med tilknytning fra 5-6 boligenheter bør ha en diameter på  $d = 800$  mm og en høyde på 2,0 – 2,5 m hvorav ca. 1 m er operativ. Stasjonene har ofte større diameter enn stasjoner for enkelthus, og det er derfor ekstra viktig at bunnen utformes slik at den er tilpasset de aktuelle pumper og med minst mulig dødsone for sedimentering. Toppen av stasjonen bør innsnevres med et  $d = 650$  mm lokk, som enkelt kan tas opp helt gjennom et  $d = 800$  mm kumlokk. Kumlokk, stengeventil, tilbakeslagsventil og hurtigkobling skal monteres slik at de kan nås fra terreng.

Kabelføringer skal skje via slisse og gummipakning i overkant av stasjonen slik at pumpe enkelt kan skiftes. Alle kabelkoblinger skal være utenfor pumpekummen, eller føres via stort varerør til el.tavle.

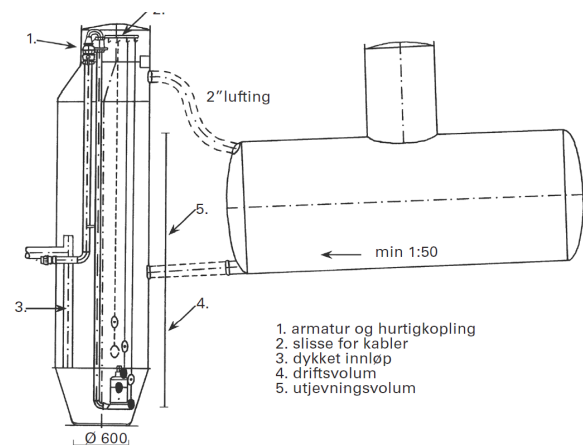
Innløpet bør utformes som dykket innløp, spesielt hvis tilknytning skjer fra foranliggende stasjoner ved lange transportlengder.

Generelt skal stasjonen utformes slik at man enkelt kan skifte ut pumpen med en reservepumpe i stedet for å utføre lengre feilsøkingsprosedyrer på stedet.

Det bør tilstrebes færrest mulig forskjellige pumper på et anlegg, og en reservepumpe av hver type bør være for hånden. Feste for mobil løftegalge anbefales på større stasjoner.

Stasjoner med mer enn 10-12 enheter tilkoblet bør ha et reservevolum tilknyttet pumpestasjonen. Dette ivaretar utjevning ved feil og strømstans og gir større sikkerhet mot utilsiktede utslipp enn stasjoner med flere pumper. Utjevning bør foretas i separat utjevningstank med fall mot stasjonen. Stasjoner og utjevningstanker må sikres mot oppdrift med forankring til støpt plate dimensjonert for full oppdrift ved tom tank.

I noen tilfeller kan det være behov for lukttrensing ved slike pumpestasjoner dersom de ligger nær bebyggelsen.



Figur 4. Prinsipppløsing for pumpestasjon med buffervolum.

## 4.2.3 STORE PUMPESTASJONER

Store avløpspumpestasjoner med kapasitet opp mot 1000 l/s kan også kobles inn i et trykkavløpssystem. Disse stasjonene dimensjoneres og prosjekteres på tradisjonelt vis enten som prefabrikerte eller plassbygde løsninger. Pumpene kan være tørroppstilte eller neddykkede. Det er av avgjørende betydning at disse pumpestasjonene dimensjoneres på en optimal måte og at pumpene velges separat i en egen entrepris med forhandling.

Slike stasjoner må tilfredsstille de kommunale normene og omtales ikke nærmere i dette VA/Miljø-bladet. Store pumpestasjoner skal utstyres med overbygg. Det er også en forutsetning at pumpestasjonene plasseres topografisk slik at pumpeledningsnettets til enhver tid er væskefylt.

## 4.2.4 AUTOMATIKK

Styring og automatikktavlen bør plasseres i umiddelbar nærhet av pumpestasjonen slik at eventuell tvangskjøring kan foretas med øyekontakt til pumpene (alternativt i kummen avhengig av kapslingsklasse). Tavlen kan enten henges opp på stativ eller plasseres på fast sokkel. Varerør for kabler fra stasjonen bør føres helt opp til tavlebunnen. I tavlen bør det være el. uttak for håndverktøy, høytrykksspyler og lignende.

Det skal minimum være givere for start, stopp, høyt nivå og strømutfall, samt timeteller for pumpene. Nivåvipper har vært hyppig brukt som givere, men dagens vipper har relativt kort levetid (3-4 år) og bør vurderes mot f.eks. induktive givere (staver i varerør). Høyt nivå skal registreres som alarm.

Det er viktig å danne seg et bilde av tiden fra alarm går til stasjonen er full (responstiden).

Videreformidling av signaler er avhengig av hvordan anlegget driftes.

Bruk av signalkabel eller varsling over mobilnettet må vurderes i hvert tilfelle. Drift/overvåking av trykkavløpssystemet bør gjennomdrøftes på et tidlig stadium. Lokal driftsoperatør har vist seg fordelaktig i forhold til en leverandør som er stasjonert langt unna.

Kommunene vil normalt kreve at det er inngått driftsavtale med kompetent firma før ferdigattest på anlegget kan utstedes.

**NB: El. anlegget skal betjenes og vedlikeholdes av godkjent el. personell.**

## 4.2.5 SPESIELLE TILTAK MOT LUKT

Avløpsvannet i et trykkavløpssystem vil vanligvis ha lang oppholdstid i ledningsnettets, noe som medfører fare for dannelsen av hydrogensulfid ( $H_2S$ ). Det kan være behov for luktreduerende tiltak i kummen/pumpestasjonen der trykkavløpssystemet ender og trykket avlastes. Dosering av luktreduerende middel i noen av pumpestasjonene (f.eks. Nutriox) kan gi gode effekter. Dette

gjøres ved at det monteres en doseringspumpe som kun får strøm når avløpspumpen går og med en justerbar forsinkelse. Væsken suges opp fra en 25 l kanne. Doseringsmengden bestemmes ved forsøk.

Ved for høy dosering kan man få stor slamdannelse i ledningene som til en stor grad kan fjernes ved tvangskjøring av pumpene og etterfylling av vann i pumpesumpene.

Bruk av renseplugger for å fjerne organisk belegg på rørveggen kan hjelpe, men er vanskelig i praksis da rørdimensjonene øker etter hvert som man nærmer seg trykkutløsningspunktet.

Tiltak med bruk av spesiallaget luftekum med innblanding av kompressorluft ca. 20 m oppstrøms trykkutløsningspunktet har vist gode effekter. Forutsetningen er at avløpsstrålen spres mest mulig via konstruktive tiltak ved innløpet i kummen før vannet møter den oppadgående luftstrømmen. Fra luftekummen renner vannet i en gravitasjonsledning frem til avløpskum/pumpestasjon. Luftekummen må ha lufttett lokk.

Man bør uansett ta høyde for at det kan være behov for luktfjerningsanlegg i kum/pumpestasjon der trykkutløsningen finner sted, særlig når det er boliger i nærheten.

<i>Henvisninger:</i>		<i>Utarbeidet:</i>	<i>mai 2007</i>	<i>Finn P. Fjeldberg, COWI AS</i>
<i>/1/</i>	<i>PRA nr. 9 Selvreising i avløpsrør. 1976. ISBN 82-90180-09-8</i>	<i>Revidert:</i>	<i>mai 2016</i>	<i>Tom A. Karlsen, COWI AS</i>
<i>/2/</i>	<i>PRA nr. 8 Luft i utslippsledninger. 1976. ISBN 82-90180-07-1</i>	<i>/5/</i>	<i>Øystein Jørgen Arctander Pettersen. Mastergradsoppgave NMBU. Trykkavløp i urbane strøk. 2013</i>	
<i>/3/</i>	<i>NS-EN 1671 Utvendige trykkavløpssystemer. 1997</i>	<i>/6/</i>	<i>Veiledning om tekniske krav til byggverk, §15-7 Innvendig avløpsinstallasjon. DiBK. 2010</i>	
<i>4/</i>	<i>Kjell A. Karlsen, Mastergradsoppgave UMB. Trykkavløp. 2009</i>			