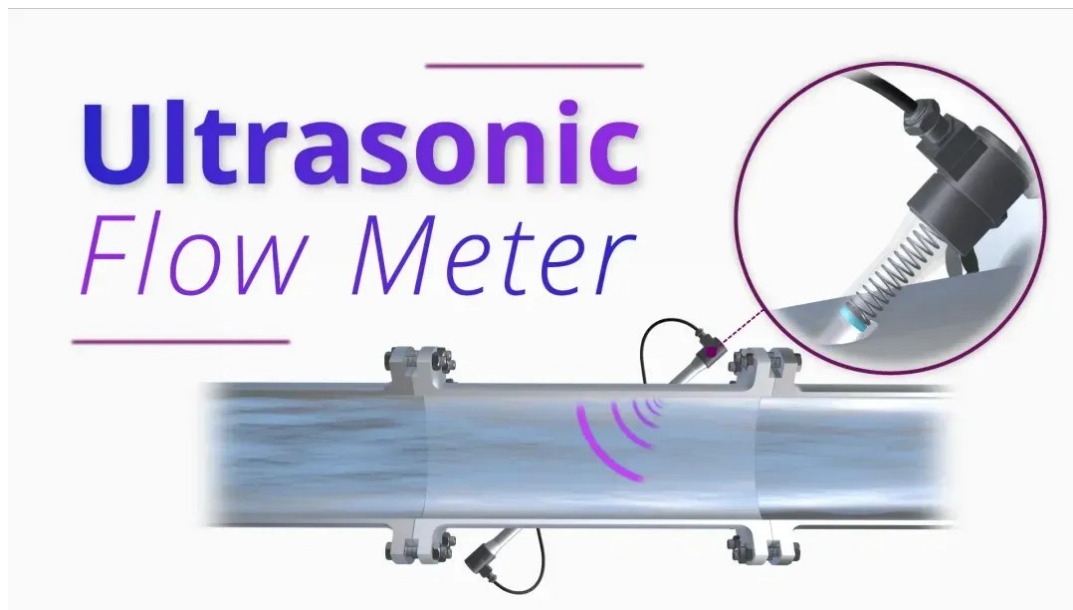


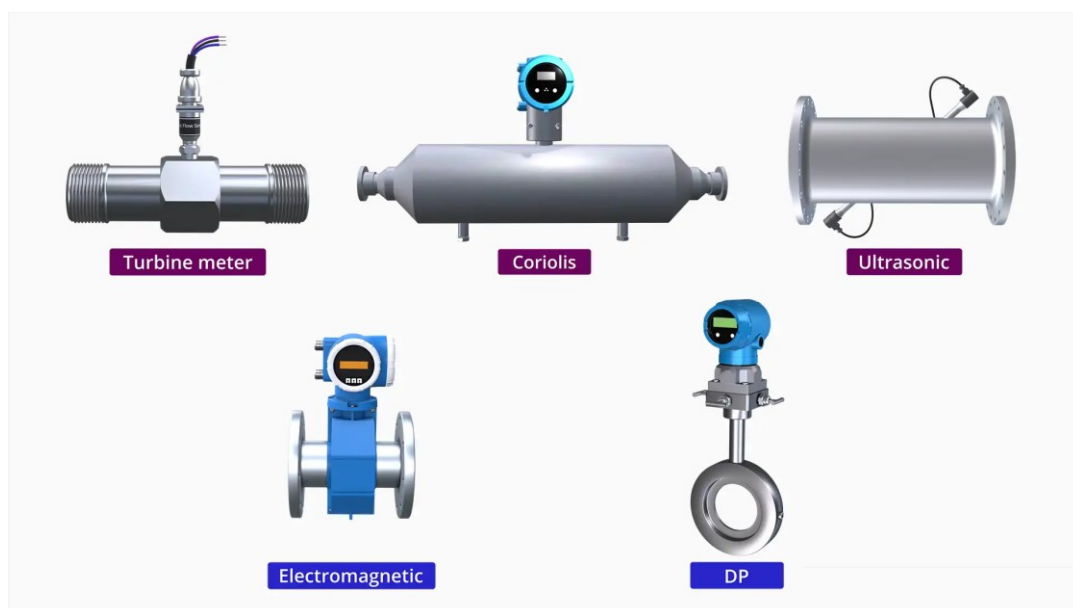
Επεξήγηση μετρητή ροής υπερήχων - Αρχές Λειτουργίας



Υπάρχουν πολλοί τύποι μετρητών ροής βιομηχανικών διεργασιών. Μετρητές μαζικής ροής Coriolis· μετρητές τουρμπίνας· και ογκομετρικοί μετρητές ροής, όπως οι μετρητές υπερήχων, για να αναφέρουμε μόνο μερικά.

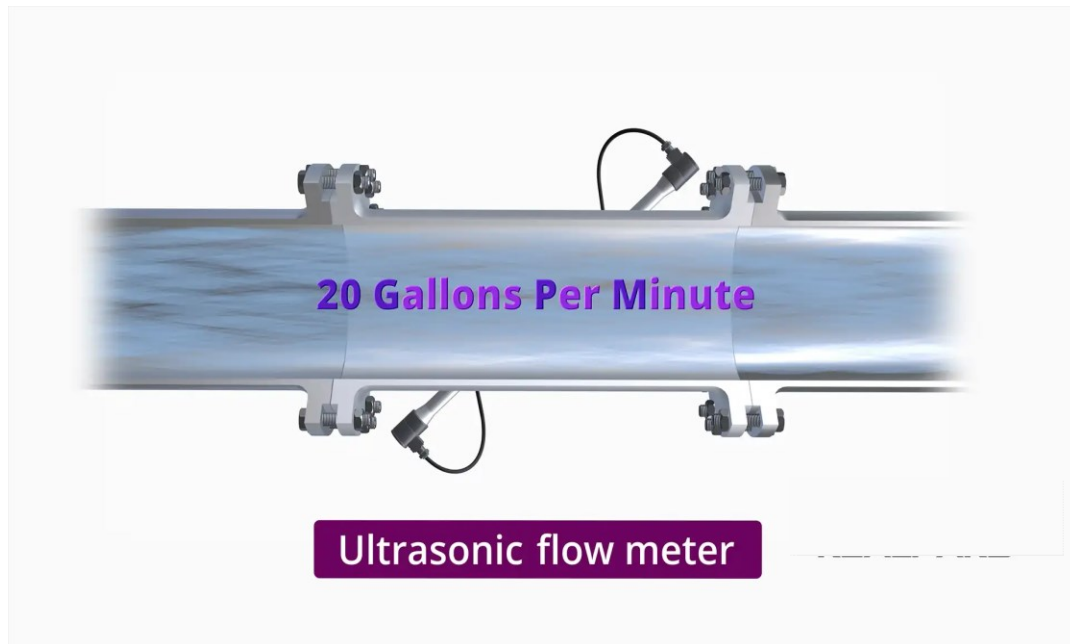
Στην πραγματικότητα, υπάρχουν τουλάχιστον δεκαοκτώ διαφορετικοί τύποι μετρητών ροής. Γιατί υπάρχουν τόσοι πολλοί διαφορετικοί τύποι, ίσως ρωτήσετε; Κάθε τύπος μετρητή ροής λειτουργεί με διαφορετικές φυσικές, μηχανικές και ηλεκτρικές αρχές.

Σε αυτό το μάθημα, θα εξετάσουμε τις αρχές λειτουργίας των μετρητών ροής υπερήχων. Θα δείξουμε πώς μια απλή φυσική ιδιότητα, ο ήχος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση του ρυθμού ροής ενός ρευστού που κινείται σε έναν σωλήνα.



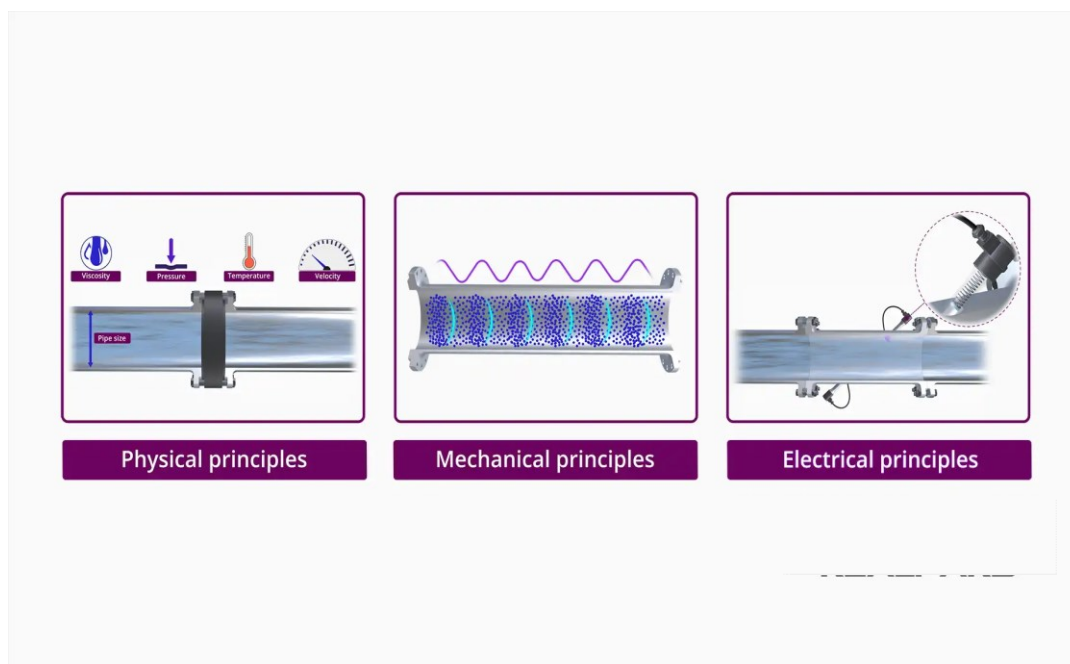
Τι είναι ο μετρητής ροής υπερήχων;

Οι μετρητές ροής υπερήχων μετρούν την ογκομετρική παροχή του ρευστού, δηλαδή τον αριθμό των γαλονιών ή λίτρων ανά μονάδα χρόνου, όπως λεπτά.



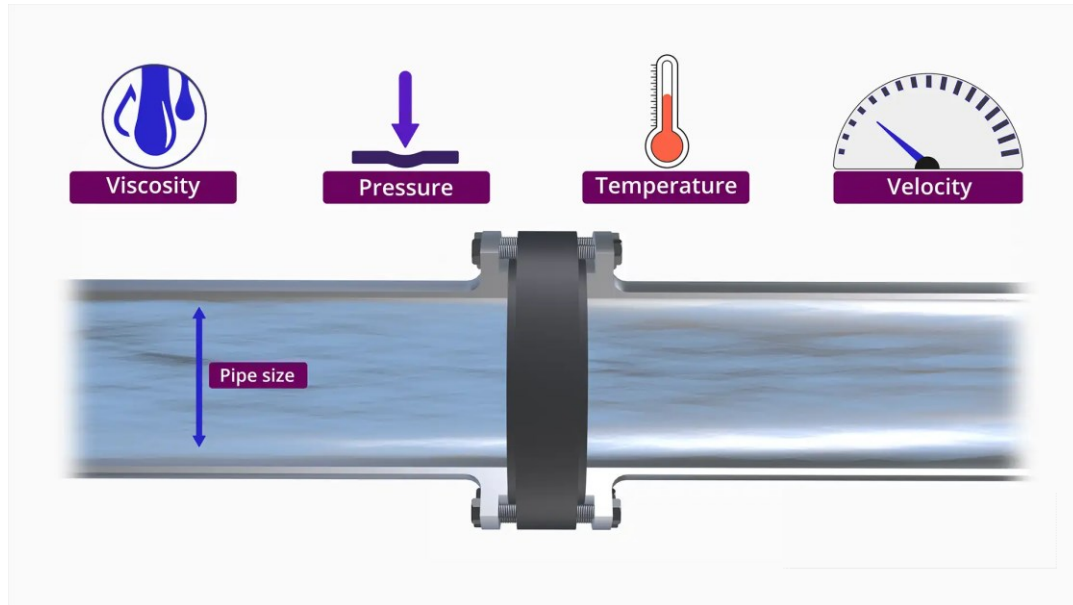
Βασικές αρχές μέτρησης ροής υπερήχων

Θα δείξουμε ότι οι μετρητές υπερήχων απαιτούν τη χρήση και την κατανόηση ορισμένων βασικών φυσικών, μηχανικών και ηλεκτρικών αρχών που επιτρέπουν στους μετρητές υπερήχων να μετρούν με ακρίβεια την παροχή σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών ροής.

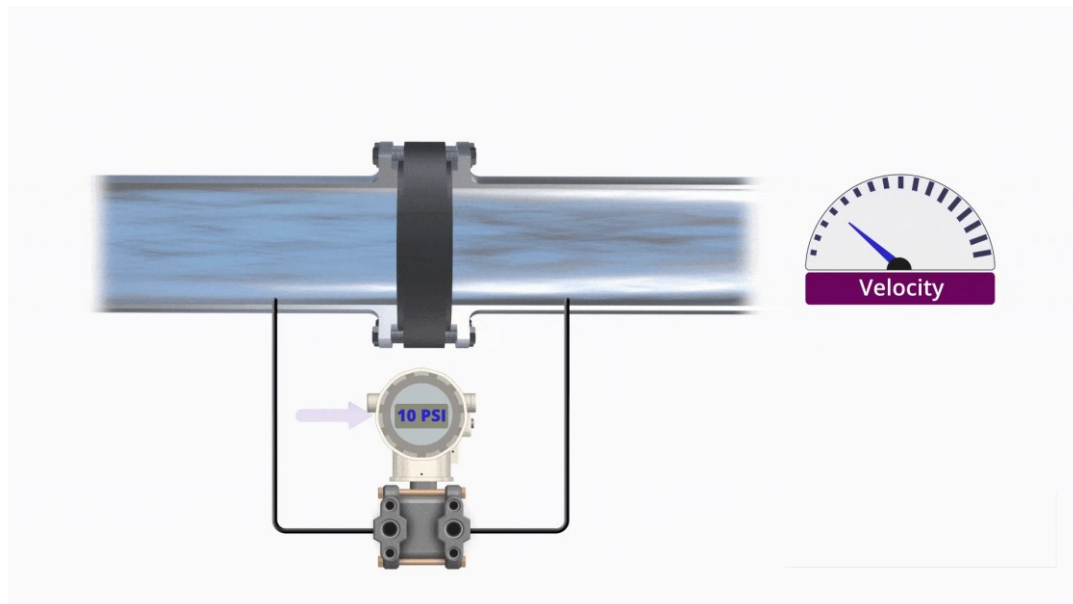


Φυσικές αρχές

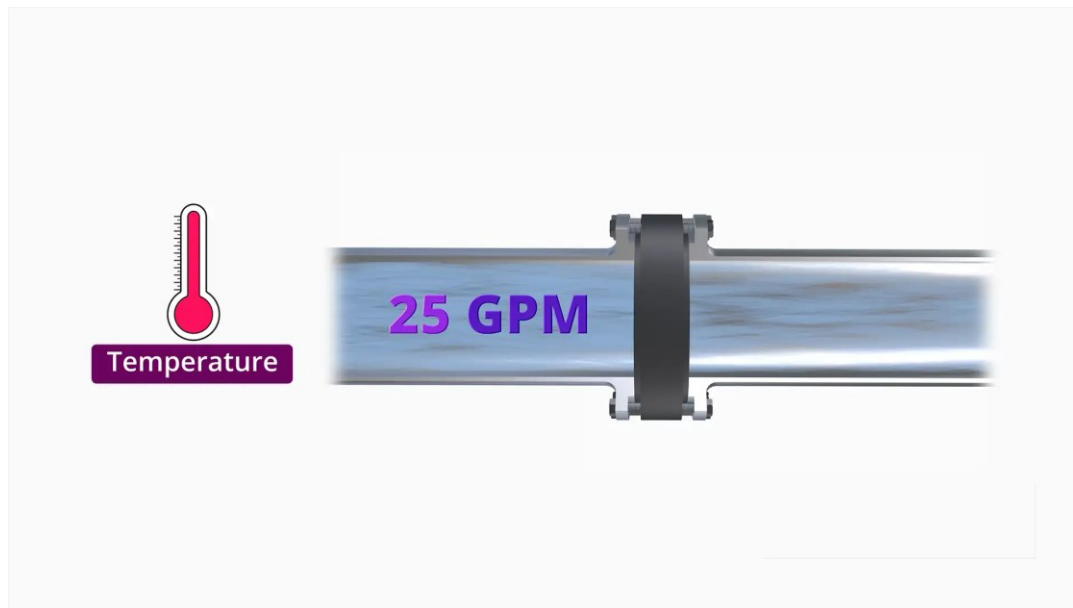
Όταν το ρευστό ρέει μέσω ενός σωλήνα, ρέει προς μία κατεύθυνση με ταχύτητα που επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, το ιξώδες του ρευστού και το μέγεθος του σωλήνα.



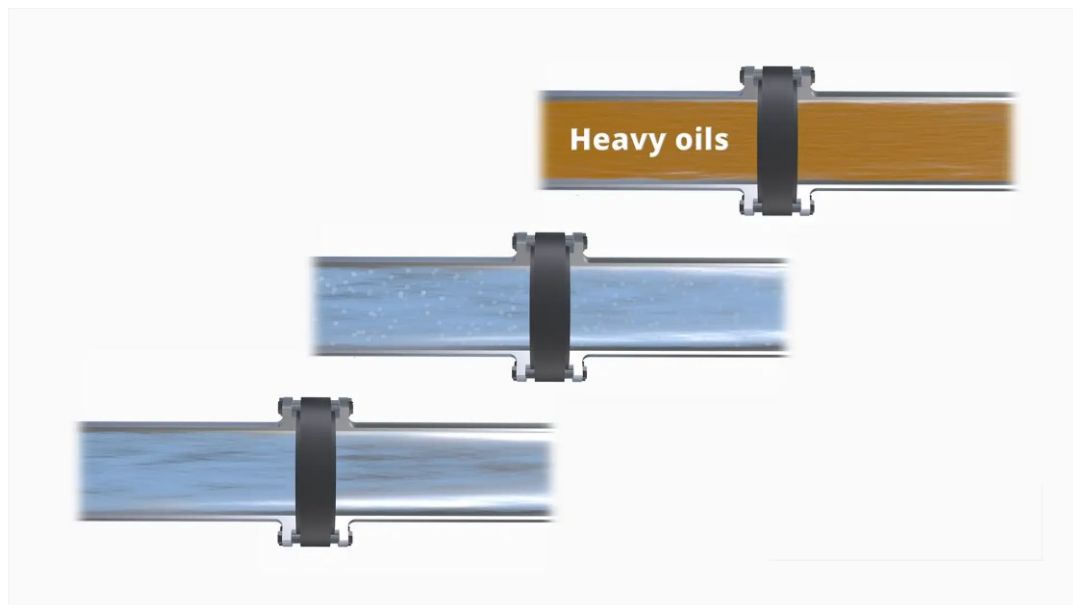
Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά πίεσης ανάντη ενός σημείου του σωλήνα και κατόντη από αυτό το σημείο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ροής.



Η αύξηση της θερμοκρασίας συνήθως οδηγεί σε αυξημένη ροή, εφόσον οι υπόλοιποι παράγοντες παραμένουν σταθεροί.

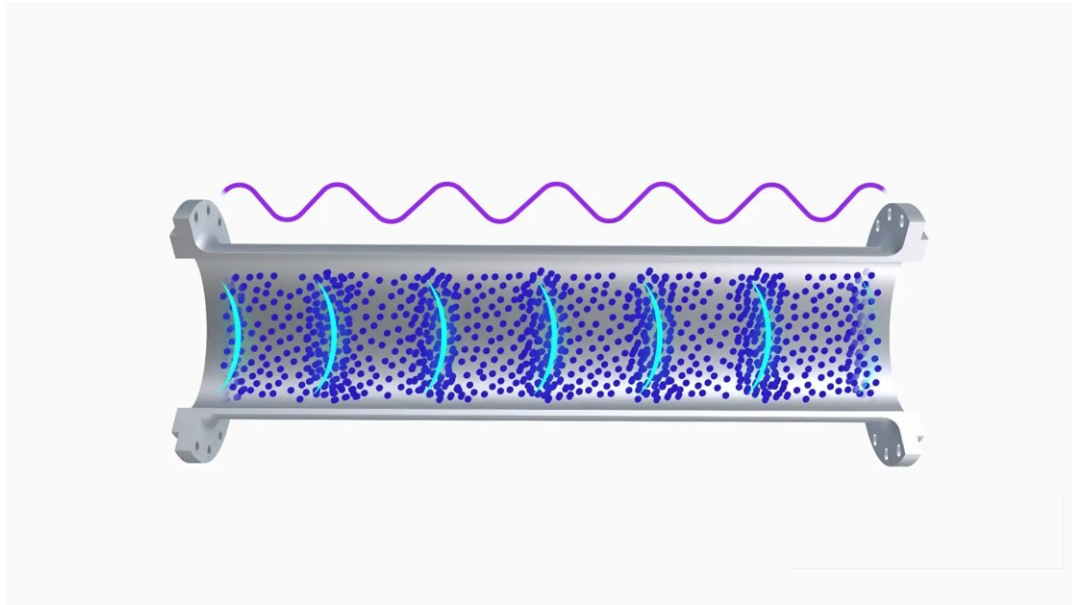


Ορισμένα ρευστά είναι διαυγή, μερικά περιέχουν σωματίδια ή φυσαλίδες. Ορισμένα ρευστά είναι πολύ ιξώδη, όπως τα βαρέα έλαια, και δεν ρέουν τόσο εύκολα όσο τα λιγότερο ιξώδη ρευστά, όπως το νερό.

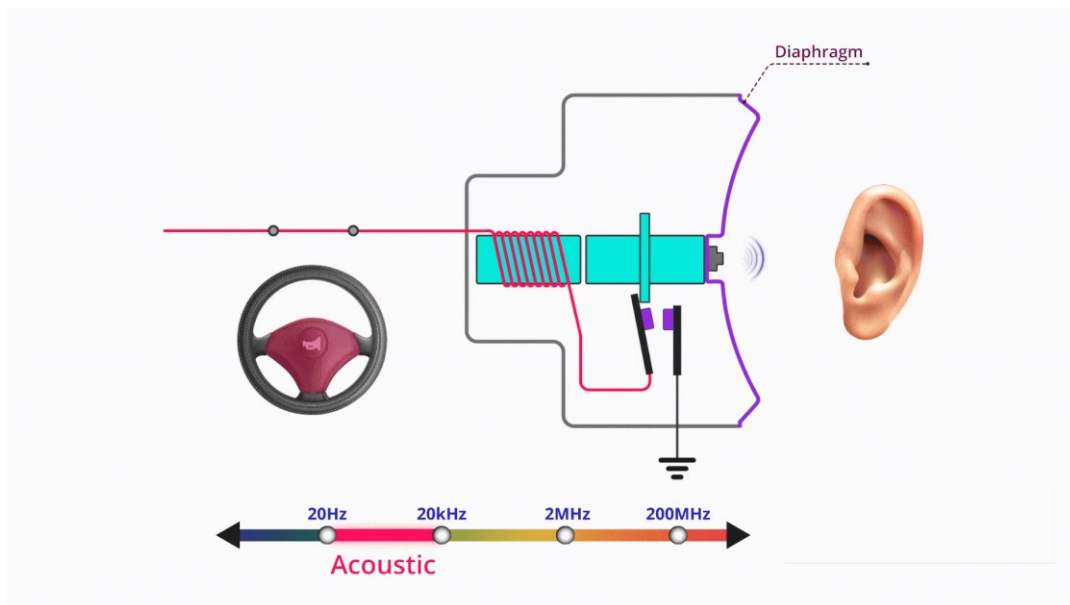


Μηχανικές αρχές

Τα ηχητικά κύματα κινούνται μέσα από ένα ρευστό με βάση τη μετάδοση δονήσεων μέσω του ρευστού. Αυτές οι μηχανικές ταλαντώσεις μεταξύ των μορίων του ρέοντος ρευστού περνούν σε γειτονικά μόρια, μεταφέροντας έτσι το κύμα σε αυτά τα γειτονικά μόρια.

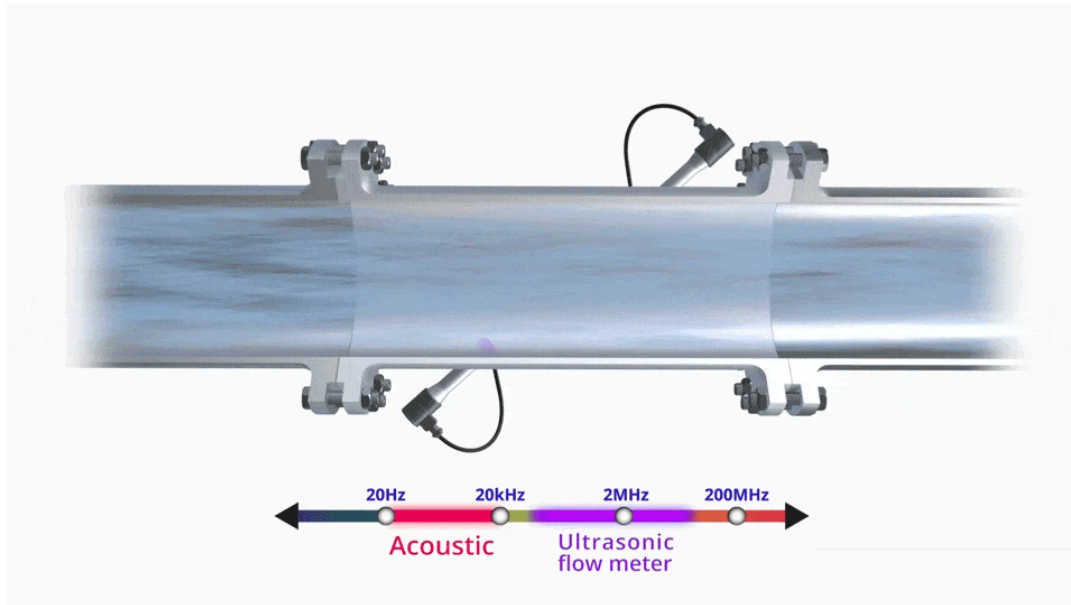


Ακούγεται μια κόρνα αυτοκινήτου επειδή ένα ταχέως δονούμενο διάφραγμα μεταδίδει κύματα υψηλής συχνότητας μέσω του αέρα, το μέσο μετάδοσης, σε αυτήν την περίπτωση.



Μπορούμε να ακούσουμε τον ήχο επειδή η συχνότητα δόνησης είναι στο ηχητικό εύρος, περίπου 20 hertz έως 20.000 hertz.

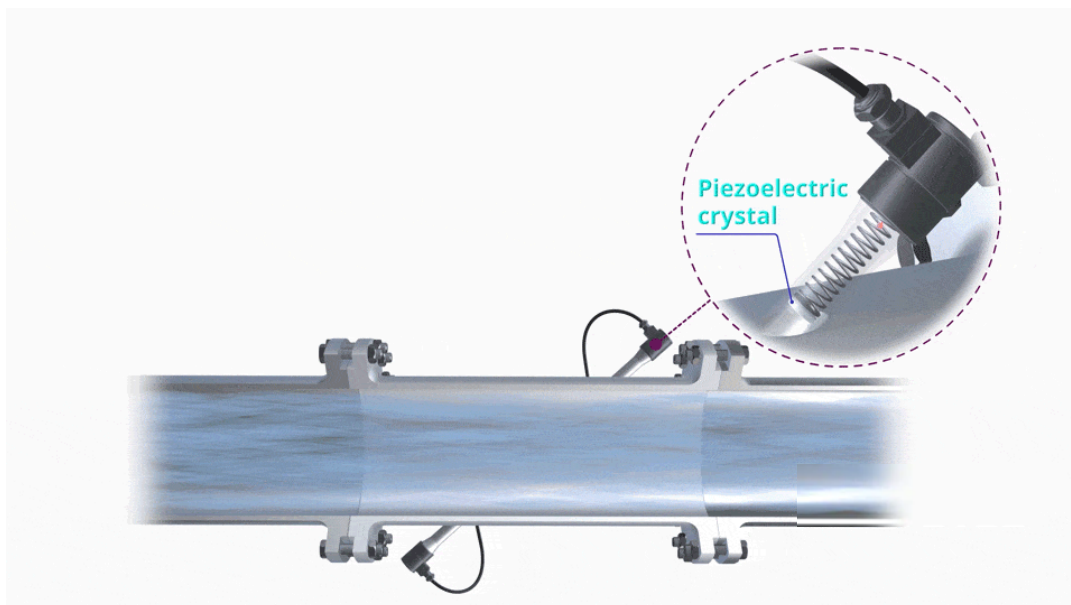
Οι μετρητές ροής υπερήχων που λειτουργούν σε συχνότητες δόνησης είναι εκτός του εύρους ακουστικών, στα 25 kilohertz και άνω. Αυτές οι υψηλότερες συχνότητες επιτρέπουν πιο ακριβείς μετρήσεις, καθώς και τη μη παραγωγή ήχων στο ηχητικό εύρος.



Ηλεκτρικές αρχές

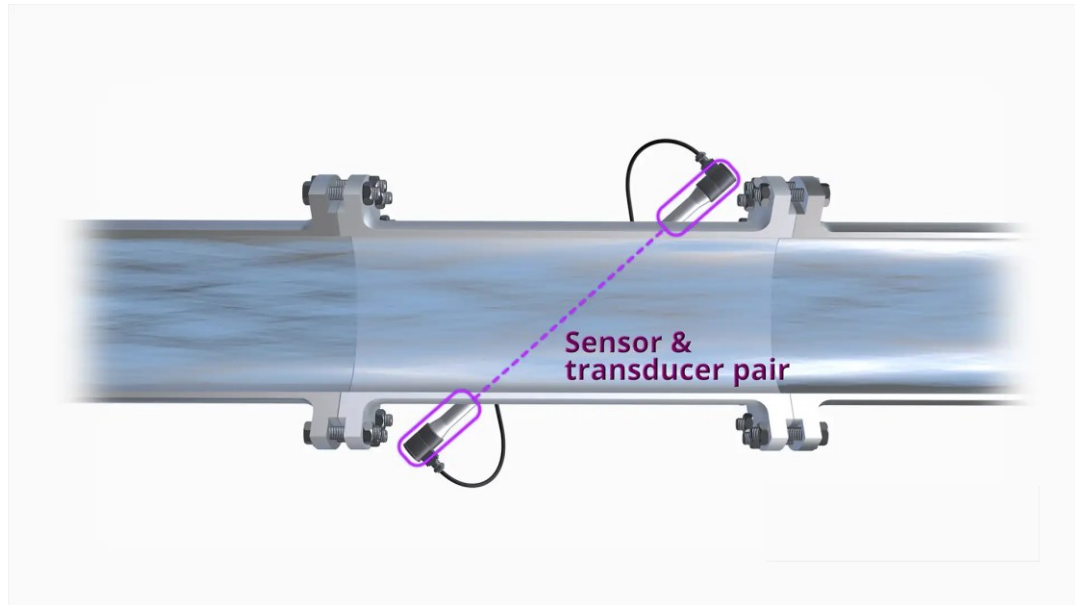
Πώς ένας μετρητής ροής υπερήχων δημιουργεί αυτά τα ηχητικά κύματα; Η απάντηση είναι ένας ταχέως δονούμενος πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος. Αυτοί οι ειδικοί κεραμικοί κρύσταλλοι παραμορφώνονται όταν εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Με την ταχεία αλλαγή του ηλεκτρικού σήματος, ο κρύσταλλος θα παραμορφωθεί προς τη μία κατεύθυνση και μετά προς την άλλη, προκαλώντας τη δημιουργία κυμάτων υψηλής συχνότητας.

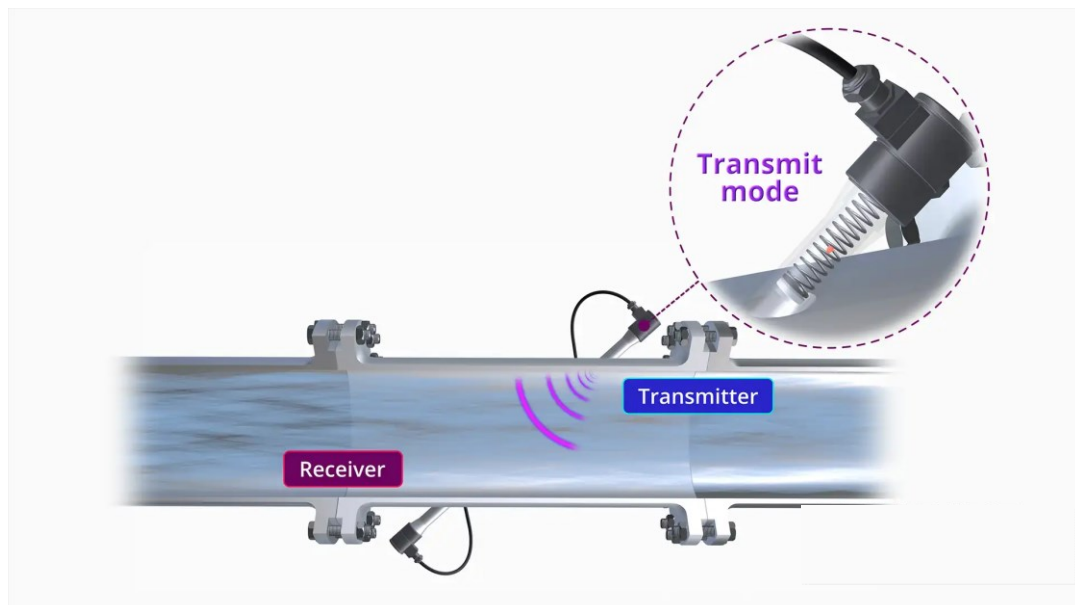


Αρχή λειτουργίας ροόμετρου υπερήχων

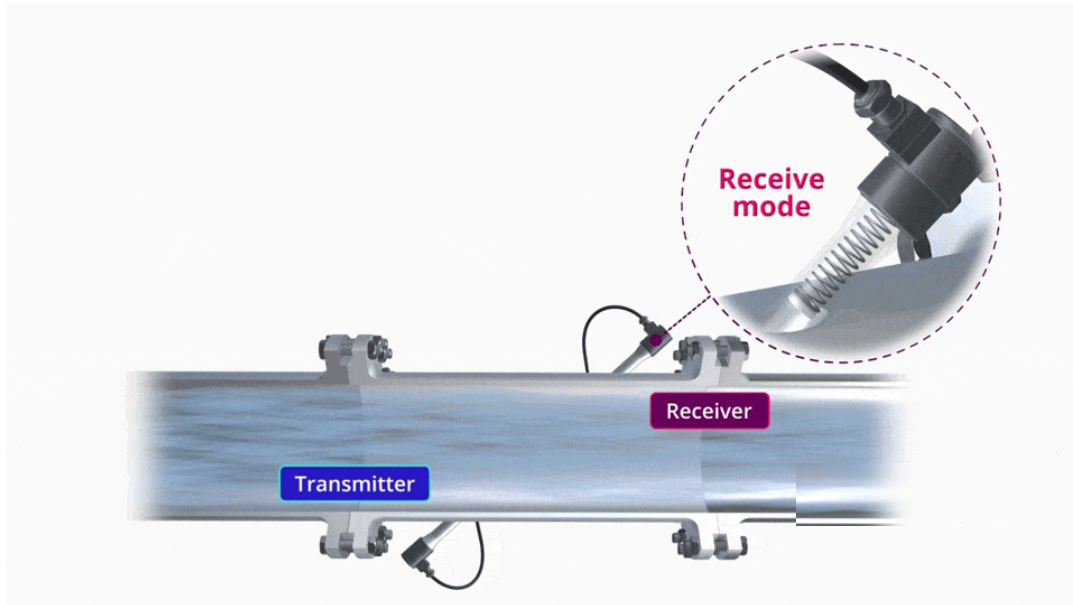
Έτσι, θα συνδυάσουμε αυτές τις τρεις αρχές. Ένας μετρητής ροής υπερήχων αποτελείται από τουλάχιστον ένα ζεύγος μετατροπέων (transducers). Κάθε μέλος του ζεύγους μπορεί να λειτουργήσει και ως πομπός και ως δέκτης.



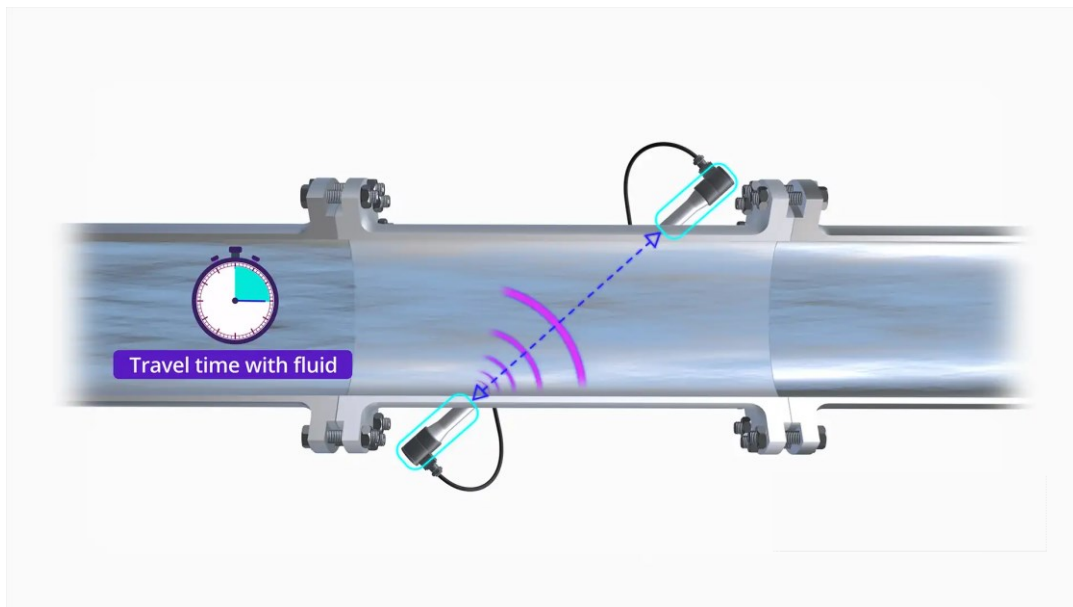
Όταν βρίσκεται σε λειτουργία μετάδοσης, ένα ταλαντούμενο ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί ταλάντωση στον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο και ένα υπερηχητικό κύμα στέλνεται μέσω του ρέοντος ρευστού.



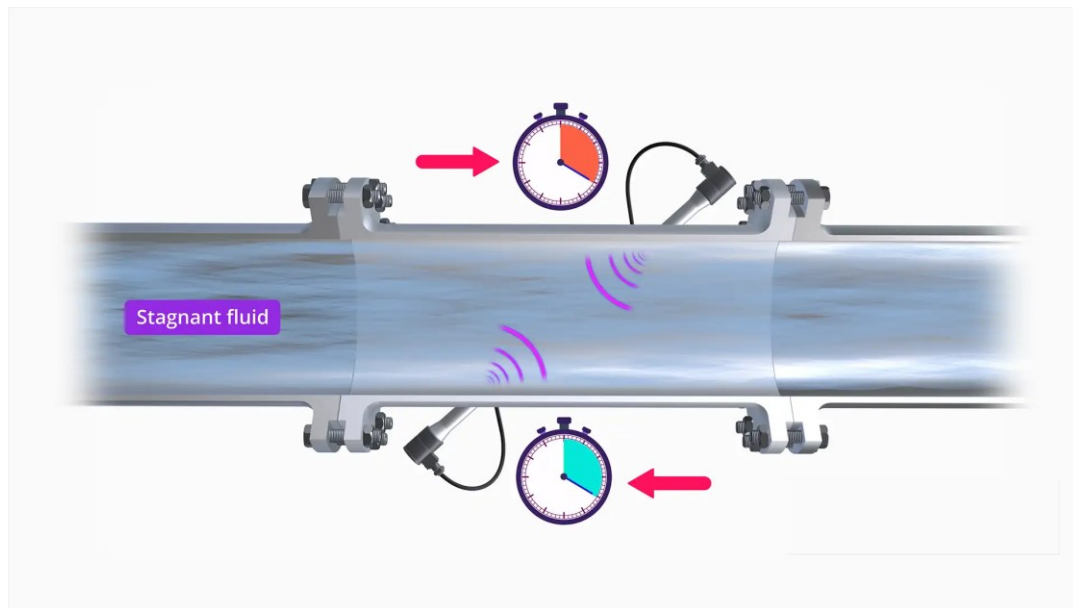
Όταν βρίσκεται σε λειτουργία λήψης, ένα υπερηχητικό κύμα που διέρχεται από το υγρό προκαλεί ταλάντωση στον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο και δημιουργείται ένας ηλεκτρικός παλμός.



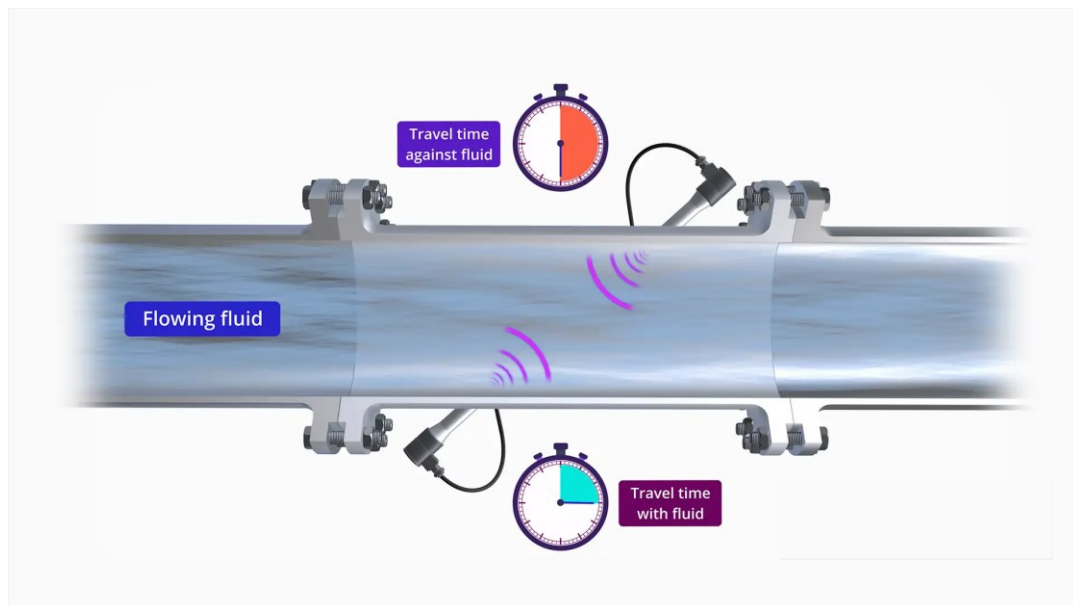
Ο χρόνος που χρειάζεται για να περάσει το υπερηχητικό κύμα από το στοιχείο εκπομπής στο στοιχείο λήψης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Εάν τα δύο στοιχεία τοποθετηθούν σε ελαφρώς διαφορετικές θέσεις κατά μήκος του σωλήνα, τότε η ταχύτητα του ρευστού θα επηρεάσει το χρόνο που χρειάζεται για να φτάσει το σήμα στο στοιχείο λήψης.



Σε ένα στάσιμο ρευστό, η δόνηση περνά από τον πομπό στον δέκτη σε ένα μετρήσιμο χρονικό διάστημα. Ο παλμός υπερήχων που δημιουργείται προς την αντίθετη κατεύθυνση θα χρειαστεί τον ίδιο χρόνο. Οι συνθήκες μέτρησης είναι σταθερές.

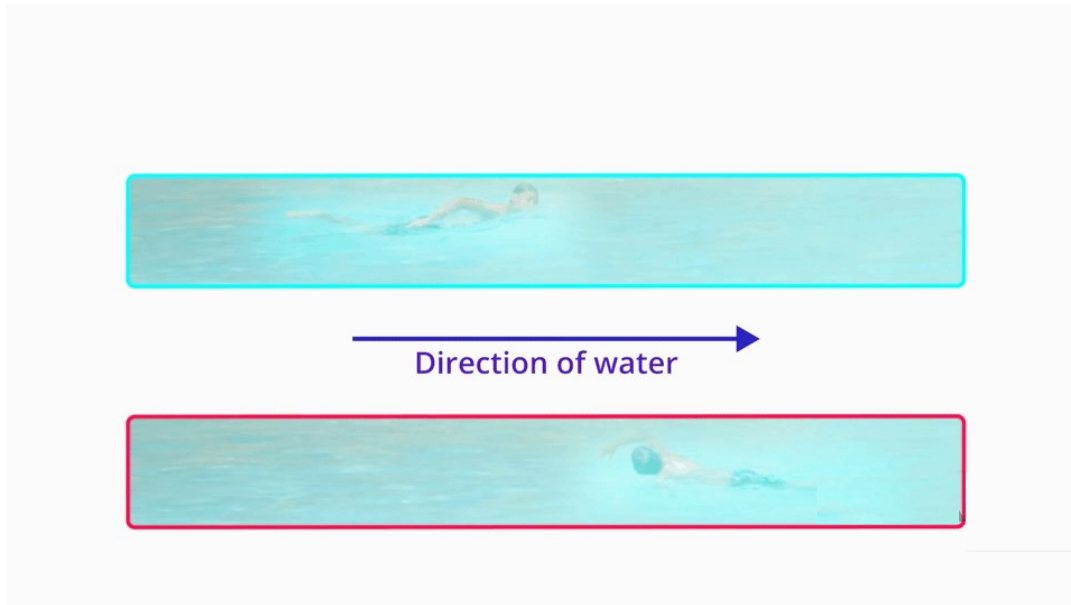


Ωστόσο, δεδομένου ότι τα κύματα υπερήχων έχουν μηχανικές ιδιότητες, ο χρόνος που χρειάζεται για να διαδοθεί από τον πομπό στον δέκτη επηρεάζεται από την ταχύτητα του ρευστού.

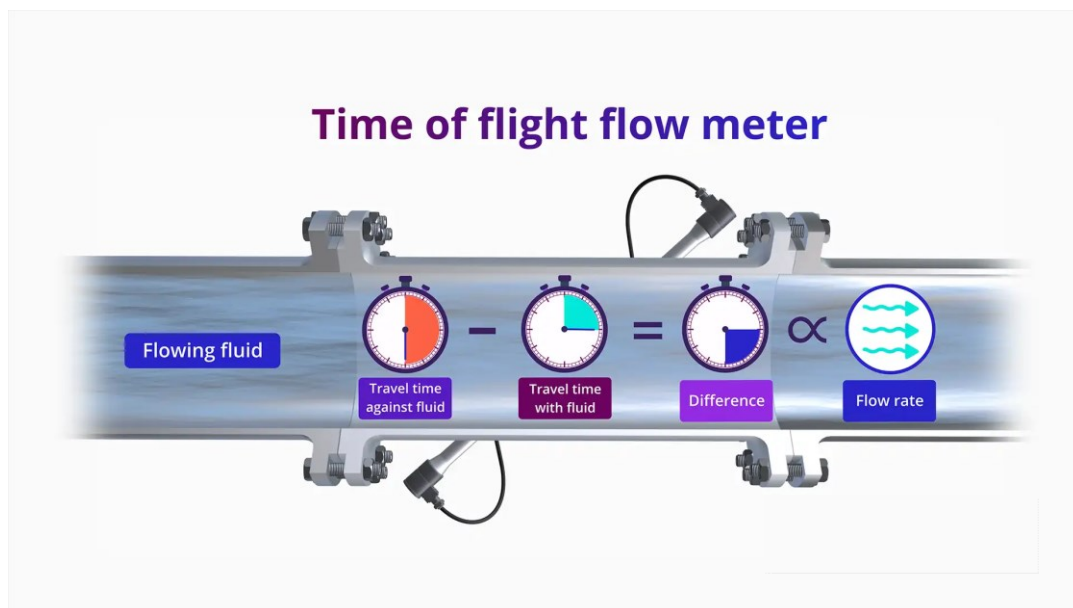


Ένας παλμός που ταξιδεύει από το ανάντη στοιχείο προς το κατόντη στοιχείο, ή με τη ροή, χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να πραγματοποιήσει το ταξίδι από τον παλμό που επιστρέφει προς την αντίθετη κατεύθυνση ή αντίθετα προς τη ροή.

Σκεφτείτε το ως τον χρόνο που χρειάζεται για να κολυπήσετε ανάμεσα σε δύο σημεία υπέρ του ρεύματος και αντίθετα προς το ρεύμα.



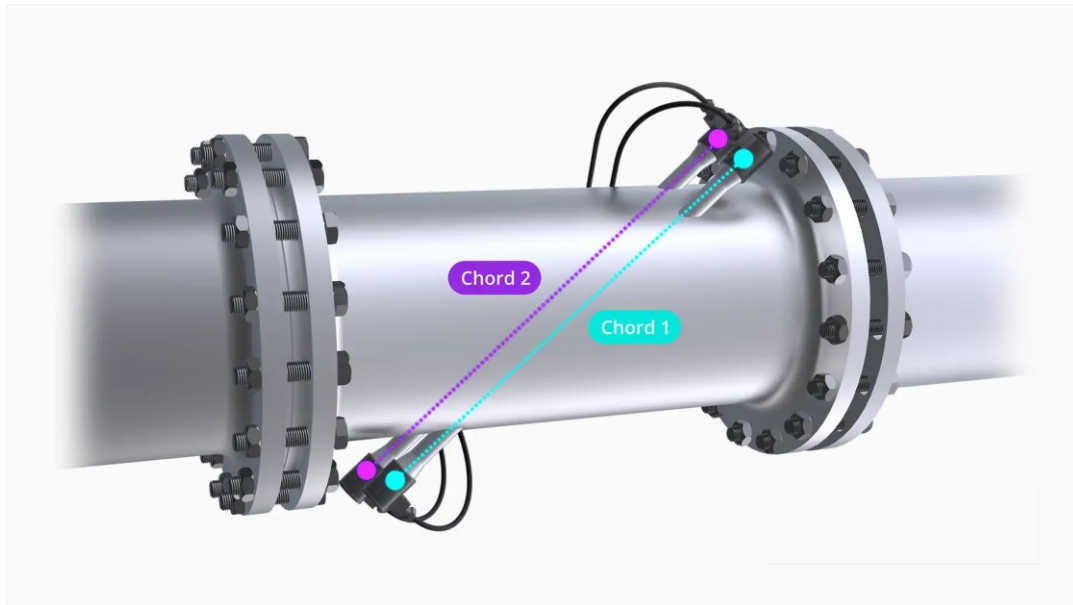
Η διαφορά σε αυτόν τον χρόνο πτήσης μεταξύ των δύο παλμών είναι ευθέως ανάλογη με την ταχύτητα ροής. Δεδομένου ότι ο ογκομετρικός ρυθμός ροής είναι ίσος με την ταχύτητα επί το εμβαδόν διατομής του σωλήνα, η οποία είναι σταθερή στο ροόμετρο, αυτή η μέτρηση αποδίδει τον ρυθμό ροής. Αυτός ο τύπος μετρητή ροής υπερήχων ονομάζεται εύστοχα μετρητής ροής "time of flight".



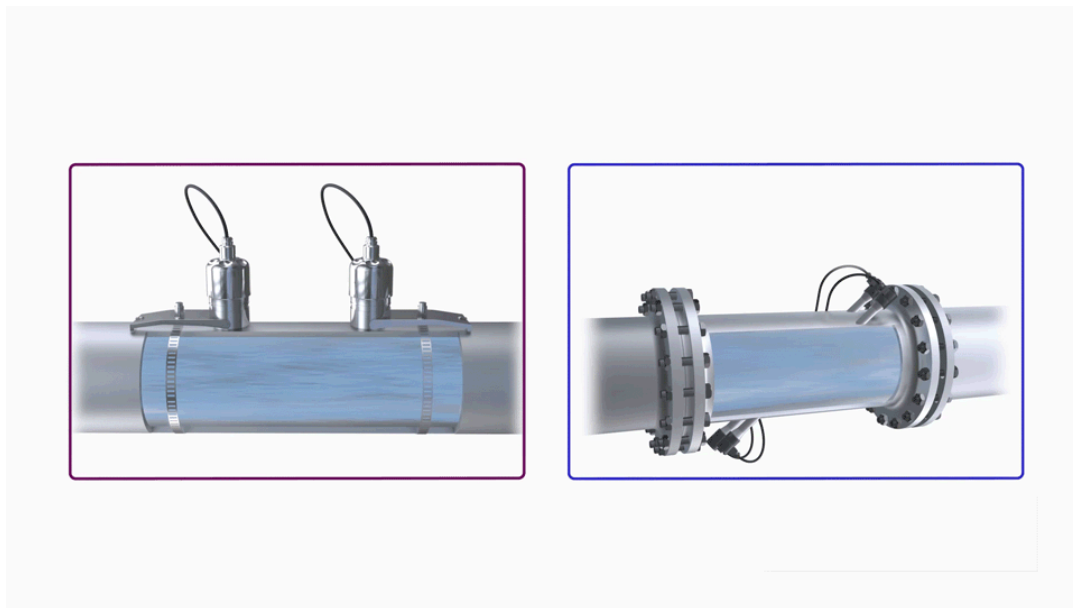
Σχεδιασμός μετρητή ροής υπερήχων

Προκειμένου να εξαλειφθούν οι διαφορές στο προφίλ ροής κατά μήκος του σωλήνα, προστίθενται επιπλέον ζεύγη αισθητήρων για να διασφαλιστεί η ακριβής μέτρηση.

Κάθε ζεύγος πομπού και δέκτη σχηματίζει αυτό που ονομάζεται χορδή. Κάθε χορδή τοποθετείται για να παρέχει μέτρηση σε διαφορετική θέση κατά μήκος της περιφέρειας του σωλήνα.

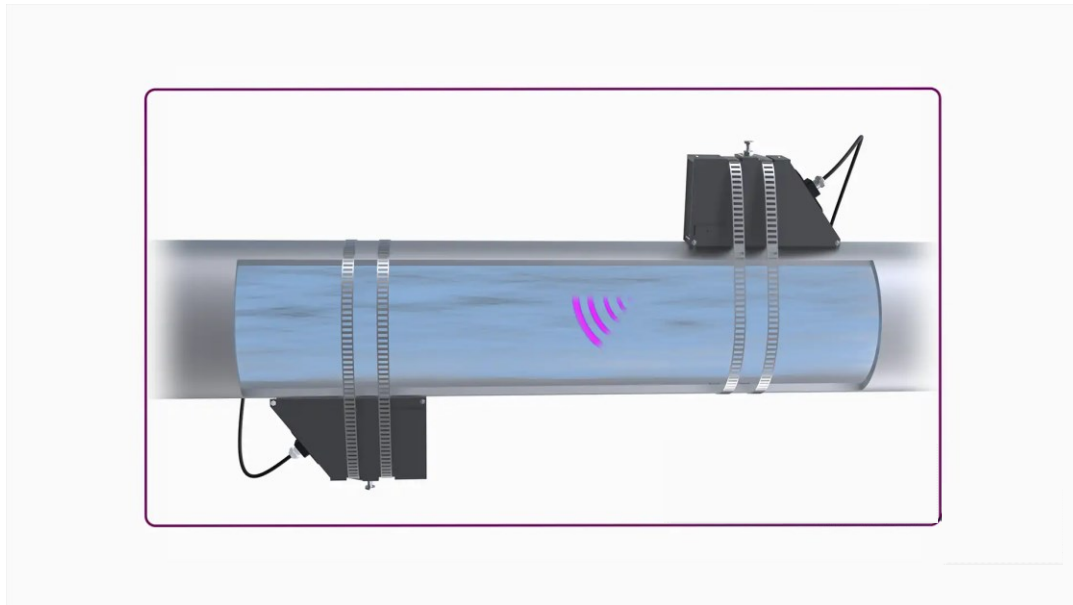


Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους οι αισθητήρες τοποθετούνται σε ένα ροόμετρο υπερήχων χρόνου πτήσης. Οι παλμοί των ηχητικών κυμάτων μπορούν να ταξιδεύουν απευθείας από τον πομπό στον δέκτη ή το τοίχωμα του σωλήνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντανακλά τα ηχητικά κύματα.

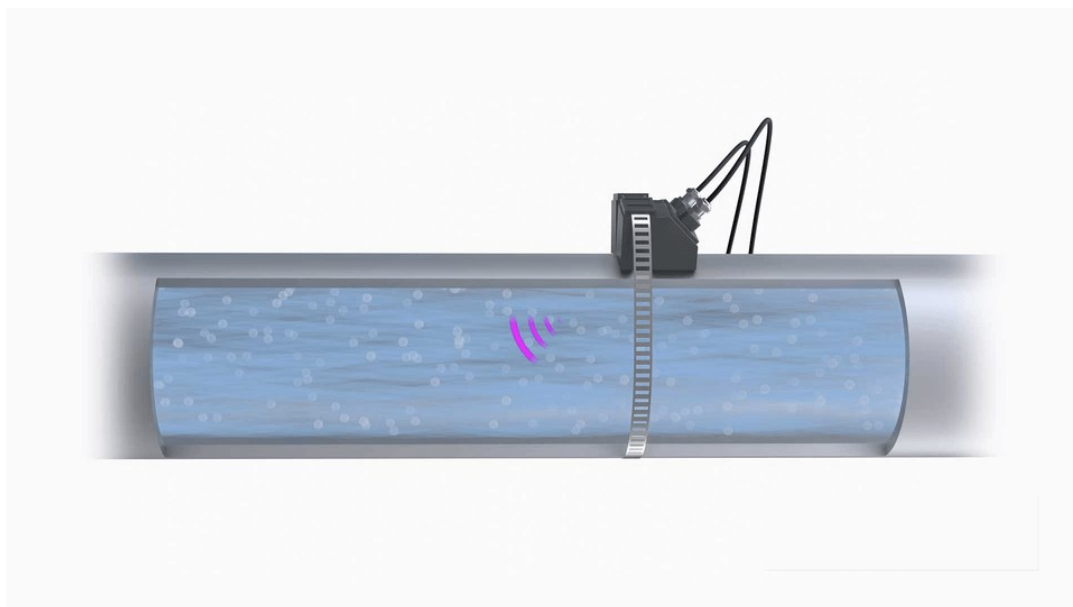


Οι αισθητήρες μπορούν να ενσωματωθούν στο τοίχωμα του μετρητή ροής έτσι ώστε οι αισθητήρες να έρχονται σε επαφή με το υγρό. Ή οι αισθητήρες μπορούν να συνδεθούν στο εξωτερικό του σωλήνα, όπου οι αισθητήρες δεν έρχονται σε επαφή με το υγρό.

Οι αισθητήρες χωρίς επαφή δεν είναι τόσο ακριβείς, καθώς το ηχητικό κύμα πρέπει να διασχίζει το τοίχωμα του σωλήνα και το υγρό, όπου το τοίχωμα του σωλήνα μπορεί να απορροφήσει μέρος της ενέργειας του σήματος.



Ένας άλλος τύπος μετρητή ροής υπερήχων χρησιμοποιεί το φαινόμενο Doppler για τη μέτρηση του ρυθμού ροής. Σε αυτή τη μέθοδο, φυσαλίδες αέρα ή αιωρούμενα σωματίδια χρησιμοποιούνται ως ανακλαστήρες τα ηχητικά κύματα από τον πομπό στον δέκτη.



Όπως συμβαίνει με τον τόνο της σειρήνας ενός τρένου που μεταβάλλεται καθώς το τρένο απομακρύνεται από τον παρατηρητή, η μετατόπιση της συχνότητας που παρατηρείται στον δέκτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του ρυθμού ροής.

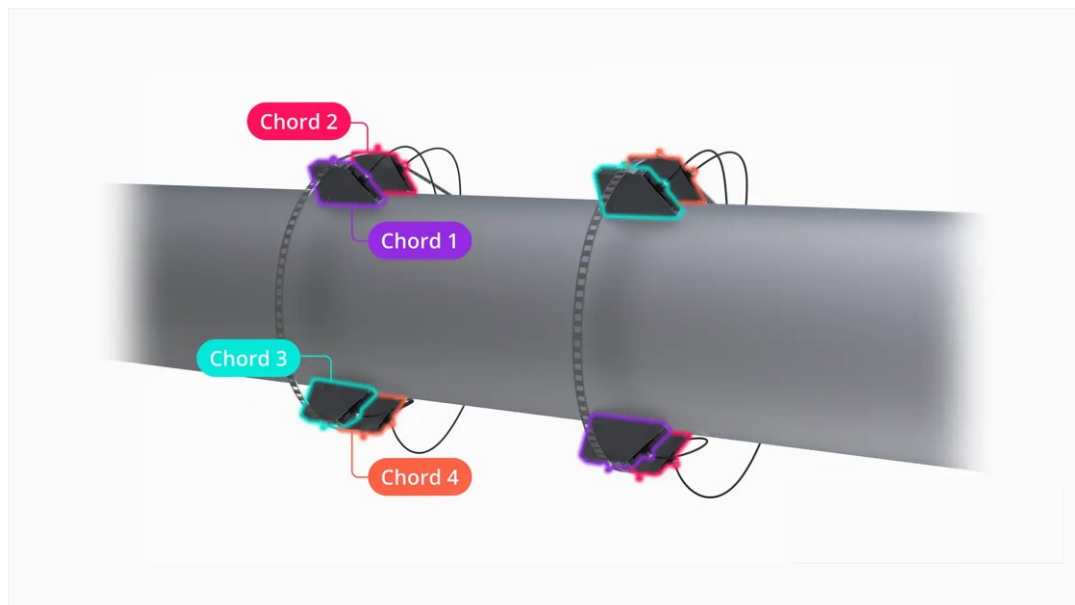
Πού χρησιμοποιείται το ροόμετρο υπερήχων

Τώρα που δείξαμε πώς λειτουργεί ένας μετρητής ροής υπερήχων, μπορείτε να ρωτήσετε, πού χρησιμοποιούνται αυτοί οι μετρητές ροής; Οι μετρητές υπερήχων είναι

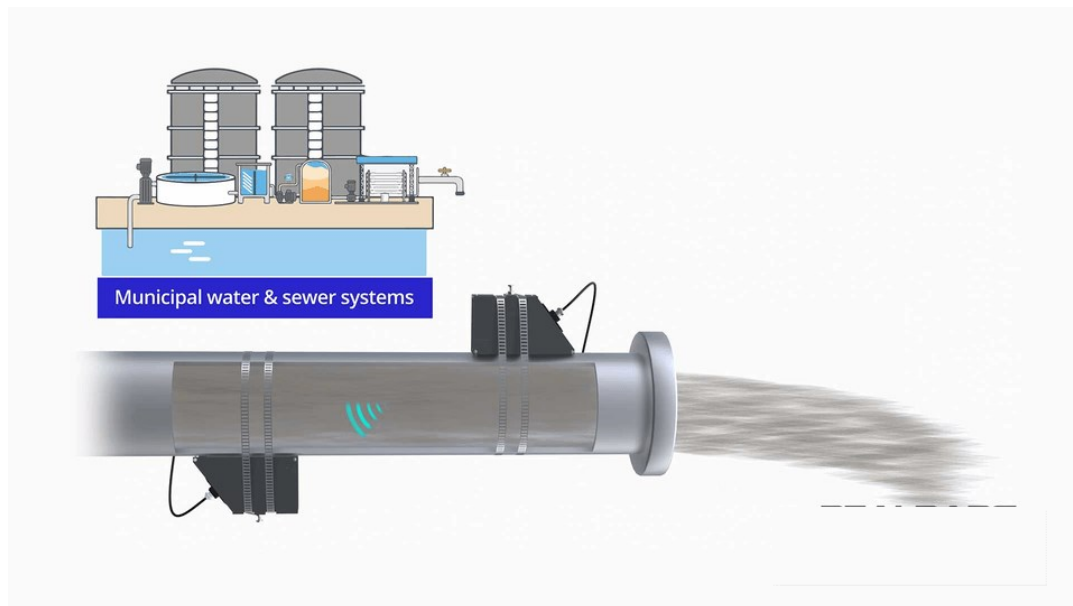
μια εξαιρετική επιλογή για εφαρμογές υψηλής πίεσης και υψηλής ροής όπως οι αγωγοί φυσικού αερίου.



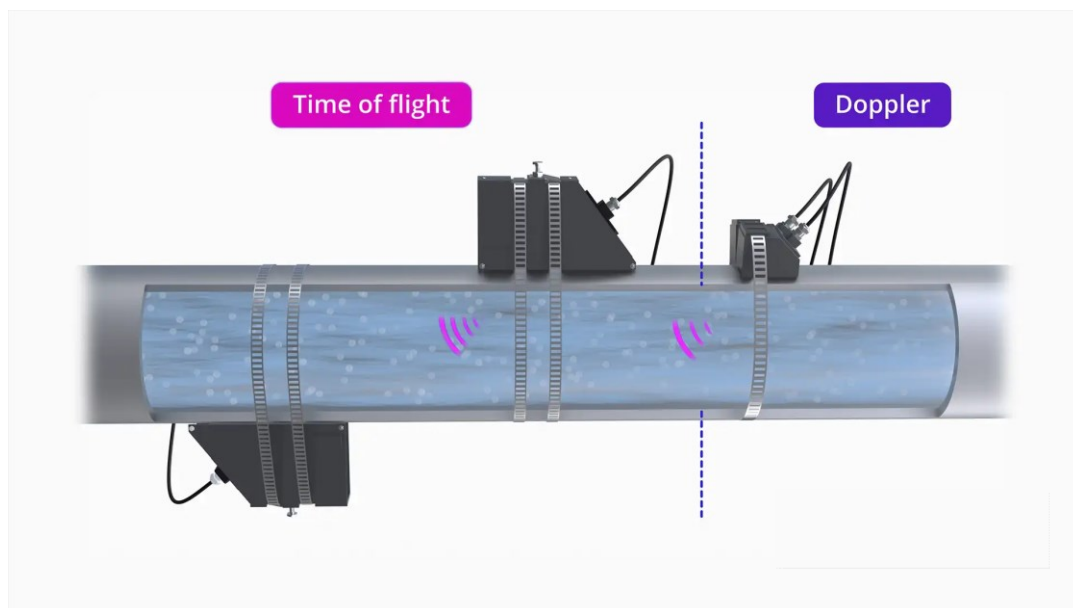
Για αυτές τις εφαρμογές, οι μετρητές χρόνου πτήσης χρησιμοποιούνται με τέσσερις ή περισσότερες χορδές για ακρίβεια.



Τα δημοτικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης χρησιμοποιούν συχνά εξωτερικά τοποθετημένους μετρητές ροής υπερήχων για τη μέτρηση της ροής, επειδή η διάτρηση του σωλήνα δεν απαιτείται για την εγκατάσταση του ροόμετρου.



Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, ο χρόνος πτήσης και το Doppler μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον ίδιο μετρητή ροής για τη μέτρηση ρευστών, τα οποία μπορεί να αλλάξουν τη σύνθεση με την πάροδο του χρόνου. Όταν ανιχνεύονται σωματίδια ή ίζημα, ο μετρητής μπορεί να αλλάξει από τη λειτουργία Time of Flight σε λειτουργία Doppler για να διατηρήσει την ακρίβεια μέτρησης της ροής.



Περίληψη και Συμπέρασμα

Οι μετρητές υπερήχων είναι εξαιρετικά ευέλικτοι και για ορισμένα ροές ρευστών, όπως οι αγωγοί φυσικού αερίου και οι παροχές δημοτικών δικτύων ύδρευσης, οι μετρητές υπερήχων είναι η βέλτιστη επιλογή.