



ATIK SU ÖRNEKLEMESİ: KOVİD-19'UN BAROMETRESİ



TARİH: NİSAN-2020

İÇİNDEKİLER

1. Giriş	3
2. SARS-CoV-2 (Kovid-19) Virüsünün Dağılımı	3
3. Kovid-19'un Dışkı Yolu İle Dökülmesi	4
3.1. Hollanda'da Atıksu Arıtma Tesisinde SARS-CoV-2 Tespiti.....	5
3.2. Avustralya'da Atıksuda Kovid-19.....	5
3.4. Monte Carlo Simülasyonu.....	6
3.5.Paris'te 3 Atıksu Arıtma Tesisinde SARS-CoV-2.....	6
3.6. Massachusetts Eyaletinde SARS-CoV-2.....	8
4. Kanalizasyon Şebekesinde SARS-CoV-2 İzlemenin Faydaları.....	8
5. AAT, Terfi Merkezi, Kanalizasyon Şebekesi ve Menholda Kovid-19 Taraması.....	10
6. Atıksuda SARS COV-2 Virüsünün Dışkı Yolu Serüveni ve 12 Gerçeği	14
7. Atıksuda Tüm Kimyasallar, Uyuşturucular ve Virüsler İzlenebilir	15
8. CoV-2 RNA Tespit Yöntemi	16
9. Sonuç	16
10. Kaynaklar.....	18

Şekil 1. Koronavirüs ve Başak Proteininin Şematik Gösterimi. Koronavirüs Yapısı. Viral Yüzey Proteinleri (Sivri Uçlu, Zarflı ve Membran Glikoproteinleri). Bir Lipit İki Tabakalı Zarfın İçine Yerleştirilir..... 3

Şekil 2. Kovid-19 Virüs Taşıyıcılarından Salımlanan Damlacıklara ve Aerosollere Maruz Kalma..... 4

Şekil 3. Enfekte Kişiden SARS-CoV-2'nin Dışkı Yolu İle Atıksu Arıtma Tesisine Ulaşması ve Atıksu/Arıtılmış Atıksuda Virüs İzlenmesi 6

Şekil 4. Paris Bölgesinden Alınan Atıksu Örneklerinde SARS-Cov-2'nin Kantitatif Zaman Akışı İzleme 7

Şekil 5. Bir Şehirde Kanalizasyon Haritası ve Kanalizasyon Bacaları (Menholler) Dağılımı .11

Şekil 6. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında İzleme12

Şekil 7. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında Tarama.....13

Şekil 8. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında Hassas Noktaları Belirleme13

Şekil 9. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında Virüslü Binayı Belirleme14

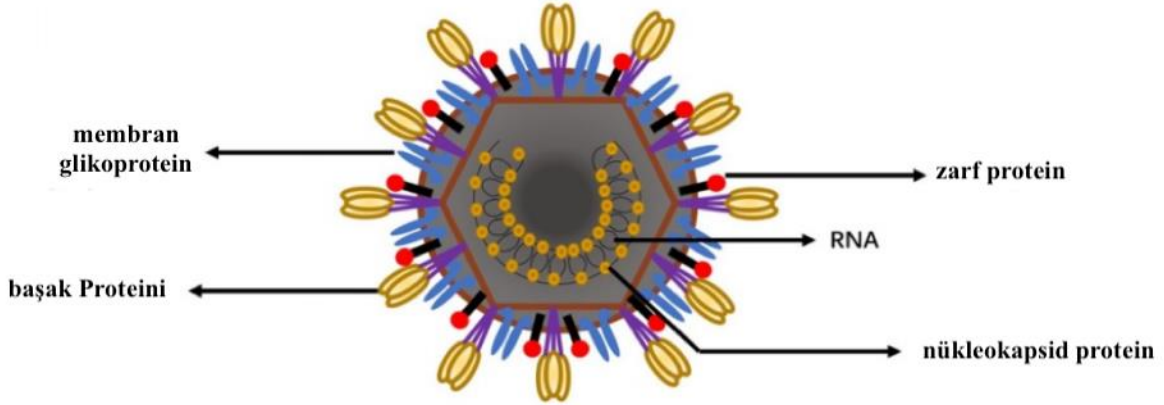
Şekil 10. TU Delft tarafından Sudaki Korona Virüsünün 12 Yönü üzerine Poster15

Şekil 11. Kanalizasyon Şebekesi Terfi Merkezinde Çalışanlar17

1. Giriş

Çapı yaklaşık 50-200 nanometre (nm) arasında olan ve ana yapısal proteinleri arasında, başak (S) protein, membran (M) glikoprotein, zarf (E) protein, nükleokapsid (N) protein ve RNA genomunu içeren SARS-CoV-2 virüsü, Şekil 1'de verilmiştir. (1nanometre (nm), mikrometreden (μm) bin kat ve milimetreden (mm) bir milyon kat daha küçük).

N proteini, RNA genomunu tutar ve S, E ve M proteinleri birlikte viral zarfı oluşturur.



Şekil 1. Koronavirüs ve Başak Proteininin Şematik Gösterimi. Koronavirüs Yapısı. Viral Yüzey Proteinleri (Sivri Uçlu, Zarflı ve Membran Glikoproteinleri). Bir Lipit İki Tabakalı Zarfın İçine Yerleştirilir.

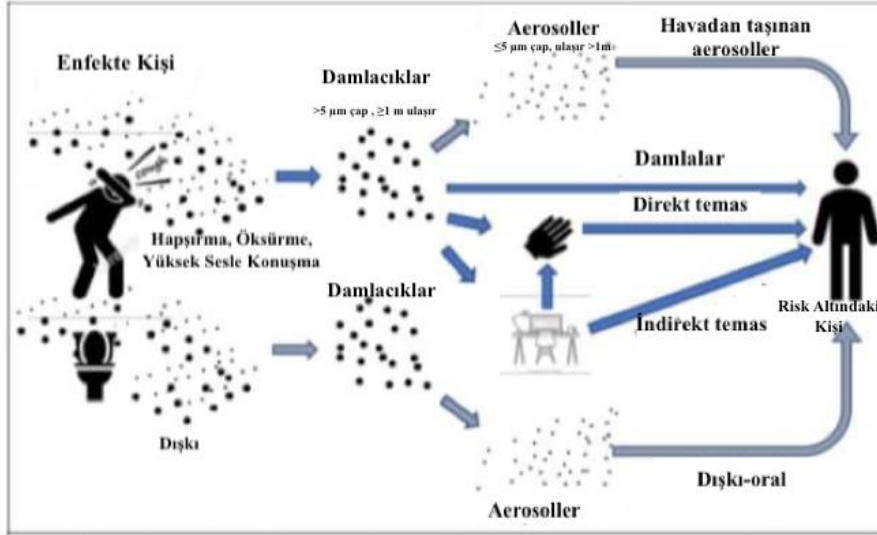
İdrar ve dışkı, insan sağlığı ve refahı hakkında çok fazla bilgi içerir. Her tuvalet sonrası aslında değerli bu bilgileri şehrin kanalizasyon sistemine dökülür. Kanalizasyon, insan sağlığı hakkında bir bilgi kaynağıdır ve gerçekten bir halk sağlığı gözlemine dönüştürülebilir

İnsanlık bir yangın tatbikatı altında koşuyor, hala bu Kovid-19 virüsü hakkında bilinmedik çok şey var ve hepsi de çok acil.

2. SARS-CoV-2 (Kovid-19) Virüsünün Dağılımı

SARS-CoV-2 (Kovid-19) virüsü, hapşırma, öksürme, yüksek sesle konuşma ile havada yayılır ve tuvalette dışkı yolu ile atıksuya dökülür (salımlanır).

SARS-CoV-2 virüsüne enfekte kişilerin hapşırması, öksürmesi, yüksek sesle konuşması ve dışkı yolu ile virüslü damlacıkların ve aerosollerin salımlanması ve kişilere bulaşması **Şekil 2'**de verilmiştir.



Şekil 2. Kovid-19 Virüs Taşıyıcılarından Salımlanan Damlacıklara ve Aerosollere Maruz Kalma

Hapşırma, öksürme ve yüksek sesle konuşma ile salımlanan damlacıklar, 1,5 m mesafeye kadar ulaşabilir. Bu yüzden virüslü damlacıkların salımından minimum etkilenmek için en az 1,5 m sosyal mesafe güvence altına alınmalı.

Bazı bilimsel çalışmalara göre virüs kapalı ortam havasında 20 dakika ile 3 saat askıda bulaşıcı olarak kalabilmektedir. Hala hasta olmamak için ne kadar SARS-CoV-2 virüsü solumanız gerektiği belirsiz.

Çok kullanılan ve havalandırılmayan tuvalet, asansör, iş yerlerinde toplantı odaları ve benzeri kapalı ortamlarda Kovid-19 virüsü birikebilir. Virüs havalandırılan alanlarda dağılır. Bu yüzden bu tür ortamlar sık aralıklarla havalandırılmalı ve dezenfekte edilmeli.

3. Kovid-19'un Dışkı Yolu İle Dökülmesi

Kovid-19 virüslü enfekte kişilerin dışkı yolu ile virüsü döktüğü (salımladıkları) tespit edilmiştir. Kovid-19 virüsü dışkı yolu ile döktüğü (salımlandıktan) sonra birkaç gün hayatta kalabileceği gösterilmiştir.

Atıksu örnekleme sisteminin en önemli avantajı, SARS-CoV-2 ile enfekte olan ancak hastalık için semptom göstermeyen veya çok az semptom gösteren çok sayıda insanın dışkı yolu ile döktüğü (salımladığı) virüsü tespit etmek mümkündür.

Nature Medicine dergisi tarafından yayınlanan bir çalışmada insanların semptom göstermeden iki ila üç gün önce Kovid-19 virüsünü dışkı yolu ile döktüğünü (salımladığı) tespit edilmiştir. Kanalizasyon şebekesinde atıksu analizi yetkili kişilere, enfekte olduklarını fark etmeden önce yeni koronavirüs kümelerini tanımlamalarına izin verebilir.

Kanalizasyon şebekesi gözetim planı "son derece cesaret verici" bir uygulama alanı olacaktır.

Hollandalı araştırma merkezi KWR Su Araştırma Enstitüsü'ndeki bilim adamları, atıksu taramasının bir popülasyondaki virüs dolaşımını ölçmek için bir araç olarak kullanılabilirliğine inanıyorlar.

Virüs etkin noktaları bulmak için yeni araçlar uygulamak gerekebilir. Bu araçlardan biri, bir toplumun sağlığı hakkında bilgi almak için kanalizasyon analiz eden atıksu bazlı epidemiyolojidir (WBE).

3.1. Hollanda'da Atıksu Arıtma Tesisinde SARS-CoV-2 Tespiti

Dışkıda şiddetli akut solunum sendromu koronavirüs 2'nin (SARS-CoV-2) tespit edildiğini bildiren ilk yayınlardan beri, evsel atıksuların yeni koronavirüsü içerebileceği ortaya koymuştur. 17 Şubat 2020'den itibaren, virüs analizleri için Amsterdam Schiphol Havalimanı'nda (Haarlemmermeer, Hollanda) toplanan evsel atıksulardan haftada bir defa 24 saatlik 10 L numuneler alınmıştır. 27 Şubat 2020 tarihinde Hollanda'da ilk koronavirüs vakası (Kovid-19) tanımlandıktan 4 gün sonra kantitatif RT-PCR metodolojisi ile virüs RNA testi, pozitif çıkmıştır (yayınlanmamış veriler). Bu, havaalanından gelen potansiyel olarak semptomatik, asemptomatik veya presemptomatik bireylerden dışkı yolu ile virüs salımı ile açıklanabilir. Ayrıca, Tilburg, Hollanda'daki ilk Hollanda vakalarının yakınında örneklenen evsel atıksuları, hastalığın başlangıcından sonraki ilk günden itibaren bir hafta içinde viral RNA varlığı açısından pozitif test edilmiştir (yayınlanmamış veriler). Bu bulgular, atıksuda daha önce çocuk felci virüsünün tespiti gibi hassas bir gözetim sistemi ve erken uyarı aracı olabileceğini göstermektedir. Bildiğimiz kadarı ile, Hollanda'daki bu tespit, atıksudaki SARS-CoV-2 ile ilgili ilk rapordur.

Hollanda'da KWR, yeni SARS-Cov-2 virüsü üzerine atıksu arıtma tesisinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Hollanda'da ilk SARS-Cov-19 vakasının yaşadığı bir şehrin arıtma tesisine gelen atıksuda koronavirüsten genetik materyal tespit edilmiştir. KWR çalışmasının sonucu, medyanın dünya çapındaki sonuçlarda bildirdiği gibi viral oldu. Bu çalışma ile enfekte kişilerin dışkılarından dökülen (salımlanan) virüs, kanalizasyon şebekesi yolu ile atıksu arıtma tesislerine kadar ulaşmaktadır.

3.2. Avustralya'da Atıksuda Kovid-19

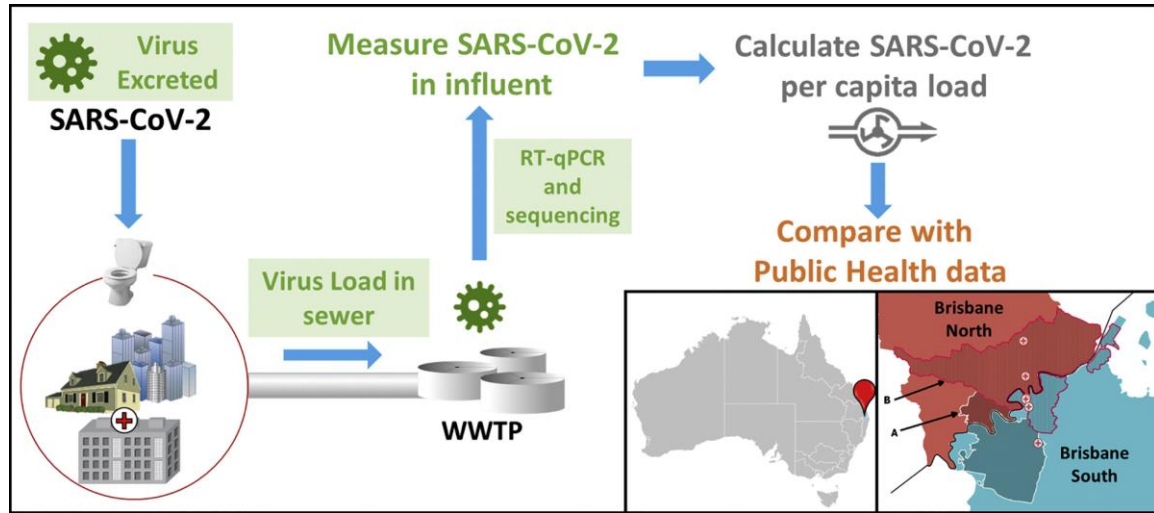
Hollanda ve ABD'de benzer çalışmalara dayanan Bertsch'in grubu geçen günlerde Avustralya kanalizasyonundaki ilk koronavirüs tespitini bildirmiştir. O ve meslektaşları, Brisbane'de Mart ve Nisan aylarında 600.000 kişiyi temsil eden atıksuyu örneklemişlerdir. Paris'teki çalışmanın aksine, doğrudan insan testi ile tespit edilen zirveye karşılık gelen bir dışkı yolu ile virüs dökülmesi zirvesi bulunmuştur. Fark, Avustralya'da daha yaygın insanlarda virüs testleri ile açıklanabilir.

Avustralyalı araştırmacılar, kanalizasyondaki yeni koronavirüs-2 geninin varlığını izleyerek toplumdaki Kovid-19 yaygınlığını taramak için bir erken uyarı gözetim sistemi geliştirmenin ilk adımını gerçekleştirmişlerdir.

Bertsch, "Avustralya'nın, yasadışı uyuşturuculara yönelik atıksuyu izlemek için mevcut sistemlerini 1 ay içinde yürürlüğe girdirerek ulusal bir Kovid-19 izleme sistemi geliştirmek için "kullanmayı" umduğunu" söylemiştir.

SARS-CoV-2'nin fekal-oral salgını kolaylaştırabilecek çevresel koşullar altında uygulanabilir olup olmadığı henüz net belli değildir. Bununla birlikte, virüsün Çin gibi etkilenen bazı coğrafi bölgelerde toplumda kolayca ve sürdürülebilir bir şekilde yayıldığı potansiyel topluluk yayılımına dair kanıtlar bulunmaktadır. Potansiyel enterik bulaşmasının, özellikle Kovid-19 ile ilgili olarak DSÖ (WHO) rehberliğinin geliştirildiği evsel atıkları ve evsel atıksularla çalışanlar için de etkileri olabilir. Genel olarak, güvenli su, sanitasyon ve hijyenik koşulların sağlanması, Kovid-19 dahil olmak üzere herhangi bir bulaşıcı hastalıktan korunma sağlayabilir.

Klinik gözlemler, SARS-Cov-2'den enfekte olan toplulukların evsel atıksularının virüs içerebileceğini göstermektedir. Atıksu Bazlı Epidemiyoloji (WBE), belirli bir atıksu arıtma tesisi (AAT) atıksu toplama popülasyonunda virüslerin yaygınlığını belirlemek için umut verici bir yaklaşımdır, çünkü atıksu, bir havzadaki semptomatik ve asemptomatik bireylerden atılan virüsleri içermektedir (**Şekil 3**).



Şekil 3. Enfekte Kişiden SARS-CoV-2'nin Dışkı Yolu İle Atıksu Arıtma Tesisine Ulaşması ve Atıksu/Arıtılmış Atıksuda Virüs İzlenmesi

3.4. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo simülasyonu, havza bazında (nüfus 600.000) 171 ila 1.090 arasında değişen bir medyan enfeksiyon sayısı tahmin edilmiştir. Yöntem, iyileştirme gerekli olsa da ilk veriler, atıksuyu izlemenin, özellikle hiç semptom göstermeyen ve hafif semptomlar gösteren bireylerde, SARS-CoV-2'nin toplumda ne kadar geniş bir şekilde dağıldığına dair erken uyarı işaretleri sağlama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

3.5.Paris'te 3 Atıksu Arıtma Tesisinde SARS-CoV-2

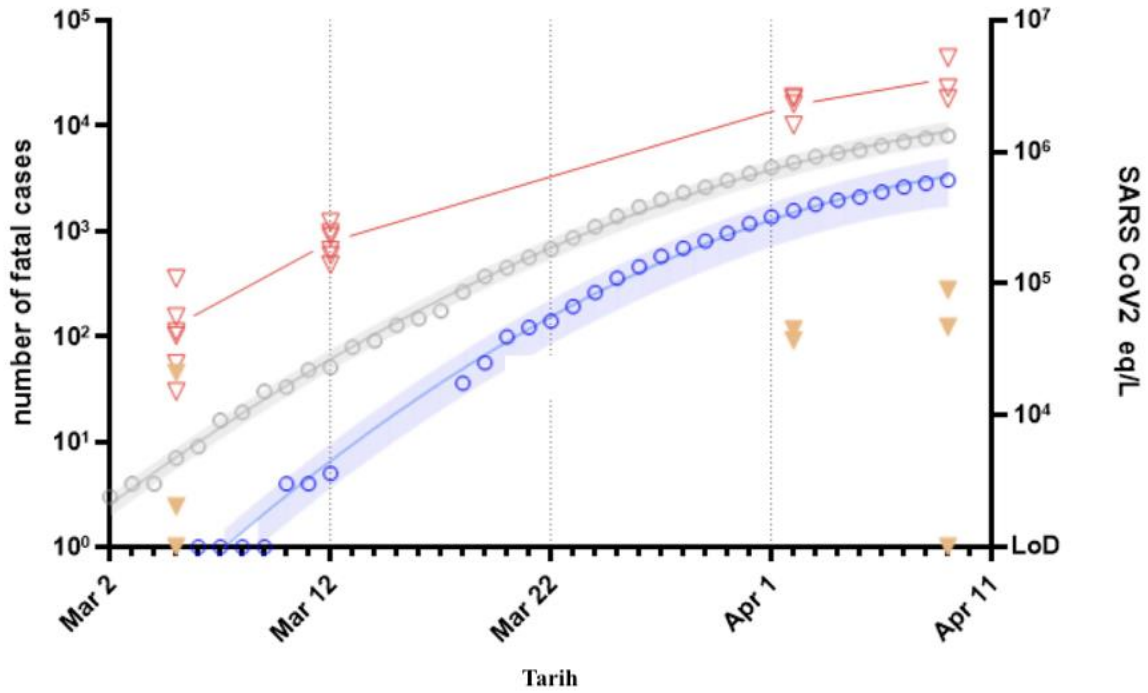
Paris bölgesinde 3 büyük atıksu arıtma tesisinden (AAT), 5 Mart ile 7 Nisan 2020 tarihleri arasında, haftada iki defa, toplamda 23 ham atıksu ve 8 arıtılmış atıksu numuneleri alınmış ve RTqPCR ile SARS-CoV-2'nin bir zaman akışı içinde kantitatif analizleri yapılmıştır. Alınan tüm ham atıksu numunelerinde SARS-CoV-2 pozitif tespit edilmiştir. Ayrıca, arıtılmış atıksudan alınan 8 örnekten 6'sı SARS-CoV-2 pozitif çıkmıştır. Daha önce enterik virüsler üzerinde yapılan

çalışmalar ile uyumlu olarak ilgili ham atıksu örneklerine kıyasla arıtılmış atıksu viral yükte (virüs miktarında) 100 kat azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Paris'te Kovid-19'dan çok sayıda ölümün kaydedildiği ilk gün olan 10 Mart'tan birkaç gün önce "yüksek konsantrasyonda" viral RNA olduğu tespit edilmiştir. Paris'teki klinik vaka ve ölümlerdeki hızlanmadan birkaç gün önce konsantrasyonlar artmaya başlamıştır.

Daha sonraki zaman içinde atıksu numunelerinde ortalama SARS-CoV-2 genom seviyesini Paris bölgesinde ve Fransa'da doğrulanmış ölümcül Kovid-19 vakalarının sayısı ile karşılaştırılmıştır

3 AAT'de Paris bölgesinde SARS-CoV2 genomlarının ham atıksu (açık ters kırmızı üçgenler) ve arıtılmış atıksu (tam ters kırmızı üçgenler) olarak ölçülmesini göstermiştir. Fransa'da (gri) veya Paris bölgesinde (açık mavi daire) COVID-19 ölümcül vakaların sayısı belirtilmiştir. Gauss eğrileri, bilginin eksik olduğu Paris bölgesini modellemek için verilere ($r^2 > 0.98$) yerleştirildi (Şekil 4).



Şekil 4. Paris Bölgesinden Alınan Atıksu Örneklerinde SARS-Cov-2'nin Kantitatif Zaman Akışı İzleme

Ham atıksuda genom birimlerinin artmasının, bölgesel ve ulusal düzeyde gözlenen ölümcül vaka sayısındaki artış ile doğru orantılı bir şekilde takip ettiğini doğrulamıştır. Bu nedenle çalışma atıksuyun kontaminasyonunun ve viral genomun saptanmasının salgının üstel büyümesinin başlamasından önce meydana geldiğini göstermiştir.

Paris'te yapılan çalışma, atıksularda SARS-CoV-2 genomlarının kantitatif olarak izlenmesinin, yerel veya bölgesel ölçekte SARS-CoV-2 dolaşımının daha iyi araştırılması için önemli ve ek bilgiler getirmesi gerektiğini göstermiştir. Ayrıca atıksuda virüs taraması çalışması, insanlarda yapılan araştırmaların lojistik, etik veya ekonomik nedenlerle zorlanması durumunda,

popülasyonlardaki patojenleri saptamak için alternatif ve muhtemelen erken bir uyarı aracı sağlayabilir.

3.6. Massachusetts Eyaletinde SARS-CoV-2

Yeni bir araştırmaya göre, kişi başına günde 200 gram dışkı salımlandığı tahmin edilmektedir. Kanalizasyon şebekesi bağlı nüfus ile 200 gram dışkı çarpıldığı zaman kanalizasyona deşarj edilen dışkı miktarı tespit edilmiştir.

WBE'nin Massachusetts eyaletinde SARS-CoV-2'yi izlemek için iyi bir aday olup olmayacağını belirlemek için, Biobiot Analytics ve Massachusetts Institute of Technology'den araştırmacılar, 20 Ocak'ta ilk ABD vakasından önce toplanan atıksu örnekleriyle karşılaştırmak için büyük bir kentsel atıksu arıtma tesisinden 10 atıksu örneği toplandılar. Daha önce test edilen tüm numuneler virüs için negatif iken, 18-25 Mart tarihleri arasında toplanan her numune, eyaletteki klinik olarak doğrulanmış vakalara dayanarak beklenenden "önemli ölçüde daha yüksek " seviyelerde pozitif çıkmıştır. Bu da daha önce teşhis edilemeyen çok daha fazla enfekte hasta olduğunu gösteriyor.

Biobot, nüfusun %0,1 ila %5'inden herhangi bir yerde Kovid-19 ile enfekte olabileceğini tahmin etti. Bu, kısmen geniş bir aralıktır, çünkü enfekte olmuş bir kişinin kaç virüs parçacığını salımladığı belli değildir. Ancak aralığın düşük kısmı bile, ABD'de resmi olarak rapor edilen %0,026'lık vaka yükünden birkaç kat daha yüksektir.

Atıksudan alınan örnekte, viral RNA numuneden çıkarılır ve ne kadar RNA bulunduğuna, virüsün ne kadar mevcut olduğuna ve atıksu arıtma tesisine akışla çarpılarak tahminler yapılır ve bu şekilde 15.200 kişinin virüse maruz kaldığı tahmin edilmiştir. Bu değer, New Castle County'de kaydedilen laboratuvar onaylı vaka sayısının yaklaşık 15 katıdır.

Tutarsızlığın bu kadar yüksek olmasının nedeni henüz belli değildir. Ancak test edilmeyen çok, çok sayıda asemptomatik bulaşıcı bireyler olduğu ile açıklanabilir.

Biobot, şu anda ABD'deki 150'den fazla arıtma tesisinden haftalık numune almakta ve SARS-CoV-2'nü izlemeyi planlamaktadır.

4. Kanalizasyon Şebekesinde SARS-CoV-2 İzlemenin Faydaları

Araştırmacılar, "atıksu taraması, klinik test kapasitesi sınırlı olduğunda bulaşıcı hastalıkların varlığını ve hatta prevalansını (yaygınlığını) ölçmek için tamamlayıcı bir yaklaşımı temsil edebilir" diye yazıyorlar. "Dahası, toplam nüfus geneli veri modelleme çabaları bilgilendirmeye yardımcı olabilir" diye ifade ediyorlar.

Virüsün, nüfus düzeyinde ki varlığının daha fazla anlaşılması, hükümet ve hastane yetkililerinin bilinçli politika tedbirlerini uygulamalarına da yardımcı olabilir.

Kanalizasyon şebekesi taramasını şu anda Hollanda, Avusturya, Avusturalya, ABD, Finlandiya, Endonezya, Malezya, Fransa, İngiltere, İsrail, İtalya, İsviçre ve İsveç dahil olmak üzere birçok ülkede, Kovid-19 virüsünün belirli bir toplulukta veya bölgede olup olmadığını, sakinleri asemptomatik olsa bile belirlemek için kullanılmaktadır.

Atıksudaki yüksek virüs konsantrasyonları, kanalizasyon sistemine katkıda bulunan daha fazla sayıda enfekte insana karşılık gelmektedir.

Dışkı örneklerinde SARS-CoV-2'nin varlığı nedeniyle, atıksularda SARS-CoV-2'nin kalitatif tespiti son zamanlarda insan popülasyonlarındaki virüs dolaşımını araştırmak için tamamlayıcı bir araç olarak önerilmektedir.

Araştırmacılar, kanalizasyonda takip sistemi yaklaşımın ölçeklendirilebilir olduğunu ve SARS-CoV-2 pandemisinin yanı sıra dünyadaki şehirlerde, özellikle yüz yüze testin yapılamayacağı yerlerde gelecekteki salgınları modellemek için kullanılabileceğini önermektedir.

Kanalizasyon şebekesinde gerçek zamanlı virüs salgın verilerini tespit etmek mümkündür. Enfekte insanların dışkılarından sürekli olarak koronavirüs dökülür (salımlanır).

Kanalizasyon şebekesinde virüs tarama sistemi ikinci ve üçüncü salgın dalgasını tahmin etmeye yardımcı olur. Salgının yayıldığı mahalleyi, sokağı, hatta binayı dahi tespit etmek mümkündür.

Birçok SARS-CoV-2 taşıyıcısının spesifik olmayan semptomlar göstermediği veya az sayıda gösterdiği varsayıldığı için, insan popülasyonları arasında SARS-CoV-2 dolaşımını son zamanlarda ve sadece insanları test etmenin yeterli olmayacağı kanalizasyon şebekesi tespitlerinin daha pratik olacağı bildirilmektedir.

WBE, topluluklardaki patojenlerin varlığını tespit etmek ve virüsün her bireyin test edilmesine gerek kalmadan ne kadar yaygın olabileceğini tahmin etmek için kullanılan bir metodolojidir. Atıksu bazlı hastalık izleme nispeten yeni bir stratejidir, ancak vakalar ortaya çıkmadan önce olası hastalık salgınlarını önceden tahmin edebilmektedir. Örneğin İsrail'de yetkililer, 2013 yılında kanalizasyon sisteminde çocuk felci virüsünü buldular ve buna karşılık olarak bir aşı kampanyası düzenlediler.

SARS-CoV-2'nin pandemik yayılımına rağmen, ülkelerdeki bireysel testler ile geniş alanlara erişim şimdiye kadar ciddi şekilde sınırlı kalmıştır. Ülkelerin her bir sakinini, SARS-CoV-2 için test etmek pratik olmasa da, virüs onaylanmış Kovid-19 hastalarının dışkısından döküldüğü için atıksu bazlı epidemiyoloji (WBE) için umut verici bir aday haline getirmiştir.

Kanalizasyon şebekesinde yapılacak ulusal bir program, Hükümetlerin Kovid-19'un tanımlanması ve sınırlandırılmasında kullanabileceği daha geniş önlemlere katkıda bulunabilir.

Umut eninde sonunda sadece Kovid-19'un bulunduğu coğrafi bölgeleri tespit etmekle kalmayacak, aynı zamanda bir bölgedeki her bireyi test etmeden enfekte olmuş yaklaşık insan sayısını tespit edilmesine yardımcı olacaktır. Bu, insanlara ne kadar iyi olduğu konusunda daha iyi fikirler verecektir.

Bunun gibi bir erken tespit sonrası uyarı sistemi, kurtarma aşamasında izleme ve müdahale için de inanılmaz derecede faydalı olacaktır.

Kovid-19 virüs salgınının güvenli olarak sonladığına atıksu arıtma tesisi taraması ile karar verilebilir.

Kovid-19 virüsü bulaşmış ama hastalığını hafif semptomları dahi olmadan geçirenler ve sadece hafif semptomlarla geçirenler dahil olmak üzere dışkı yoluyla dökülen (salımlanan) virüsü kanalizasyon şebekesini tarayarak tespit etmek mümkündür. Bu nedenle, kanalizasyon arıtma tesislerinde virüs genomunun parçaları tespit edilmelidir. Atıksu numunelerinin analizleri bu nedenle enfeksiyonların popülasyonda yayılması hakkında sonuçlar çıkarmak için kullanılabilir. Burun ve boğaz çubukları için yapılan geleneksel testlere ek olarak, bu anlamlı genişlik taraması için ek bir araç olacaktır.

Bu şekilde toplanan veriler, bir atıksu arıtma tesisinin havza alanındaki kaç kişiye enfekte olduğunu kabaca tahmin etmek için kullanılabilir. Her şeyden önce, atıksuda ölçülen değerlerle bir ilişki kurmak ve böylece güvenilir açıklamalar yapmak için belirli bir atıksu toplama alanındaki enfekte kişilerin sayısı hakkında büyük bir veri seti gerekir.

Atıksu örneklerinde virüs genomunun stabilitesi üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekir. Ayrıca, atıksu epidemiyolojik izlemesine temel oluşturmak için Avusturya, ülke çapında atıksu örnekleri farklı mekansal ve zamansal çözünürlüklerde toplanıp analiz edilecektir. Avusturya hükümeti, kanalizasyon şebekesini izleme kararı almıştır.

Hollanda'da ve aynı zamanda diğer ülkelerde, kanalizasyonun nüfusun aynası olarak görülmesi (kullanılması) amacıyla atıksudaki Kovid-19 virüsünün kalıtsal materyalini tespit etmek için kanalizasyon şebekesinden örnekler toplanmaktadır. Tüm şehir, atıksu arıtma tesisine kanalizasyonla gelen atıksuyu kullanılarak bir örnekleme ile taranabilir. Örneğin, kanalizasyon şebekesi taraması popülasyonda Kovid-19'un ne kadar meydana geldiğini ve arttığını veya azaldığını belirlemeye yardımcı olabilir.

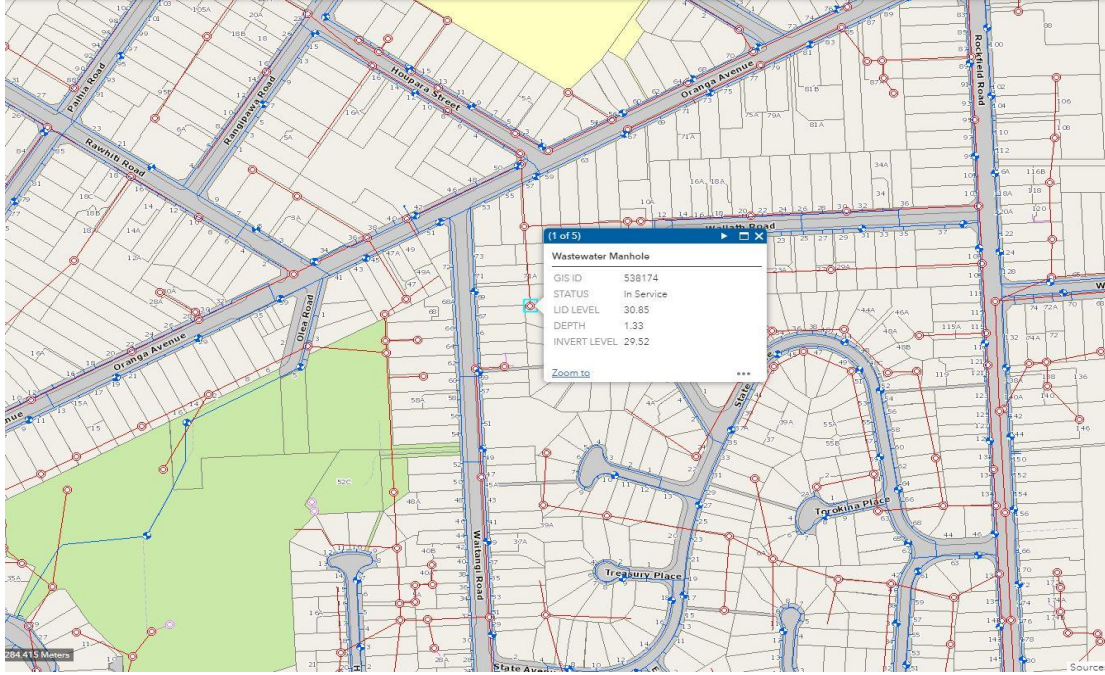
Atıksu zaten potansiyel olarak tehlikeli olan çok sayıda patojen içermektedir. Bu nedenle atıksu arıtma tesislerinde çalışan personelin güvenliğini sağlamak için sıkı protokoller bulunmaktadır. Mevcut bilgilere göre, bu yeni virüs dışkı yolu dökülüyor (salımlanıyor), ancak kanalizasyona döküldükten sonra hala bulaşıcı olup olmadığı tartışmalıdır. DSÖ, "yeni virüs, önemli bir atıksu kaynaklı bulaşma yolu olmayan bir grup virüsün üyesidir" diyor. Dolayısıyla, mevcut bilgiye dayanan fikir birliği, koruyucu protokoller (PPE) takip edilirse, çalışanlarda riskin düşük olduğu yönündedir. Standart kişisel koruyucu ekipman (KKD) kanalizasyon şebekesinde ve arıtma tesislerinde çalışanları korumak için yeterli olacaktır.

5. AAT, Terfi Merkezi, Kanalizasyon Şebekesi ve Menholda Kovid-19 Taraması

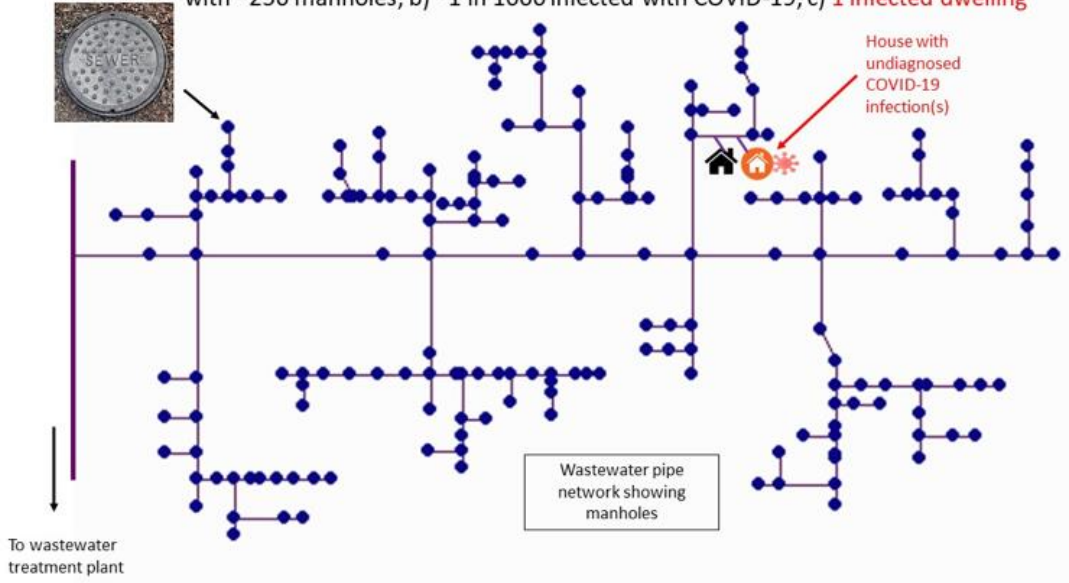
Logaritmik arama ile her şehir ve kırsal toplulukta olan AAT ve kanalizasyon şebekesi (terfi merkezi ve regör) testi kullanarak Kovid-19'un dağılımı hızlı şekilde tespit edilebilir. Kovid-19 virüslü ve virüssüz bölgeler ortaya çıkarılabilir ve hızlı şekilde önlemler alınabilir. Karantina gereksinimi önlenebilir. Varolan karantina kısaltılabilir. Gelecekteki ikinci ve üçüncü Kovid-19 salgın dalgalarının tehdidine önceden son verebilir.

AAT'leri ve kanalizasyon şebekesi kullanarak arama yapılabilir. Virüslü alanları hızlı ve sistematik olarak bulmak ve izole etmek mümkün olabilir.

Bir şehirde kanalizasyon haritası ve kanalizasyon bacaları (menholler) dağılımı Şekil 5'de verilmiştir.



SCENARIO: consider a) wastewater pipe network for ~2000 people in ~500 dwellings; with ~250 manholes; b) ~1 in 1000 infected with COVID-19, c) **1 infected dwelling**



Şekil 5. Bir Şehirde Kanalizasyon Haritası ve Kanalizasyon Bacaları (Menholler) Dağılımı

Her şehirdeki AAT'den Kovid-19 test örnekleri, tesis girişi ham atıksudan alınır. 24 saatlik kompozit numune alınması tavsiye edilir ve laboratuvarda RT-PCR lab. testi yapılır. Kanalizasyon şebekesinde ise örnekler, terfi merkezlerinden ve kanalizasyon bacasından alınır.

Şehirlerde ve kırsalda Kovid-19 vakasının olup olmadığının tespiti önce AAT'de virüs taraması yapılarak başlanır. AAT girişinde ham atıksudan alınan örneklerde Kovid-19 test sonuçları

negatif çıkmışsa bu durum, o şehirde Kovid-19 virüs salgını olmadığını ifade eder. Bu şehirdeki sakinleri Kovid-19 virüsünden korunmasına yönelik önlemleri ortaya konur.

AAT girişinde ham atıksudan alınan örneklerde Kovid-19 laboratuvar test sonuçları pozitif çıkmışsa şehirdeki kanalizasyon şebekesi üzerindeki her bir terfi merkezinden 24 saatlik kompozit numuneler alınır.

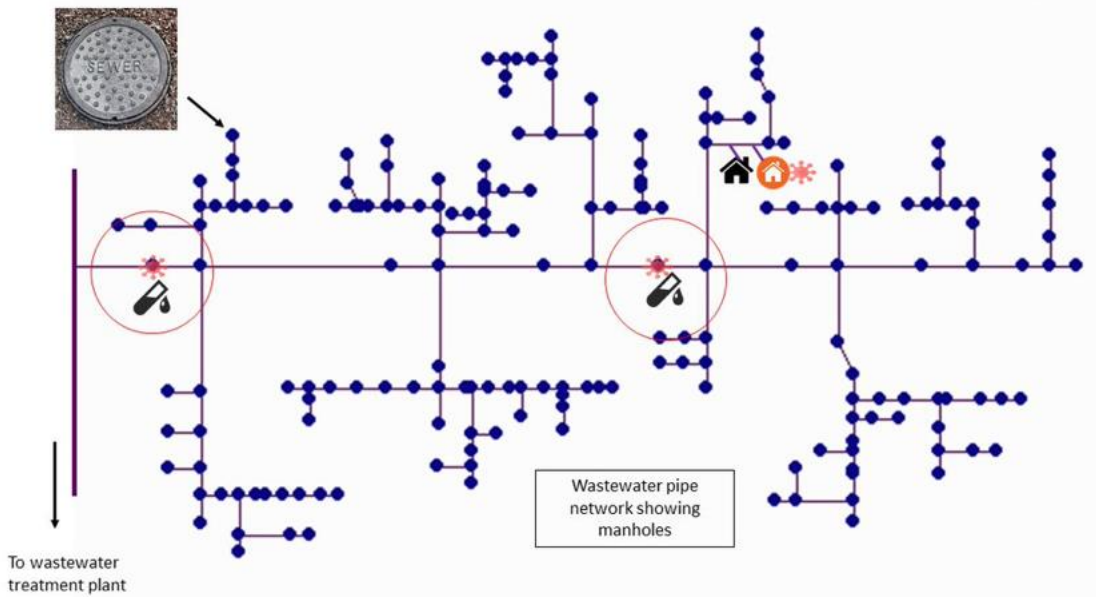
Terfi merkezlerinin her birinden alınan atıksu örneklerinde, Kovid-19 negatif olanlar ve pozitif olanlar laboratuvar testi ile belirlenir.

AAT'den alınan numunelerde Kovid-19 test sonucu pozitif çıkmışsa terfi merkezlerinden en az birinde Kovid-19 testi pozitif çıkacaktır.

Terfi merkezlerinden alınan örneklerde Kovid-19 virüsünün negatif ve pozitif çıktığı bölgeler ortaya konmalıdır. Terfi merkezinde pozitif çıkan kanalizasyon bacalarında (menhollerde) atıksu numuneleri alma ve Kovid-19 test çalışmalarına başlanır.

Enfekte kişilerin yaşadığı mahalle, sokak veya binayı tespit etmek için belli aralıklarla menhollerden örnekleme yapılır. Böylece örneklerde Kovid-19 pozitif çıkan menholler belirlenir ve **Şekil 6'**de verildiği gibi pozitif kanalizasyon bacaları tespit edilir.

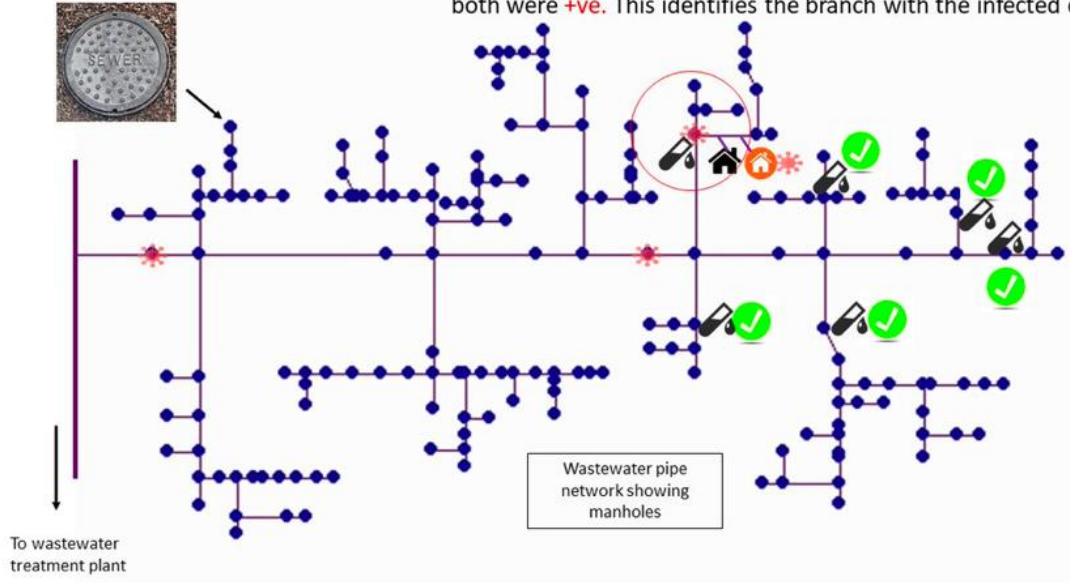
SEWAGE TESTING 1/3 Initially test along network at intervals of ~1000 people => 2 tests: both +ve



Şekil 6. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında İzleme

Şekil 7'de verildiği gibi kanalizasyon haritası üzerinde Kovid-19 pozitif çıkan menholler belirlenmiştir. Bu menhollerin yukarıdan gelen akış yönünde atıksuda Kovid-19 enfeksiyonlu olduğunu biliniyor. Bu menhollerin yukarısındaki tüm menhollerden alınacak numunelerde Kovid-19 testleri yapılır ve pozitif bacalar tespit edilir.

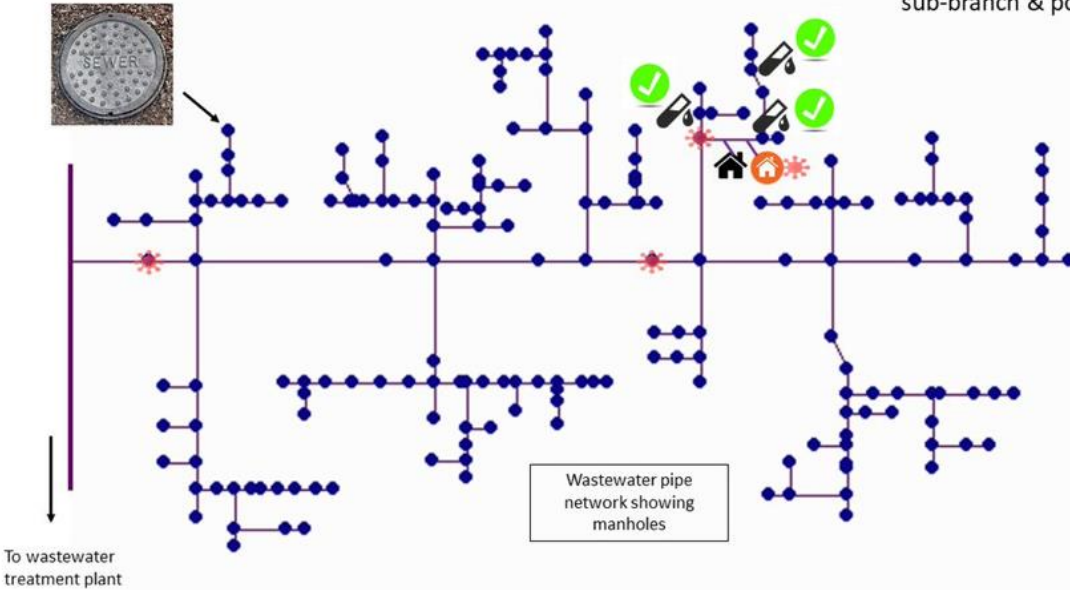
SEWAGE TESTING 2/3 now test all the branches upstream from the more upstream of the 2 previous samples, as both were +ve. This identifies the branch with the infected dwelling.



Şekil 7. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında Tarama

Atıksu numunelerinin pozitif çıktığı menholler içindeki alt (yukarıdaki) menhollerin her birinden numuneler alınır ve Kovid-19 testleri yapılır. Bu, enfeksiyon kaynağını bitişik menholler arasında desteklemek için yeterlidir.

SEWAGE TESTING 3/3 now test at each of the sub-branches of the infected branch to narrow down to sub-branch & position

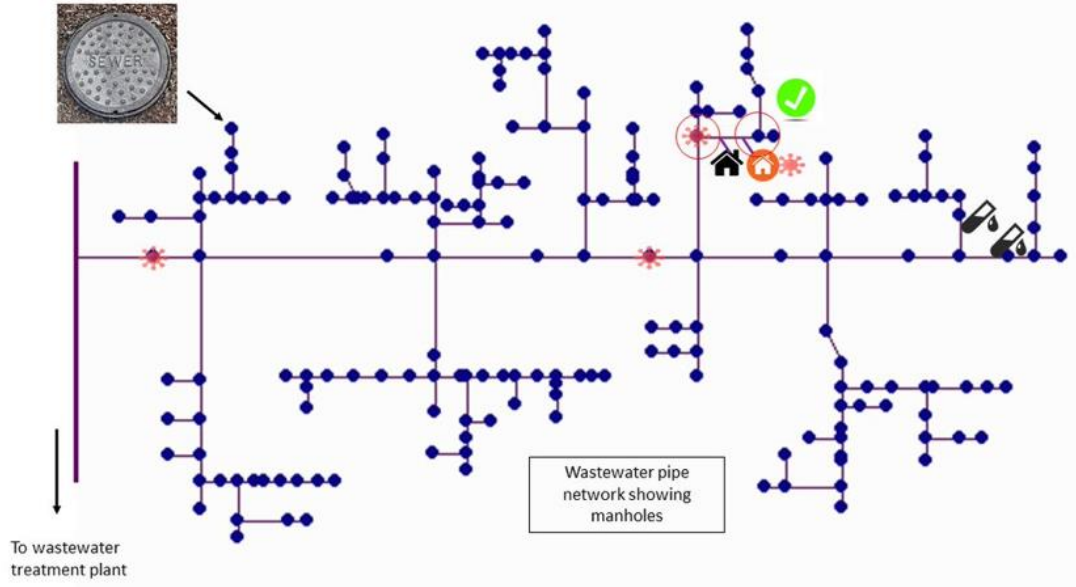


Şekil 8. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında Hassas Noktaları Belirleme

Bu çalışma her bir kovid-19 enfeksiyonunu sadece birkaç aday binayı izole etmek için ikili tarama yapmayı göstermektedir.

Gerekli Kovid-19 testlerinin sayısı sadece menhol sayısında logaritmiktir. Kısaca kanalizasyon taraması ile daha az tur ile daha fazla sonuç alınabilmektedir.

FOLLOW-UP: have already narrowed it down to 2 candidate dwellings; now need to isolate & test the individuals.



Şekil 9. Kovid-19 için Kanalizasyon Bacalarında Virüslü Binayı Belirleme

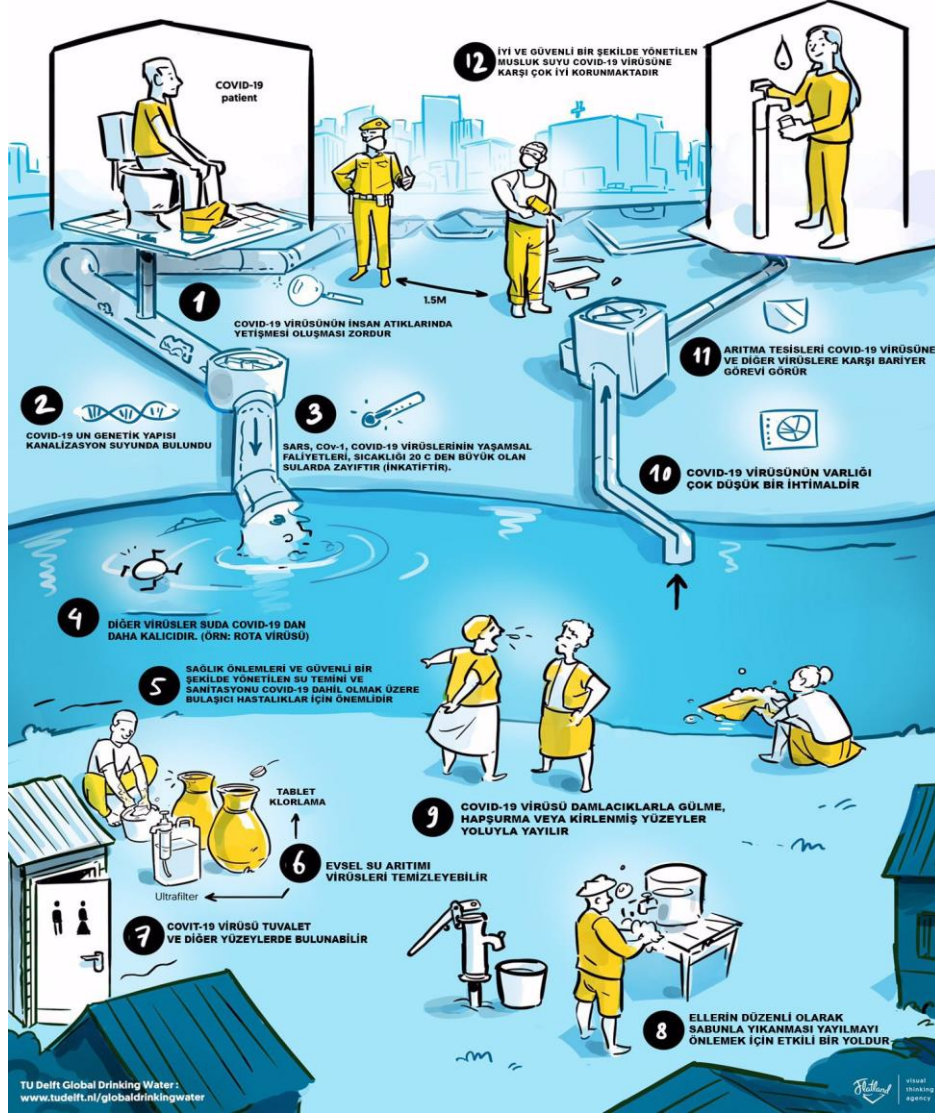
Kanalizasyonlarda Kovid-19 için kanalizasyonun test edilmesi, hızlı ve sistematik bir şekilde işaretleme ve takip etme ile bir şehir veya kasabadaki tüm yeni hastalık vakaları belirlenebilir.

6. Atıksuda SARS COV-2 Virüsünün Dışkı Yolu Serüveni ve 12 Gerçeği

Enfekte kişiden dışkı yolu ile atıksuda SARS COV-2 vürüsünün serüveni ve 12 gerçeği gösteren Delft teknoloji üniversitesi tarafından hazırlanan poster, **Şekil 10'**de verilmiştir.

SUDA COVID-19 VİRÜSÜ İLE İLGİLİ 12 GERÇEK

Kriz zamanlarında su erişimi ve hijyenin önemi



Şekil 10. TU Delft tarafından Sudaki Korona Virüsünün 12 Yönü üzerine Poster

SARS-CoV-2'nin enterik bulaşımı mümkündür ve atıksularda SARS-CoV-2'ye maruz kalmak sağlık riski oluşturabilir. Ancak SARS-CoV-2'nin çevresel gözetimi, virüsün insan popülasyonunda dolaşıp dolaşmadığını gösteren bir veri kaynağı olarak hizmet edebilir. Daha önce, bu araç Aichi virüsünün klinik öncesi tanımlanması için başarıyla uygulanmıştır. Kovid-19'un dışkı yolla yayılma olasılığı, özellikle Afrika gibi teşhis kapasitesinin sınırlı olabileceği zayıf sağlık önlemleri olan alanlarda sonuçlar doğurmuştur. Özellikle veri kıtlığı olan bölgelerde atıksu gözetimi, daha önce küresel ölçekte antibiyotik direncinin izlenmesinde gösterdiği gibi bilgilendirici olabilir.

7. Atıksuda Tüm Kimyasallar, Uyuşturucular ve Virüsler İzlenebilir

Bir atıksu arıtma tesisinde ve kanalizasyon şebekesinde, o şehirde kullanılan tüm illegal kimyasallar gözlemlenebilir.

Bir insan vücudundan salımlanan (dökülen) metabolitler ölçülebilir. Alınan ilaçlar tespit edilebilir. Özünde, gerçek zamanlı olarak insan sağlığı gözlemlenebilir.

Atıksuda ölçülen kimyasallar listesinin tepesinde hem yasal hem de yasadışı uyuşturucular bulunmaktadır.

Ancak araştırmacılar, popülasyonlardaki sağlık ve hastalık belirteçlerini ölçmek için ilaçların ötesine geçmek istiyorlar - dışkıda da bulunan ve bir kişinin vücudundaki arızayı gösterebilen DNA, proteinler, lipitler veya metabolitler gibi moleküllerdir.

Tüm bu analizler bir araya gelerek toplum sağlığının resmini çizmekte ve salgınların erken uyarısı olarak hizmet vermektedir.

8. CoV-2 RNA Tespit Yöntemi

Atıksu arıtma tesislerinden ve kanalizasyon şebekesinden test yapılmak üzere 24 saatlik kompozit numuneleri toplanır.

Şu anda klinik numune testleri için geliştirilen RT-qPCR testleri, atıksu numunelerinde SARS-CoV-2 RNA tespiti için kullanılmaktadır. Virüs tespiti için kullanılan yöntem RT-PCR denmektedir.

Bu, enfekte kişilerde SARS-CoV-2'yi tespit etmek için kullanılan ile aynı yöntemdir. Bu yöntemde, RNA fragmanları (virüsten gelen genler) SARS-CoV-2 varlığını teyit etmektedir.

Teknik (RT-PCR) RNA fragmanlarını (SARS-CoV-2 virüsünden gelen genleri) ölçmektedir. Bozulmamış RNA fragmanlarının bulunması, dolaylı olarak virüsün olası varlığını gösterir.

Atıksu numuneleri, SARS-CoV-2'den bir gen fragmanını tanımlamak için kullanılan RT-PCR analizi kullanılarak virüsün spesifik nükleik asit fragmanları için analiz edilmektedir.

Hollanda, Paris, Avusturya ve Avustralya'da atıksularda SARS-CoV-2'nin tespiti RT-qPCR tayini ile bildiren ilk çalışmalar yapılmıştır. Test metodunun detayları kaynaklarda verilmiştir.

9. Sonuç

Atıksu için uygulanan aynı test, binlerce veya yüz binlerce enfekte insan hakkında bilgi sağlar. Atıksu analizi bireylerin testlerinin yerini almazken, çok ekonomik, hızlı ve ölçekli yararlı veriler elde edilmesine yardımcı olur.

Atıksu arıtma tesislerinde tarama ile bir o şehirde Kovid-19 pandemisi sona erdiğini tespit etmede faydalı olabilir. Bir şehirde virüsün gerçekten yok olup olmadığını görmek için kanalizasyona bir süre örnekleme yapmaya devam edebilir. Bunun devam etmekte olan diğer gözetim sistemlerine ek faydası olabilir.

- Toplulukların hasta testi ve hastane raporlarına dayanmaksızın salgının kapsamını ölçmesine izin veren, asemptomatik hastalardan alınmayan verileri de içerecek şekilde AAT'lerinde ve kanalizasyon şebekesinde tarama yaparak Kovid-19 haritasını çıkartmak ve izleme ağı oluşturmak,

- Kovid-19 haritası hazırlanarak sıcak bölgeleri ve sıcak olmayan bölgeleri belirlemek,
- Mevcut ve gelecekte oluşacak sıcak bölgelerde 1,5 m sosyal mesafeyi korumak ve maske kullanılmasını sağlamak,
- Erken uyarı ve karantina önlemlerini güvenli şekilde ortaya koymak,
- Kanalizasyon şebekesinde ekonomik olarak gelecekte olması muhtemel Kovid-19 pandemisine karşı önlemleri belirlemek ve çözüm yolları geliştirmek,
- Kanalizasyondan numuneler alarak, enfekte olduğu halde semptom göstermeyenleri, çok az semptom gösterenleri ve semptom gösterenlerle birlikte belirlemek,
- Kanalizasyonu şebekesinde ölçülen kimyasallardan hem yasal hem de yasadışı uyuşturucuları belirlemek,
- Kovid-19 virüslü atıksu arıtma tesisi ve terfi merkezlerinde çalışanların sağlıkları üzerine olası etkileri belirlemek ve acil çözümler geliştirmek,

mümkündür.

Kanalizasyon şebekesi, terfi merkezleri ve atıksu arıtma tesislerinde standart kişisel koruyucu ekipmanları (KKD) kullanan çalışmaların sağlıklarını korumak için yeterli olacaktır.



Şekil 11. Kanalizasyon Şebekesi Terfi Merkezinde Çalışanlar

Ayrıca;

- Kovid-19 virüslü atıksulardan salınan damlacıklar ve aerosoller yolu ile virüsün bulaşmadığı bilinmekle beraber Kovid-19 virüsü içeren atıksu arıtma tesisi ve terfi merkezlerinde çalışanlar, her türlü PPE kurallarına mutlaka uymalı.
- Atıksu arıtma tesislerinde çalışanlar, özellikle havalandırma ünitelerinden salınan damlacıklardan ve aerosollerden etkilenmeyecek hakim rüzgar yönünde çalışmalarını sağlamalı. Kovid-19 virüslü enfekte atıksular ve atıksu arıtma tesislerinin çalışma usulü ile ilgili kılavuz hazırlanmalı.
- Havalandırma üniteleri, minimum damlacıklar ve aerosoller oluşturacak devirlerde çalıştırılmalı.

- Terfi merkezleri, havalandırarak metan, hidrojen sülfür ve karbon dioksit sınır değerlerinin altına indirilmeli ve çalışanlar PPE kurallarına uygun olarak giyindikten sonra aşağı inmeli. Havalandırma esnasında çalışanlar, terfi merkezine arkası dönük ve 2 m uzak durmalı. Kovid-19 virüslü enfekte atıksular ve terfi merkezlerinin çalışma usulü ile ilgili kılavuz hazırlanmalı.
- Ham atıksular, tarımsal sulamada kesinlikle kullanılmamalı, hele spreyleme usulü ile kesinlikle sulama yapılmamalı. Spreyleme usulü ile Kovid-19 virüslü damlacıkların ve aerosollerin geniş alana dağılma riski olabilir.
- Arıtılmış atıksular tarım arazilerinde kullanma standartlarını sağlıyorsa UV ışınları, ozon, klor dioksit veya hidrojen peroksitle dezenfekte edildikten sonra alıcı ortama verilmeli.
- Tarım alanlarında sulama ve sahillerde tampon olarak yeraltı suyunu beslemede kullanılan arıtılmış atıksularda Kovid-19 testi yapılmalı.
- Arıtılmış atıksular, klor ile dezenfekte edilirse kalıcı klorlu organik maddeler oluşur. Kalıcı organik maddeler içeren arıtılmış atıksuların tarım arazilerinde kullanılması insan sağlığı ve diğer canlılar için risklidir.

10. Kaynaklar

1. <https://www.sciencemag.org/news/2020/04/coronavirus-found-paris-sewage-points-early-warning-system>
2. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.12.20062679v1>
3. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.12.20062679v1.full.pdf>
4. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.12.20062679v1>
5. [https://www.thelancet.com/journals/langas/article/PIIS2468-1253\(20\)30087-X/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langas/article/PIIS2468-1253(20)30087-X/fulltext)
6. <https://www.iflscience.com/health-and-medicine/high-levels-of-sarscov2-discovered-in-urban-wastewater-system/>
7. <https://www.dutchwatersector.com/news/all-you-wanted-to-know-about-covid-sars-2-in-waste-water>
8. <https://www.kwrwater.nl/en/frequently-asked-questions-covid-19/>
9. <https://cen.acs.org/biological-chemistry/infectious-disease/Novel-coronavirus-found-surprisingly-high/98/i15>
10. <https://cen.acs.org/environment/water/monitor-health-citiesresidents-look-further/96/i18>
11. <https://europepmc.org/article/ppr/ppr151619>
12. <https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/ian-pepper-we-have-detected-virus-raw-sewage-not-after-secondary-treatment>
13. <https://www.csiro.au/en/News/News-releases/2020/Australian-researchers-trace-sewage-for-early-warning-COVID-19-spread>
14. <https://world-today-news.com/sars-cov-2-genome-detected-in-waste-water-kleinezeitung-at/>

15. <https://www.jpost.com/health-science/could-the-country-crack-the-coronavirus-crisis-by-studying-our-st-625386>
16. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720322816?via%3Dihub&f_bclid=IwAR18yDjt5HW1xofLnbADleyhv-TDnHtK6jpWiXZMgDavZQfG78INbCdHGh0
17. Wurtzer S, Marechal V, Mouchel JM, & Moulin L, “Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with COVID-19 confirmed cases”, medRxiv.
18. Guangyu Zhou, Qi Zhao, “Perspectives on therapeutic neutralizing antibodies against the Novel Coronavirus SARS-CoV-2”, International Journal of Biological Sciences 2020; 16(10): 1718-1723.
19. Vincenzo Naddeo and Haizhou Liu, “Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond?”, The Royal Society of Chemistry 2020 Sci : Water Res. Technol.